

Utilização de manipueira juntamente com sólidos da cama de aviário em biodigestores para geração de biogás

Use of cassava wastewater with solid poultry manure in anaerobic digesters to generate biogas

Ana Beatryz Prenzier Suzuki^{1(*)}

Armin Feiden²

Dangela Maria Fernandes³

Gislaine Iastiaque Martins⁴

Rui Alexandre Pereira Faria⁵

Resumo

A reciclagem energética de resíduos pode ser feita com o objetivo de geração de calor ou de gás combustível. Assim, este trabalho buscou viabilizar a utilização do resíduo chamado manipueira juntamente com os sólidos da cama de aviário evidenciando o potencial deste para a obtenção de biogás por meio de biodigestores. Foi desenvolvido para esse experimento um sistema exclusivo de biodigestão de biomassa formados por biodigestores batelada e gasômetros de cúpula móvel. Os resultados obtidos mostram que a cama de frango apresenta uma boa produção de biogás. A manipueira não foi obtida sucesso na mistura, pois fez com que a qualidade e quantidade do gás caíssem de acordo com o aumento na mistura.

Palavras-chave: bioenergia; dejetos; fontes alternativas.

1 MSc.; Engenheira Agrônoma; Professora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE; Endereço: Rua Universitária, 1220, Jardim Faculdade, CEP: 85819-110, Cascavel, Paraná, Brasil; E-mail: beatryzsuzuki@gmail.com (*) Autora para correspondência.

2 Dr.; Zootecnista, Engenheiro Agrônomo; Professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon; Endereço: Rua Pernambuco, 1777, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil; E-mail: armin_feiden@yahoo.com.br

3 MSc.; Engenheira Ambiental; Doutoranda em Engenharia Agrícola no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE; Endereço: Rua Universitária, 1220, Jardim Faculdade, CEP: 85819-110, Cascavel, Paraná, Brasil; E-mail: dangelafer@hotmail.com

4 MSc.; Engenheira Agrícola; Auditora Técnica para Certificação de Unidades Armazenadoras e Auditora interna de NBR ISO 9001:2000 e NBR ISO 19011:2002; E-mail: iastiaque@yahoo.com.br

5 MSc.; Biólogo; Doutorando em Bioprocessos e Biotecnologia na Universidade Federal do Paraná, UFPR; Endereço: Rua Coronel Francisco H. dos Santos, s/n, CEP: 85819-110, Curitiba, Paraná, Brasil; E-mail: ralexandrefaria@hotmail.com

Abstract

The recycling of waste can be made for the purpose of generating heat or gas fuel. Thus, this project seeks to enable the use of cassava wastewater with poultry litter, emphasizing its potentiality for biogas production through anaerobic digesters. To accomplish this experiment a unique biomass digestion system formed of batch digesters and mobile gasometers was developed. The preliminary results showed that poultry litter offers a good production of biogas, but cassava wastewaters were not a good mixing option, because it affects adversely both the quantity and the quality of the biogas production.

Key words: bioenergy; waste; alternative sources.

Introdução

O cenário energético futuro é moldado por um conjunto de fatos ocorridos no presente. Aqueles que têm visão de futuro poderão transformar uma crise avisada numa grande oportunidade. Nesse sentido, a produção de biocombustíveis e energias limpas têm sido apontadas como um dos grandes desafios tecnológicos para viabilizar o desenvolvimento sustentável (AZEVEDO, 2008).

O progresso no desenvolvimento de alternativas para a energia de biomassa, além de aliviar a pressão em recursos finitos de combustíveis fósseis pela utilização do biogás, pode auxiliar no tratamento de resíduos, através da biodigestão anaeróbia, onde ocorre a redução da carga orgânica poluente dos resíduos, ou seja, auxilia no saneamento rural (GOLDEMBERG, 2009).

A biodigestão anaeróbia permite também o isolamento dos resíduos, possibilitando a redução de moscas, de parasitos e patógenos ao homem e aos animais; assim como redução de odores, de sólidos e das demandas químicas e bioquímicas de oxigênio dos resíduos (FUKAYAMA, 2008).

