

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES PARA SUINOCULTURA

PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS IN THE OPERATION OF DIGESTERS FOR SWINE MANURE

Felipe Pinheiro Silva¹
Janine Padilha Botton²
Samuel Nelson Melegari de Souza³
Antonio Marcos Massao Hachisuca⁴

Resumo: A suinocultura é uma atividade de grande importância na região oeste do Paraná, porém a concentração de suínos gera grandes volumes de dejetos que necessitam de um tratamento que pode ser realizado utilizando os biodigestores, gerando ainda subprodutos de valor econômico como o biogás e o biofertilizante. Este estudo buscou caracterizar e avaliar parâmetros físico-químicos na operação de biodigestores. A área de estudo escolhida está localizada no município de São Miguel do Iguazu – PR, e possui um sistema de criação para suínos em terminação, utilizando dois biodigestores ligados em série para o tratamento dos dejetos. Para amostragem foram escolhidos três pontos: na entrada do sistema, entre os biodigestores e na saída do segundo biodigestor. Os parâmetros físico-químicos analisados foram pH, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), acidez volátil (AV) e alcalinidade total (AT), durante o período de janeiro a junho de 2012. Os resultados indicam que o pH variou de 7,16 a 7,59 no efluente. Os valores de DQO no afluente tiveram média de 30.800 mg.L⁻¹. A remoção de DQO pelo sistema foi de 59%. O volume de sólidos totais variou de 29.421 a 15.376 mg.L⁻¹. A remoção de sólidos voláteis foi de 61%. A relação AV/AT mostrou um processo de biodigestão estável e com grande consumo de ácidos. De modo geral, o monitoramento de biodigestores através destes parâmetros físico-químicos se mostrou suficiente na avaliação das características dos processos de biodigestão.

Palavras-chave: suinocultura, tratamento anaeróbio, biomassa, energia renovável

Abstract: The pig farming is an activity of great importance in western Paraná, but the concentration of pigs generates large volumes of waste that require adequate treatment, which can be accomplished using the digesters, even generating byproducts of economic value such as biogas and fertilizer. This study aimed to characterize and evaluate physical and chemical parameters in the operation of digesters. The chosen area is located in the city of São Miguel do Iguazu - PR and has a grow-finishing breeding system, using two digesters connected in series for the treatment of the swine manure. Sampling points were chosen in the system input, between the two digesters and in the second digester's output. The physico-chemical parameters analyzed were pH, COD, TS, TVS, volatile acids and total alkalinity during the period from January to June 2012. Results indicate that the pH ranged from 7.16 to 7.59 in the effluent. The COD values in the influent had an average of 30,800 mg.L⁻¹. The removal of COD in the system was 59%. The volume of total solids ranged from 29,421 to 15,376 mg.L⁻¹. The removal of volatile solids was 61%. The ratio AV/AT showed a stable digestion process with great acid consumption. In general, monitoring digesters through these physicochemical parameters proved sufficient in the evaluation of the digestion process characteristics.

Keywords: swine, anaerobic treatment, biomass, renewable energy

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de grande importância na agroindústria brasileira. A cada ano, a produção de suínos cresce no país e tem como destaque a região sul, com maior representatividade neste setor. O Paraná está em terceiro lugar no plantel de suínos com

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura. Autor Correspondente: felipefoz@gmail.com

² Universidade da Integração Latino-Americana

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura.

⁴ Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação

aproximadamente 5,5 milhões de cabeças, correspondendo a 14,2% do total efetivo de cabeças de suínos (IBGE, 2012).

A atividade traz consigo um grande passivo ambiental, pois através da criação de animais em modo intensivo ocorre a redução dos custos, porém acaba concentrando grandes volumes de dejetos ou biomassa residual. Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água (desperdiçada pelos bebedouros e de higienização), resíduos de ração, pêlos, poeira e outras matérias provenientes do processo de criação (Bordin et al., 2005).

A falta de tratamento desta biomassa causa impactos ambientais que podem ser observados pelos efeitos cumulativos das concentrações de nutrientes orgânicos na água que reduzem sua qualidade, levando à eutrofização desses corpos de água (Bley Jr. et al., 2009). Assim, uma das soluções encontradas para os criadores de suínos é o tratamento desta biomassa em biodigestores.