A indústria alimentar gera grande quantidade de resíduos com elevado teor

de carga orgânica, que por vezes conduzem a sérios problemas para sua eliminação. As atividades de avicultura e fecularia contribuem com a geração de resíduos como a cama de aviário e a manipueira, respectivamente.

Paganini (2004) caracteriza a cama de aviário como sendo todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves. Esse material é uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material utilizado sobre o piso. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais (GRIMES, 2004).

A cama de aviário é utilizada na criação de aves de corte, visto que as aves são criadas sobre piso dentro de galpões. A cama tem por finalidade proporcionar um ambiente sanitariamente seguro ao plantel, onde este não tenha contato com umidade e micro-organismos que possam comprometer a saúde do animal.

A avicultura é uma atividade com alto consumo energético, mas tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial energético, como a cama de frango que, ao ser processada de forma a disponibilizar essa energia, pode contribuir para um equilíbrio

energético nas operações que se desenvolvem dentro do galpão (GALBIATTI et al., 2010).

Em relação aos resíduos de fecularia, no Brasil, os principais tipos de processamento da mandioca são para a fabricação de farinha e/ou extração de fécula. Os resíduos gerados podem ser sólidos, tais como a casca, entrecasca e farelo, ou líquidos, como a manipueira. Assim, a manipueira se caracteriza como sendo a água residual oriunda da prensagem da mandioca para a produção de farinha ou a água residual da fecularia.

A manipueira é a água vegetal, resultante da prensagem da massa ralada para obtenção de farinha ou da água resultante da extração da fécula e que carrega a maioria dos solúveis presentes nas raízes, incluindo a linamarina responsável pela liberação do cianeto. A DQO é elevada, sendo maior no processo de fabricação de farinha e menor na obtenção de fécula, pois à muita diluição desta última durante o processo de lavagem da polpa e das fibras (CEREDA, 1994)

Com o cultivo em todas as unidades da federação, a mandioca tem a característica de servir ao consumo in natura ou ser matéria prima à agroindústria para a produção de farinha ou fécula de mandioca. Na produção de derivados da mandioca, há a geração de resíduos poluentes sólidos e líquidos (manipueira) que apresentam potencial para a produção de energia. Do mesmo modo os resíduos sólidos da cama de aviário se mostram viáveis para serem utilizados como biomassa energética. No entanto, para uma otimização do processo de biodigestão anaeróbia, esses substratos residuais, podem precisar de ajustes em suas características de sólidos totais e diluições necessárias visando o melhor desempenho do biodigestor (AIRES, 2009).

Segundo Cabello et al. (2009), o emprego do processo biológico anaeróbio

oferece várias vantagens em comparação com o aeróbio, podendo ser: menor consumo de energia; necessidade de menor área para implantação do sistema; e, potencialidade de uso do biogás como combustível.

A biodigestão anaeróbia é considerada uma tecnologia de boa aceitação para o tratamento biológico de águas residuais uma vez que, além da redução da carga orgânica, tem-se também a produção do biogás permitindo agregar valor aos efluentes. O biogás é o nome comum dado à mistura gasosa produzida durante a biodegradação anaeróbia da matéria orgânica (CAMARERO et al., 1996; YADVIKA et al., 2004).

A biodigestão anaeróbia é um processo bioquímico que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, no qual, diversas espécies de microrganismos interagem para converter compostos orgânicos complexos em CH_4 , compostos inorgânicos como CO_2 , N_2 , NH_3 , H_2S e traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (LEITE et al., 2009).

A utilização de biodigestores contribui para integração e sustentabilidade das atividades agropecuárias aproveitando o dejetos ao qual, normalmente, é dado pouco ou mesmo nenhum valor comercial, convertendo-o em duas grandes fontes de desenvolvimento: em energia e adubo (QUADROS et al., 2010).

Leite et al. (2003), afirma em seu trabalho que o tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos, com aproveitamento do biogás, pode tornar-se uma alternativa tecnológica de relação satisfatória ao custo/benefício.

A utilização do biogás como combustível para o acionamento de equipamentos estacionários, sem dúvida, é a maneira mais prática, simples e, muito provavelmente, mais econômica de se aproveitar esta forma de energia alternativa (SOUZA et al., 2010).

Assim este trabalho buscou viabilizar a utilização desse resíduo chamado manipueira

juntamente com os sólidos da cama de aviário evidenciando o potencial deste para a obtenção de biogás por meio de biodigestores anaeróbios.

Material e Métodos

As matérias primas que constituíram o presente trabalho foram: (1) água residuária de indústria de fécula de mandioca; (2) cama de aviários de frangos de corte.

O resíduo do processo de produção de fécula utilizado no presente trabalho foi semelhante ao descrito por Feiden (2001) e foi obtido na mesma indústria (MCR Alimentos Ltda). O resíduo utilizado da avicultura de corte foi a cama de aviário de frangos de corte. O inóculo utilizado foi retirado de um biodigestor do tipo indiano em pleno funcionamento, alimentado com dejetos de suinocultura.

A cama de aviário foi peneirada em malha de 0,32 mm, a “manipueira” e o inóculo, após coletados, foram imediatamente transportados ao laboratório para mistura da biomassa e enchimento dos biodigestores.

O biodigestor desenvolvido para o experimento foi um biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo. Um biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo, ou tipo batelada, se caracteriza por: alimentação descontínua, isto é, ela é feita apenas uma vez, no início

do processo, depois ele fica sem receber novo substrato até a biodigestão se completar.

Cada biodigestor batelada foi composto por dois recipientes (câmara de digestão e gasômetro) com capacidade volumétrica conhecida, mangueiras e cano de cobre para a união dos mesmos.

A câmara de digestão (A) era formada por um recipiente de 0,26 m³ feito com canos de PVC fechado com tampa do mesmo material que possuía um orifício no centro onde foi colocado um pedaço de cano de cobre, no qual foi encaixada uma mangueira plástica flexível, cuja, função era de comunicação entre a câmara de digestão e o gasômetro. O gasômetro (B) também foi constituído de PVC e também possuía um orifício na tampa onde foi colocado um pedaço de cano de cobre e encaixado a outra extremidade da mangueira. O gasômetro construído era do tipo cúpula móvel que subia conforme a produção de gás de cada câmara digestora.

Os gasômetros, quando vazios, encontravam-se imersos em uma caixa d'água cheia, onde o gás produzido na câmara digestora era conduzido através das mangueiras condutoras até eles e com a pressão natural do biogás o gasômetro subia, conforme pode ser observado na figura 1. As

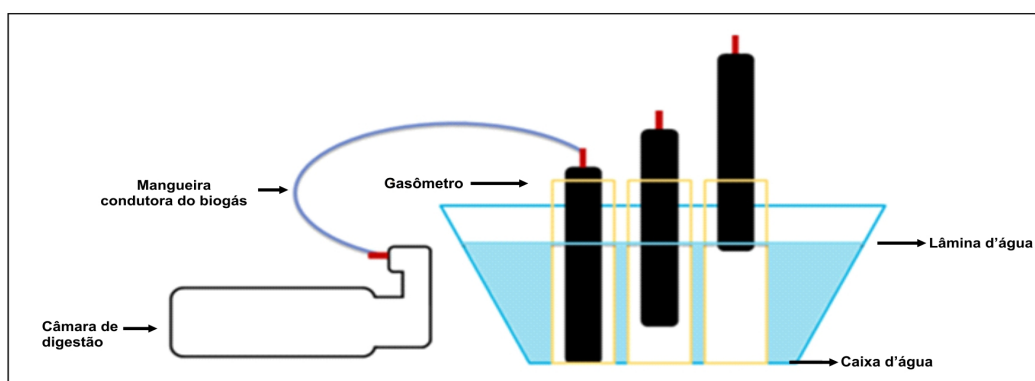


Figura 1. Sistema completo de biodigestão anaeróbia, composta por câmara digestora e gasômetros

medições foram realizadas diariamente e após as mesmas os gasômetros eram esvaziados. A quantidade de biogás produzida era estimada pela medição da altura que os gasômetros se encontravam acima da lâmina d'água.