Os biodigestores funcionam pela conversão bioquímica destes dejetos em um processo microbiológico conhecido como biodigestão anaeróbia (Cortez et al., 2008).

O processo da digestão anaeróbia consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como metano e dióxido de carbono, através da ação combinada de diferentes microrganismos que atuam na ausência de oxigênio (Diesel et al., 2002)

Porém, como todo tratamento de biológico, o biodigestor é um sistema complexo, e sua operação e manutenção são necessárias no dia a dia para o correto funcionamento e para maximizar a produção de biogás e qualidade do biofertilizante.

Para um funcionamento adequado do sistema não é somente necessário garantir a eficiência na remoção da carga orgânica e produção constante de biogás, mas também prevenir perturbações e potenciais falhas no sistema de biodigestão (Labatut e Gooch, 2012).

O controle de processos de digestores anaeróbios é difícil, pois inúmeras condições operacionais estão interligadas e mudanças em um dos parâmetros podem afetar indiretamente outros (Gerardi, 2003).

Uma das maneiras para verificar as condições de operação da biodigestão é através de alguns parâmetros físico-químicos. Estes parâmetros e sua relação podem representar o atual estado da biodigestão e prevenir eventuais problemas no sistema de tratamento.

O objetivo deste estudo é realizar a caracterização dos dejetos suínos gerados, juntamente com a utilização dos parâmetros físico-químicos obtidos nas diversas partes do tratamento para obtenção de relações que podem ser de grande importância na operação de biodigestores rurais

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo escolhida está localizada na área rural do município de São Miguel do Iguçu, estado do Paraná.

O município possui um clima subtropical úmido com verões quentes e pouca ocorrência de geadas no inverno.

A granja de suinocultura trabalha com o sistema de crescimento e terminação de suínos. O ciclo compreende a engorda do animal de 25 kg até 110 kg, quando o animal é entregue para o abate, processo que leva em torno de 100 dias.

Cada baia de criação possui aproximadamente 42 m² e comporta 42 suínos, com a utilização de sistemas de lâmina d'água, atualmente totalizando cerca de 5 mil suínos divididos em oito galpões, contendo todas as faixas de idades de criação, mantendo uma média de idade constante em toda a granja durante o ciclo.

2.1 SISTEMA DE TRATAMENTO DE DEJETOS

Os dejetos suínos são retirados dos galpões por raspagem sempre que necessário, após monitoramento visual. No final do ciclo de terminação, ocorre a limpeza sanitária, quando é realizada a desinfecção das baias e dos galpões com aspersão de sanitizantes. Após esta limpeza das baias, os dejetos são encaminhados via tubulação para o sistema de tratamento de dejetos.

O sistema é composto por dois biodigestores do modelo “canadense” (*plug flow*) ligados em série com capacidade para tratamento de $36 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. O volume útil total correspondente para os dois biodigestores está em aproximadamente 1.100 m^3 .

A Tabela 1 mostra as dimensões dos biodigestores instalados na Granja Colombari, volume útil de projeto e o tempo de retenção hidráulico de cada um deles.

Tabela 1. Dimensões dos biodigestores

Biodigestores	Dimensões (m)			Volume útil (m ³)	TRH ¹ (dias)
	Comprimento	Largura	Profundidade		
Biodigestor 1	25	10	4	845	23
Biodigestor 2	16	8,5	2	245	7

¹Tempo de retenção hidráulico

O primeiro biodigestor foi implantado em 2006 e passou por uma manutenção para desassoreamento no ano de 2011. O segundo biodigestor já é mais recente que o primeiro e iniciou sua operação em 2010.

Após a passagem por este sistema de biodigestão, o efluente é encaminhado a uma lagoa de decantação e estabilização, de onde posteriormente será utilizado como fertilizante orgânico na pastagem e na lavoura.

O biogás gerado pelo processo é convertido em energia elétrica por um grupo gerador.

2.2 PONTOS DO AMOSTRAGEM

Para a caracterização do efluente gerado na granja e para monitoramento da operação do biodigestor, foram escolhidos três pontos no sistema.