Foram utilizados seis tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos estão descritos na tabela 1.

As câmaras digestoras foram inseridas em uma piscina de 3.000 L, no centro da qual foi colocada uma caixa d'água de 500 L, onde foram dispostos os gasômetros. O conjunto ainda possuía quatro aquecedores com termostatos que mantinham a água aquecida onde os biodigestores se encontravam imersos em

Tabela 1. Tratamentos para obtenção de biogás

Tratamento	Cama de aviário (%)	Manipueira (%)	Inóculo
A	100	0	25% do volume anterior
B	80	20	25% do volume anterior
C	60	40	25% do volume anterior
D	40	60	25% do volume anterior
E	20	80	25% do volume anterior
F	0	0	25% do volume anterior

Em todos os tratamentos, foi adicionada água para completar o volume final do material em biodigestão, para equalizar as

temperatura média constante de 36°C. É possível verificar o sistema completo na figura 2.

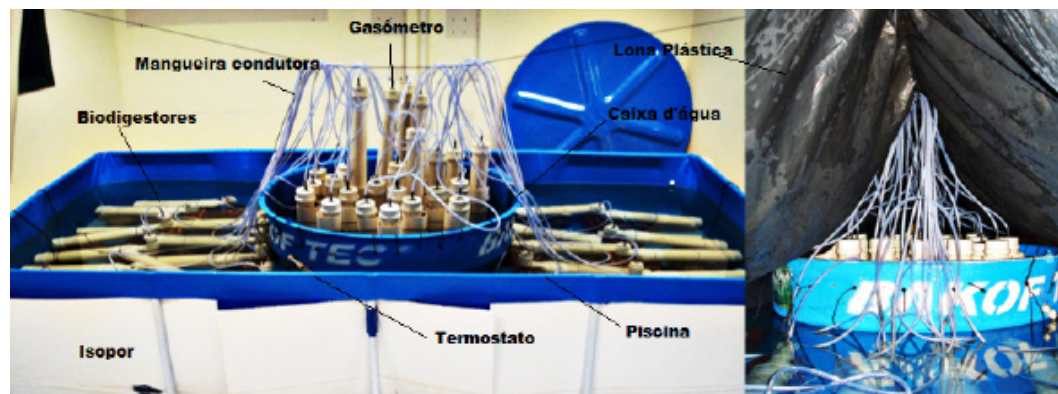


Figura 2. Sistema completo de biodigestão e produção de biogás

misturas, pois a cama de aviário era sólida enquanto que a manipueira era líquida e a mistura resultou em diferentes diluições que necessitaram ser adequadas.

Resultados e Discussão

Os valores médios de produção de biogás estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de produção de biogás por tratamento

Dias	A (cm ³)	B (cm ³)	C (cm ³)	D (cm ³)	E (cm ³)	F (cm ³)
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	139,98	69,33	166,04	64,03	116,36	7,53
30	879,35	233,02	614,97	347,65	234,95	0,00
40	478,66	569,27	1005,17	359,99	114,32	0,00
50	684,71	466,40	476,73	344,90	71,36	0,00
60	918,24	633,09	186,80	203,61	36,95	0,00
70	885,76	753,32	198,20	118,39	18,43	0,00
Média	569,53	389,20	378,27	205,51	84,63	1,08
Total	3986,70	2724,43	2647,92	1438,57	592,38	7,53

Van Velsen e Lettinga (1980), alertam para fator digestibilidade, uma vez que os principais componentes digeríveis na matéria orgânica poderão não estar disponíveis ao ataque de microrganismos, por apresentarem sobre formas estruturais com ligações químicas estáveis como celulose e hemicelulose que, quando impregnada por lignina, como na madeira, tornam-se materiais de difícil degradação em ambientes anaeróbios.

A cama de aviário é heterogênea e tem seus componentes agrupados em substâncias de rápida degradação, como por exemplo, amido e carboidratos, que são responsáveis pela rápida liberação de gás carbônico e substâncias de degradação lenta, como lignina, celulose e hemicelulose. Os fragmentos da degradação da lignina dão origem à diferentes derivados que são moléculas de degradação lenta.

Levando isso em consideração pode-se verificar, na tabela 2, que o tratamento "A", composto apenas por cama de frango, atingiu aos 30 dias um pico de produção e logo após começou a cair, devido esgotamento dos materiais que se degradaram mais rápido. Por volta dos 50 dias, este tratamento voltou a produzir biogás, pois possivelmente os componentes fibrosos, ricos em celulose,

hemicelulose e lignina começaram a apresentar seus picos de degradação nesse período. Para o Tratamento "B" o pico foi aos 40 e o retorno de produção aos 60, pois, este tratamento possuía 80% de cama de aviário e uma dosagem pequena de manipueira, o que fez com que ele se comportasse de forma similar ao tratamento "A".

O porcentual de material facilmente biodegradável, quando comparado ao teor de sólidos voláteis determinados nas matérias primas, podem indicar de forma aproximada o seu potencial de degradação (MOTTA, 1985). Para a manipueira temos que em torno de 70% dos voláteis se constituem de compostos reconhecidamente biodegradáveis. Estas avaliações apresentam-se importantes, na medida em que pode ser inferida a quantidade e qualidade do biogás a ser gerado, como proposto por Chandler et al. (1980).

Como mostra a figura 3, os tratamento "A" e "B" não tiveram uma produção inicial rápida de biogás, mas esta se mostrou constante e ainda em crescimento aos 70 dias. O tratamento "C", com 60% de cama de aviário e 40% de manipueira, atingiu um pico de produção com 40 dias e logo após entrou em queda. Já tratamento "D" apresentou uma baixa produção, mas pode verificar-se que o