A Figura 1 mostra a localização dos três pontos no sistema de tratamento de dejetos.

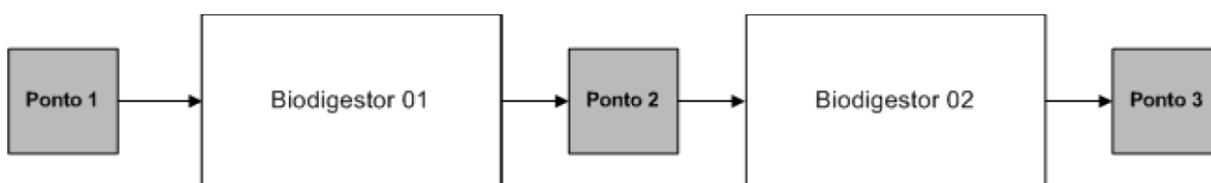


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem

O primeiro ponto está localizado na entrada do primeiro biodigestor, e caracteriza o dejetos bruto sem estar tratado.

O segundo ponto localiza-se entre os biodigestores, e através desta amostra é possível a avaliação da eficiência do primeiro biodigestor e caracterizar o efluente que está sendo encaminhado ao segundo processo de biodigestão.

Finalizando o tratamento, o terceiro ponto fornece informações para avaliar a eficiência do segundo biodigestor, e a eficiência global do sistema. Depois deste ponto o efluente é direcionado a uma lagoa, onde ele é armazenado até a utilização como fertilizante.

As coletas foram realizadas nos pontos 1, 2 e 3, semanalmente durante os seis meses de monitoramento, de janeiro a junho de 2012. Estas coletas eram amostragens simples e geralmente feitas na parte da manhã, entre as 8 h e 10 h, quando são realizadas as limpezas das baias nos galpões e os efluentes são encaminhados aos biodigestores.

O volume coletado por amostra foi de 1 L e esta mantida resfriada em recipiente térmico até sua chegada no laboratório.

2.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AVALIADOS

Para caracterização do efluente e avaliação do tratamento realizado pelos biodigestores foram escolhidos sete parâmetros físico-químicos que são apresentados na Tabela 2 juntamente com as metodologias e as referências utilizadas.

Os parâmetros acidez volátil e alcalinidade total não foram analisados no ponto 1, pois visando a utilização dos resultados para fins operacionais, o primeiro ponto não é relevante para estas duas análises.

As análises dos parâmetros foram realizadas em um laboratório ambiental que é acreditado e certificado pelo INMETRO localizado na cidade de Cascavel, Paraná.

Tabela 2. Parâmetros analisados do efluente e metodologias empregadas

Parâmetros	Metodologias	Referências
pH	Eletrômetro (4500 - H+ B)	
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Titulométrico (2320B)	
Acidez Volátil (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Titulométrico (2310B)	(APHA, 2005)
DQO (mg.L ⁻¹)	Refluxo Aberto (5220B)	
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico (2540B)	
Sólidos Totais Voláteis (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico (2540E)	

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram realizadas 23 análises dos dejetos na granja, com exceção do ponto 1, pois houve problema em uma das coletas totalizando 22 amostras.

A média dos valores de pH ficaram entre 7,16 afluente e 7,59 no efluente. O valor mínimo encontrado foi de 5,95 e o máximo 8,41, ambos os valores na entrada do biodigestor.

O pH afeta todo o sistema ambiental do reator anaeróbio, bem como a produção de enzimas e a toxicidade de compostos químicos para os microrganismos (Chernicharo, 2007).

Observou-se durante todos os meses de monitoramento que a tendência do pH foi sempre aumentar à medida que passava através do tratamento, pois como relatado por Cortez et al. (2008), essa elevação se deve ao consumo de ácidos para conversão em biogás pelas bactérias metanogênicas.

Na entrada do sistema, o pH apresentou uma média dentro da faixa ótima para reatores anaeróbios, que seria, entre 6,8 e 7,4. Na entrada do segundo biodigestor e na saída, os valores foram um pouco acima do sugerido na literatura que é de 6,8 a 7,4 para Grady et al. (1999), e dentro da faixa aceitável para Chernicharo (2007), que é de 6,0 a 8,0.

Outro parâmetro importante analisado na caracterização do dejetos suíno foi a Demanda Química de Oxigênio (DQO).

O teste da DQO visa medir indiretamente o teor de matéria orgânica (Nuvolari, 2003). Uma das vantagens em relação à outros testes é que a DQO permite respostas em tempo muito menor: 2 horas com a utilização do método do dicromato (Jordão & Pessôa, 2009).

Os valores médios de DQO encontrados ficaram entre 30.800,2 mg.L⁻¹ no afluente e 12.492,6 mg.L⁻¹ no efluente. O valor máximo encontrado foi de 63.000 mg.L⁻¹ no afluente e o valor mínimo encontrado foi de 5.200 mg.L⁻¹ na saída do segundo biodigestor. A média encontrada para o parâmetro DQO no afluente está acima dos valores encontrados por Campos et al. (2004) que é 25.650 mg.L⁻¹, que caracterizou os dejetos em uma granja de matrizes, e abaixo dos valores encontrados por Henn (2005) de 43.368 mg.L⁻¹, que avaliou uma granja de suínos em crescimento e terminação.

A remoção de carga orgânica fornece informações sobre o desempenho da estação de tratamento, indicando se o tratamento para os quais foram projetadas e relaciona com os parâmetros físico-químicos dos esgotos. É calculada de acordo com a Equação 1 (Kawai, 1991).

$$Eficiência (\%) = \frac{DQO_{afluente} - DQO_{efluente}}{DQO_{afluente}} \times 100 \quad \dots(1)$$

Com relação à eficiência de remoção de carga orgânica (DQO), a Figura 2 mostra a remoção média (%) deste parâmetro ao longo do sistema.

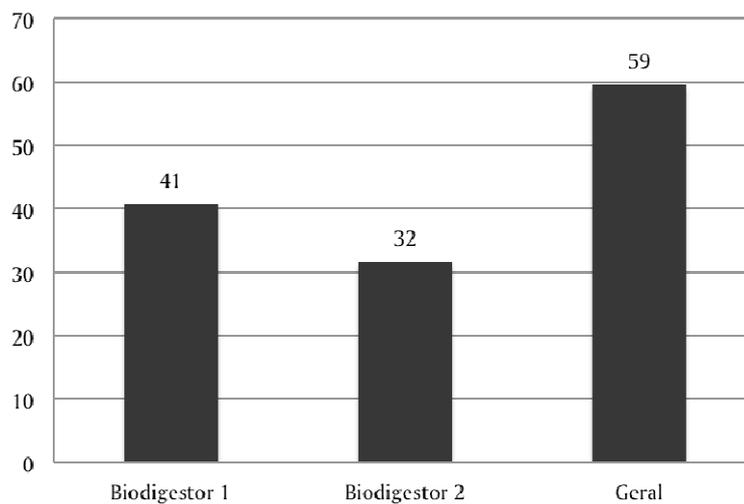


Figura 2. Remoção de DQO nos biodigestores em %

O primeiro biodigestor apresentou valores médios de remoção para DQO de 41%, e o segundo biodigestor de 32%. A remoção no primeiro biodigestor está dentro da faixa de rendimento de sistemas anaeróbios, já o segundo biodigestor está abaixo do recomendado por Souza (1984), acima de 40%.

Tais valores indicam que o primeiro biodigestor realiza maior parte da remoção de carga orgânica, por possuir um volume maior e portanto um tempo de retenção hidráulico (TRH) maior. Já o segundo biodigestor conseguiu degradar somente uma pequena porcentagem da matéria orgânica por ter um TRH bem menor que o primeiro.

De maneira geral, o sistema de biodigestão composto pelos dois biodigestores apresentou uma remoção satisfatória, com uma média e de 59% para DQO, próximo aos valores encontrados por Campos et al. (2004) no tratamento de dejetos de suínos com biodigestores tubulares, porém bem abaixo da remoção de carga orgânica encontrada por Kunz (2006), que foi de 87%. Ressalta-se que este dois autores utilizaram somente um biodigestor no tratamento, mas com tempos de retenção hidráulica individuais maiores do que os realizados neste estudo.