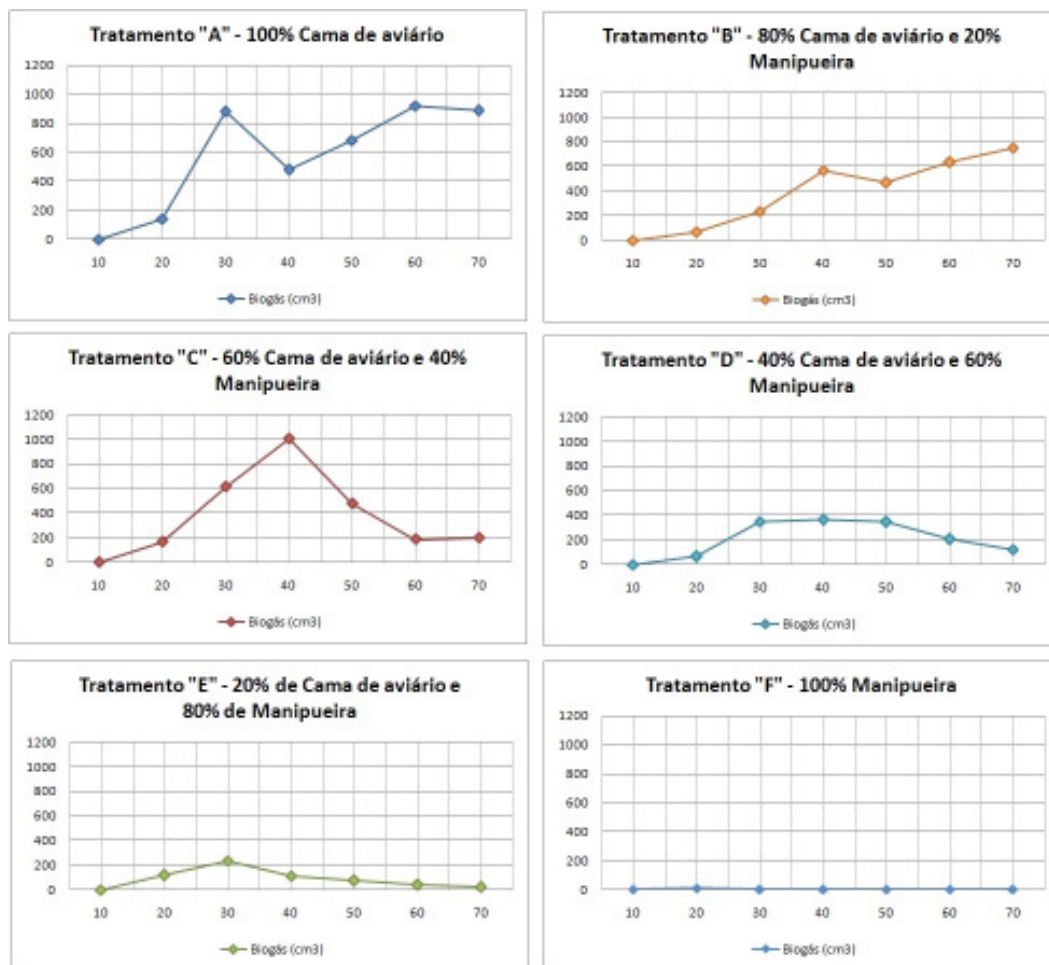


Figura 3. Produção de biogás em diferentes misturas de resíduos de cama de aviário e manipueira

mesmo se apresentou mais constante que os demais tratamentos, pois durante 30 dias ele ficou estável até começar a entrar em declínio a partir dos 50 dias. O tratamento “E”, produziu apenas por 30 dias entrando em declínio logo após. O tratamento “F” não chegou a produzir biogás, por ter acidificado em função das características de alta solubilidade de seu substrato, como pôde ser comprovado ao término do experimento.

Aires (2009), em seu trabalho encontrou que a produção de biogás dos tratamentos sem a separação de sólido da cama de aviário, ou seja, o não peneirado obteve uma produção maior em sua fase inicial logo após entrando em declínio e novamente voltando a subir,

do mesmo modo como aconteceu nos tratamentos “A” e “B” deste experimento. Já o tratamento com separação de sólidos peneirados possui um início de produção de biogás mais demorado, mas se mantém em crescimento mais estável.

Analisando a tabela 3, em que estão os resultados do teste de Tukey, pode-se verificar que alguns dos tratamentos diferem entre si. “B” e “C” não diferem entre si, assim como “E” e “F” também não apresentam diferença significativa. As médias mostram que quanto maior a porcentagem de cama de aviário na mistura de biomassa colocada no biodigestor maior a produção de gás, e quanto maior a porcentagem de manipueira menor a produção.

Tabela 3. Resultados do Teste de Tukey e estimativa de produção de biogás referente a cama de aviário

Tratamento	Média	Grupo	Proporção de cama de aviário %	Estimativa de produção referente a cama de aviário
A	573,1	A	100	573,1
B	388,8	B	80	458,48
C	378,3	B	60	343,86
D	217,6	C	40	229,24
E	84,6	D	20	114,62
F	1,1	D	0	0

Nota: Os tratamentos que compartilham o mesmo grupo são significativamente diferentes, quando aplicados ao teste de Tukey com intervalo de confiança de 95%

Na tabela 3, é apresentada a média para cada tratamento, se for levada em consideração somente a proporção de cama de aviário presente nos tratamentos, obtém-se uma estimativa de produção de biogás referente somente a cama de frango. Assim, pode-se verificar se tais tratamentos estão sendo eficientes na produção ou não.

O tratamento “A”, composto por uma única biomassa, 100% cama de aviário, obteve sucesso na produção e serviu de parâmetro de comparação para os demais tratamentos.

Através disso observou-se que a única mistura que obteve um resultado acima desta estimativa de produção foi o tratamento “C”, que foi o único em que a porcentagem de manipueira colocada na mistura melhorou a produção de biogás.

Este efeito pode ser resultante das características específicas da manipueira, como já foi relatado por alguns autores. Cereda et al. (1986) avaliaram os grupos fisiológicos de microorganismos acidogênicos e metanogênicos e sugeriram a avaliação da digestão anaeróbia com separação de fases para o tratamento da manipueira.