Apesar da diferença típica de temperatura entre os meses de janeiro a junho do local, a remoção de carga orgânica não teve grandes alterações no período de inverno, pois por ser um biodigestor de grandes proporções acaba não sofrendo com perdas de temperatura, conforme já relatado por Kunz et al. (2005).

Com relação aos sólidos totais, a média dos valores encontrados ficou entre 29.421,1 mg.L⁻¹ no afluente e 15.376,6 mg.L⁻¹ no efluente.

Segundo Cortez et al. (2008), o conteúdo de sólidos é importante, pois determina a necessidade ou não de diluição do resíduo rural, e a presença maior ou menor de compostos de origem orgânica (sólidos voláteis).

A bioconversão só irá acontecer nesta fração orgânica do substrato, portanto quanto maior a concentração de sólidos totais voláteis, maior também deverá ser a taxa de

bioconversão do resíduo, ou seja, o potencial produção de biogás (Leite & Povinelli, 1999).

Nos sólidos totais voláteis, a média dos valores encontrados ficou entre 18.900,2 mg.L⁻¹ no afluente e 7.440 mg.L⁻¹ no efluente.

As médias encontradas de ST para o afluente ficaram muito próximas aos valores de Gomes et al. (2009), entre 32.990,00 e 35.120,0 mg.L⁻¹, que caracterizou dejetos de suínos de terminação, porém os valores de SV ficam bem abaixo dos valores encontrados por este autor.

A relação entre os sólidos voláteis e totais pode indicar a porcentagem de matéria orgânica nestes sólidos. Neste estudo, a porcentagem média de sólidos voláteis no afluente ficou em 64,2%, que foi inferior às médias encontradas por Oliveira & Hiragashi (2006) em dejetos de suínos, entre 26.390,0 e 28.340,0 mg.L⁻¹. Este valor indica um maior volume de sólidos inertes (fixos) causados possivelmente por uma falta de caixa de separação destes sólidos na entrada do sistema.

Com a utilização dos valores de ST e STV, também obtém-se a remoção média destes parâmetros no sistema, conforme ilustra a Figura 3.

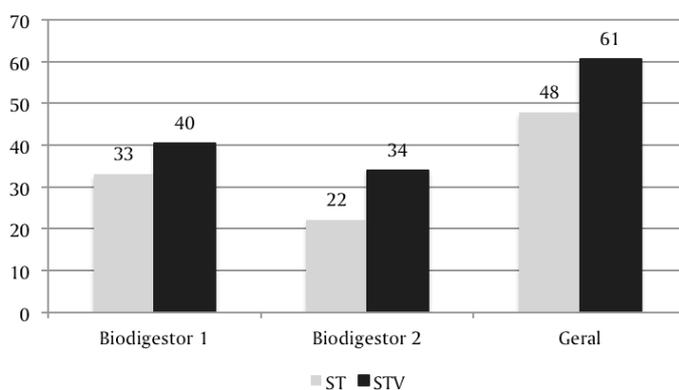


Figura 3. Remoção de ST e STV nos biodigestores em %

A remoção de sólidos, especialmente os voláteis, reflete a remoção de carga orgânica do sistema. A remoção obtida individualmente nos dois biodigestores foi baixa, principalmente devido ao baixo tempo de retenção hidráulica individual dos biodigestores.

A Tabela 2 apresenta a taxa de remoção de carga orgânica para ST e STV e a comparação com alguns autores.

Tabela 2. Taxa de remoção da ST e da STV nos biodigestores (%)

Parâmetro	Biodigestor		Geral	Henn et al. (2004)	Kunz et al. (2006)
	1	2			
ST (%)	33	22	48	88	92
STV (%)	40	34	61	96	78,8

No sistema, a remoção de sólidos foi satisfatória, mas bem abaixo dos valores encontrados por Henn et al. (2004) e Kunz et al. (2005), ambos os autores utilizando biodigestores no tratamento de dejetos de suínos.