A digestão anaeróbia em duas fases foi proposta pela primeira vez por Ghosh e Pohland

(1971). Esses autores comentam que o projeto tradicional dos reatores de digestão anaeróbia coloca os dois grupos de microrganismos (acidogênicos e metanogênicos) no mesmo ambiente físico e químico. Consequentemente, a operação desse processo depende inteiramente das características de sensibilidade e cinética de crescimento das metanogênicas, com tempo de geração estimado entre 2 e 11 dias, sob condições do processo convencional. Em razão da baixa velocidade de crescimento das metanogênicas, o TRH deve ser alto para que não sejam arrastadas do processo, a não ser que haja reciclagem de biomassa (GHOSH et al., 1975; BORJA; BANKS, 1994; BORJA; BANKS, 1996). Além disso, outra desvantagem deve-se à possibilidade de desequilíbrio na atividade dos microrganismos formadores de ácidos, cujo controle e prevenção pode ser difícil, ou até mesmo impossível, levando ao colapso do processo (GHOSH et al., 1975; BORJA; BANKS, 1994; BORJA; BANKS, 1996). Ghosh et al. (1985) concluíram que altas taxas de cargas orgânicas e baixo TRH favorecem o crescimento de bactérias acidogênicas. Em razão disso, na digestão anaeróbia, efluentes com alta DQO são estimuladores da formação de ácidos voláteis, o que promove a acidificação do reator e a fase ácida.

Os digestores de fase única não são viáveis no tratamento de efluentes com altas cargas orgânicas, devendo haver a separação das mesmas em dois ambientes fisicamente isolados (GHOSH et al., 1985).

Fernandes Júnior (1989) estudou a digestão anaeróbia da manipueira em reatores de bancada de mistura completa com esse modelo de reator. O autor observou forte instabilidade no processo devido ao acúmulo de ácidos orgânicos no meio. A instabilidade foi menor quando introduziu leito fixo, que preserva os microorganismos metanogênicos. A pesquisa do autor confirmou a sugestão de Cereda et al. (1986), quanto a separação física das fases acidogênicas e metanogênicas.

Feiden (2001) trabalhou com separação de fases em escala piloto, e o mesmo verificou no reator acidogênico valores de pH acima do esperado em sua fase inicial. Isso possivelmente ocorreu devido ao desenvolvimento de uma população metanogênica no reator, nas fases iniciais do processo, quando adicionado ao biodigestor cargas orgânicas baixas. Esta população manteve-se ativa durante as primeiras vazões, de 222 e 412Ld⁻¹, e começou a ser inibida com a acidificação durante a terceira vazão, de 583Ld⁻¹. Com o aumento da vazão para 901Ld⁻¹, o reator acidificou completamente, passando a cumprir sua função integralmente (FEIDEN, 2001). O mesmo concluiu que quando há separação de fases não há necessidade de uma correção prévia do pH, mas a fase de adaptação dos microorganismos é mais lenta de que quando se usa um agente neutralizante de pH como o NaOH.

A alcalinidade de um sistema é a capacidade que ele tem de neutralizar ácidos. Alcalinidade elevada não é sinônimo de pH elevado, mas significa que o sistema tem elevada concentração de radicais alcalinos e, em função disso, tem elevado poder tamponante. Pode-se dizer que a basicidade é um fator de intensidade (afeta o pH) e alcalinidade é um fator de capacidade. Da mesma maneira, acidez elevada não significa pH baixo, mas elevada resistência em se elevar o pH quando uma base é introduzida.

Todavia, ainda são necessários estudos sobre a viabilidade para a implantação de biodigestores, prática ainda não utilizada pela indústria de fécula de mandioca no país.

Conclusões

A diluição da cama de aviário em manipueira não apresentou resultados satisfatórios, pois quanto maior a quantidade de manipueira misturada menor foi a produção de biogás. Segundo dados da literatura, há indicações de que a manipueira necessita de reatores de duas fases para produzir biogás com eficiência, sendo que em reatores de apenas uma fase é comum a manipueira acidificar, levando ao colapso da produção de biogás. Já para a cama de aviário, os reatores de fase simples tem boa produção de biogás. Assim, os resultados obtidos indicam que, como os resíduos tem características muito distintas, não é recomendável a sua mistura para uso em reatores de fase simples, como o modelo testado.