Ao longo do tempo foi observado claramente um aumento nos valores de sólidos totais, justificado pelo fato que nos meses mais frios ocorre uma menor utilização de água e também um menor desperdício pelos bebedouros, gerando uma menor diluição, como também confirmado por Dal Mago (2009) que estudou a utilização de biodigestores com dejetos suínos em diversas etapas de criação.

Com relação à acidez volátil, AV, e à alcalinidade total, AT, consideraram-se para fins operacionais somente os valores obtidos na saída das duas unidades do sistema de tratamento ou biodigestores.

Os valores de acidez volátil e alcalinidade total podem gerar uma relação que fornece informações sobre o estado do processo de biodigestão.

A concentração de ácidos voláteis (AV) é um dos parâmetros mais sensíveis no monitoramento. Ele pode ser inibidor do processo de biodigestão, que pode levar a uma falha no sistema. (Labatut & Gooch, 2012).

A

Tabela 3 apresenta os valores de alcalinidade total e acidez volátil nos pontos coletados e valores recomendados para o processo de biodigestão.

Tabela 3. Valores de alcalinidade total, acidez volátil e recomendações

Parâmetro	Ponto			Souza (1984)
	1	2	3	
AT (mg.L ⁻¹)	-	1.700	1.679,1	>2.500 e <5.000
AV (mg.L ⁻¹)	-	19.164,6	17.880,6	<6.000 - 8.000

Os valores de acidez volátil tiveram uma média de 1.700 mg.L⁻¹ no ponto 2 e 1.676,1 mg.L⁻¹ no ponto 3, com valor máximo de 4.000 mg.L⁻¹ no ponto 3. Os valores médios dos dois pontos, e mesmo o valor máximo encontrado no terceiro ponto indicam que as concentrações não foram em nenhum momento tóxicas ao processo de biodigestão anaeróbia, conforme recomendado por Souza (1984), entre 2500 e 5000 mg.L⁻¹.

A alcalinidade no sistema deve ter capacidade de amortecer cargas moderadas de ácidos voláteis, impedindo mudanças bruscas de pH (Labatut & Gooch, 2012).

Os resultados médios da alcalinidade total situaram-se entre 19.164,6 mg.L⁻¹ no efluente do primeiro biodigestor e 17.880,6 mg.L⁻¹ no final do sistema. Tais valores indicam um bom sistema de tamponamento no sistema de biodigestão, ficando sempre acima dos valores recomendados por Souza (1984), menores que 8.000 mg.L⁻¹, com exceção de uma ocasião no mês de janeiro que chegou a 1.900 mg.L⁻¹.

A relação AV/AT na saída do primeiro biodigestor variou entre 0,02 e 0,62 e na saída do segundo biodigestor, durante os seis meses de monitoramento os valores ficaram entre 0,01 e 0,83.

Com exceção de uma única amostragem na saída do primeiro biodigestor e três amostragens na saída do segundo biodigestor, de modo geral os resultados não ultrapassaram os valores de 0,35 ou 0,5. Tais amostragens acima destes valores poderiam indicar uma sobrecarga do sistema pelo grande volume de ácidos produzidos aumentando esta relação, conforme observado por Feiden (2001) e Ripley et al. (1986).

Neste período onde houve esses altos valores da relação AV/AT, deve ter ocorrido uma sobrealimentação dos biodigestores, o que acabou gerando esses resultados esporádicos, merecendo uma atenção no manejo da granja.

Nota-se que na saída dos dois biodigestores, esta relação acidez volátil/alcalinidade total está muitas vezes abaixo de 0,1, como recomendado por Ripley et al. (1986), indicando que o volume de ácido é bem inferior ao volume de álcalis.

Tal situação aponta para uma produção e conversão dos ácidos ocorrendo na sua maioria no primeiro biodigestor, indicando uma possibilidade de aumento de carga neste primeiro biodigestor.

No entanto, isto contraria a remoção média de carga orgânica obtida pelo primeiro biodigestor que foi bem inferior a outros tratamentos similares, como já observado na Figura 2.