Referências

AIRES, A. M. A. **Biodigestão anaeróbia da cama de aviários de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

AZEVEDO, C. V. J. C. **Atuação do Estado no domínio econômico e seus reflexos na política ambiental: análise da proposta brasileira de fomento à inserção do Biodiesel na matriz energética brasileira**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) – Universidade Católica de Santos, UniSantos, Santos, 2008.

BORJA R.; BANKS, C.J. Kinetic study of anaerobic digestion of fruit processing wastewater in immobilized-cell bioreactors. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.20, n.1, p.79-92, 1994.

BORJA, R.; BANKS, C.J. Evaluation of instability and performance of an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor treating high-strength ice-cream wastewater. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 23, n.1, p.55-61, 1996.

CABELLO, E. P.; SCOGONAMIGLIO, F. P.; TERÀN, F. J. C. Tratamento de Vinhaça em reatores anaeróbios de leito fluidizado. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.1, p. 321-338, 2009.

CAMARERO, L.; DIAZ, J. M.; ROMERO, F. Final treatments for anaerobically digested piggery slurry effluents. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 11, n. 6, p. 483-489, 1996.

CEREDA, M. P.; FLORES, A.; VALLÉS, S.; ALBBEROLA. J. Tratamiento anaeróbio em dos fases de suspensiones amiláceas I – Fase acidogênica. **Revista Agroquímica de Tecnología de Alimentos**, v. 26, n. 1, p.101-8, 1986.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994. 174p.

CHANDLER, J. A.; JEWELL, W. J.; GOSSETT, J. M.; VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; Predicting methane fermentation biodegradability. **Biotechnology and Bioengineering Symposium**, Nova York, v. 10, n. 10, p. 93-107, 1980.

FEIDEN, A. **Tratamento de águas residuárias de indústrias de fécula de mandioca através de biodigestores anaeróbios com separação de fases em escala piloto**. 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

FERNADES JUNIOR, A. **A ocorrência de instabilidade e forma de seu controle na digestão anaeróbia de manipeira em reator de bancada de mistura completa**. 1989. 118 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1989.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de aviário sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GALBIATTI, J. A.; CAMELO, A. D.; SILVA, F. G.; GERARDI, E. A. B.; CHICONATO, D. A. Estudo qualitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, 2010.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.3, p.582-587, 2009.

GHOSH, S.; POHLAND, F. G. Development anaerobic stabilization of organic wastes - the two phase conception. **Environmental Letters**, v. 1, n. 4, p. 255-266, 1971.

GHOSH, S.; CONRAD, J. R., KLASS, D. L. Anaerobic acidogenesis of wastewater sludge, **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 47, n. 1, p. 30-45, 1975.

GHOSH, S.; OMBREGT, J. P.; PIPYN, P. Methane production from industrial wastes by two-phase anaerobic digestion. **Water Research**, v.19, n. 9, p. 1083-1088, 1985.

GRIMES, J. L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, North Carolina, v. 1, n. 2, p.1-5, 2004.

LEITE V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13 n. 2, p.190-196, 2009.

LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DANTAS, A. M. M. Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7 n. 2, p.318-322, 2003.

MOTTA, L. C. **Utilização de resíduos de indústrias de farinha de mandioca em digestão anaeróbia**. 1985. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

PAGANINI, F. J. Produção de aviários de corte: manejo de cama. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. (Ed.). **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA. 2004. p. 107-116.

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

SOUZA, R. G., SILVA, F. M.; BASTOS, A. C. Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 34, n. 1, p. 190-195, 2010

VAN VELSEN, A.F.M.; LETTINGA, G. Effects of feed composition on digester performance. In: STAFFORD, D. A.; WHEATLY, B. I.; HUGHES, D. E. (Ed.). **Anaerobic Digestion**. London: Applied Science Publishers, 1980. p. 113-130.

YADVIKA, S.; SREEKRISHNAN, T.R.; KOHLI, S.; RANA, V. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review. **Bioresource Technology**, Essex, v. 95, n. 1, p. 1-10, 2004.