Como esta relação AV/AT está sempre muito baixa na saída do primeiro biodigestor, possivelmente, devido à natureza dos sistemas de biodigestão a utilização em paralelo poderia trazer uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica através do aumento do tempo de retenção hidráulico dos dois biodigestores, e conseqüentemente aumentando a produção de biogás

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da operação deste biodigestor teve aproximadamente seis meses de análises físico-químicas que foram suficientes para avaliar diversas características do tratamento.

De maneira geral, a caracterização da biomassa residual com exceção de poucos parâmetros não se diferenciou muito de outros locais com criação de suínos em terminação. Notou-se que o cuidado na amostragem dos dejetos é de grande importância para que ocorra uma coerência e menor variabilidade nos resultados desta caracterização.

A remoção de carga orgânica realizada individualmente pelos biodigestores foi baixa, justificada pelo fato de terem baixos tempos de retenção de hidráulica, mas de maneira geral, o sistema como um todo teve uma eficiência satisfatória.

Como já relatado por outros autores, os biodigestores não podem ser considerados como tratamento único, principalmente pelo alto valor de sólidos encontrados na saída do tratamento.

A relação AV/AT mostrou o comportamento da biodigestão anaeróbia nas duas unidades de biodigestão do tratamento. Os valores encontrados indicam que o sistema poderia ter uma melhor eficiência caso os biodigestores fossem ligados em paralelo.

Os resultados também apontam uma necessidade para novos estudos como a investigação da grande variabilidade (desvio padrão) nos resultados das análises físico-químicas, o motivo do alto valor de ácidos e álcalis na saída do sistema, e a possibilidade da ligação em paralelo para avaliar se haverá uma melhoria na eficiência de remoção da carga orgânica do sistema.

A utilização do monitoramento dos sistemas de biodigestão se mostra importante, pois através destas análises é possível o conhecimento do processo, evitando colapsos no sistema e transtornos para os suinocultores, conferindo um melhor aproveitamento dos subprodutos gerados no processo, o biogás e o biofertilizante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Itaipu Binacional, à Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI), à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e à Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.
- BLEY JR., C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. Foz do Iguaçu/Brasília: ITAIPU BINACIONAL/FAO, 2009. 140 p.
- BORDIN, R. D. A.; PEREIRA, C. A. D.; EBOLI, M.; ARTILHEIRO, R.; FREITAS, C. A produção de dejetos e o impacto ambiental da suinocultura. Revista de Ciências Veterinárias, v. 3, n. 3, p. 1–4, 2005.
- CHERNICHARO, C. A. DE L. Reatores Anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 720 p.
- CORTEZ, L. A. B.; SILVA, A. DA; LUCAS JÚNIOR, J. DE; JORDAN, R. A.; CASTRO, L. R. Biodigestão de Efluentes. *In*: Biomassa para Energia. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008. .

- DAL MAGO, A. Avaliação de biodigestores com o uso de dejetos de suínos, em Braço do Norte e em Concórdia. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. BIPERS, n. 14, p. 29, 2002.
- FEIDEN, A. Tratamento de águas residuária de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto. Tese (Doutorado em Agronomia). Botocatu: Universidade Estadual Paulista, 2001.
- GERARDI, M. H. The Microbiology of Anerobic Digesters. New Jersey: Wiley-Interscience, 2003.
- GRADY, C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. Biological Wastewater Treatment. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999. 1076 p.
- IBGE. Produção Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 71 p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 940 p.
- KAWAI, H. Avaliação do desempenho de estações de tratamento de esgotos. São Paulo: CETESB, 1991. 38 p.
- KUNZ, A. Experiência da Embrapa com biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos - I. *In*: Reunião Técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 7–12 p.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. DE; HIRAGASHI, M. M. Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente. Comunicado Técnico Embrapa, p. 5, dez. 2005.
- LABATUT, R. A.; GOOCH, C. A. Monitoring of Anaerobic Digestion Process to Optimize Performance and Prevent System Failure. *In*: Got Manure? Enhancing Environmental and Economic Sustainability Conference. Anais...New York: AgSTAR, 2012
- LEITE, V. D.; POVINELLI, J. Comportamento dos sólidos totais no processo de biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 2, p. 229–232, 1999.
- NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. São Paulo: Editora Blucher, 2003.
- RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes. *Water*, v. 58, n. 5, p. 406–411, 1986.