



## ESTUDO DE CASO: CODIGESTÃO ANAERÓBIA A PARTIR DA MISTURA DE RESÍDUOS SUÍNOS E LÁCTEOS

José Lucas de Souza Abreu<sup>1</sup>; Roberlúcia Araújo Candeia<sup>2</sup>; Emanuel Tarcisio do Rêgo Farias<sup>3</sup>; Damião Júnior Gomes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental - [jo\\_lucas.souza@hotmail.com](mailto:jo_lucas.souza@hotmail.com); <sup>2</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos - [roberlucia@yahoo.com.br](mailto:roberlucia@yahoo.com.br); <sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental - [emanueltrf@yahoo.com.br](mailto:emanueltrf@yahoo.com.br); <sup>4</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais - [damiuojuniorgomes@yahoo.com.br](mailto:damiuojuniorgomes@yahoo.com.br)

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento do processo da codigestão anaeróbia, a partir da mistura de dejetos suínos e resíduos lácteos (soro de leite), a fim de desenvolver um perfil de processo mais eficiente na produção de biogás e do biofertilizante. Para tal experimento, construíram-se dois biodigestores de batelada, os quais foram ativados com diferentes concentrações da biomassa em questão. Os processos da codigestão anaeróbia foram monitorados durante 49 dias. As coletas das amostras dos substratos procederam-se nos tempos de retenção hidráulica: 0, 7, 14, 21, 28, 42 e 49 dias, as quais foram caracterizadas através de alguns parâmetros físico-químicos, tais como: pH, condutividade, sólidos totais, voláteis e fixos. Além da determinação dos teores de macronutrientes (NPK) para os efluentes com 49 dias. Os resultados apontaram que o biodigestor alimentado com soro de leite (Biodigestor B), obteve melhor desempenho em relação ao Biodigestor A. Embora os valores das análises não indicarem ser muito discrepantes, mas são significativas, em virtude do aumento na variação do pH 6,25 a 6,62 ocorrida no Biodigestor B. Bem como melhor redução de sólidos totais (18,68%) e fixos (28,29%) em 49 dias, e aumento nos voláteis (71,71%). O efluente no Biodigestor B apresentou melhor fixação de macronutrientes para potássio e fósforo, com exceção do nitrogênio que foi melhor no Biodigestor A com 18,86 g/kg.

**Palavras-chave:** resíduos orgânicos, codigestão anaeróbia, otimização

### 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos das explorações pecuárias e agroindustriais atualmente constituem um sério problema ambiental, por sua potencial carga contaminante combinada com os grandes volumes gerados nos núcleos produtores. Estes resíduos biodegradáveis englobam subprodutos de rejeitos orgânicos que podem ser apresentados na fase sólida e líquida, suscetíveis de ser submetidos a processos biológicos de tratamentos como a biodigestão ou biometanização. A

suinocultura é considerada uma das maiores geradoras de dejetos por unidade de área ocupada, esta vêm colaborando para a poluição de muitos recursos hídricos e contaminação de solos (REFOSCO, 2011), assim como a indústria de laticínios - capaz de promover poluição ambiental com o descarte do soro de leite nos cursos d'água provocando destruição da flora e fauna devido à sua alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ARAÚJO, 2013).



A codigestão anaeróbica desses resíduos é considerada uma alternativa promissora para a redução dos impactos oriundos da suinocultura e das indústrias lácteas. Sua viabilidade apresenta uma série de vantagens como compartilhar instalações de tratamento, unificar metodologias de gestão, amortizar as variações temporais na composição e produção de cada resíduo separadamente, bem como reduzir custos de investimento e exploração, aproveitando-se da sinergia das mesclas, compensando as carências de cada um dos substratos separadamente. Além de aumentar o potencial de produção de biogás, a adição de cosubstratos facilmente biodegradáveis confere uma estabilidade adicional ao sistema. A codigestão anaeróbica permite, portanto, aproveitar a complementariedade da composição dos resíduos para criar perfis de processo mais eficazes (REIS, 2012).

O processo da biodigestão anaeróbica como método de tratamento de resíduos permite obter um gás com alto conteúdo energético que pode ser facilmente aproveitável, bem como um produto final mais estabilizado (biofertilizante), com inferior conteúdo de matéria orgânica, que pode ser utilizado como fertilizante para o solo. A biometanização é uma excelente oportunidade para a sustentabilidade, tanto da indústria agropecuária quanto, e especialmente, de pequenos agricultores. Com tecnologias apropriadas e uma boa capacitação, resíduos orgânicos podem ser tratados, resolvendo uma cadeia de problemas ambientais e ao mesmo tempo produzir energia, elétrica e/ou térmica, e um fertilizante natural (CARREAS, 2013).

Portanto essa tecnologia oferece possibilidades e soluções de interesse para problemas mundiais como a produção de energias alternativas, a gestão dos resíduos humanos, animais, municipais e industriais com segurança e o controle da contaminação ambiental.

De posse destes conhecimentos, o presente estudo avaliou o desempenho do processo da biodigestão anaeróbica, em biodigestores ativados com mistura de resíduos da agroindústria (dejetos suínos com e sem adição de soro de leite, oriundo das queijeiras), monitorando os biorreatores durante os tempos de retenção hidráulica: 0, 7, 14, 21, 28, 42 e 49 dias por meio de parâmetros físico químicos, contribuindo para a tecnificação e otimização do processo de biodegradação, buscando a aceleração e melhoramento do mesmo.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de Pombal, Paraíba. As análises foram conduzidas no Laboratório de Resíduos Sólidos, enquanto as análises de macronutrientes (NPK) foram realizadas no Laboratório de Solos do IFPB campus de São Gonçalo.

### 2.1. Descrição do Biodigestor com Sistema de Filtragem de gás

Foram construídos dois sistemas de biodigestão anaeróbica, ambos do tipo batelada, para melhor monitoramento do processo.

Os biodigestores foram montados separadamente, utilizando tambores com formato do tipo tubular vertical (PVC, com capacidade de 50L), compondo o sistema da seguinte forma: biorreator (setor 1), saída de gás (setor 2) e coletor de efluente (setor 3), conforme ilustrado na Figura 1. Por sua vez, no processo de filtragem do gás utilizou-se de soluções tais como 1M de NaOH e Fe-EDTA, com o intuito de purificar o gás, e assim captarmos no final do sistema apenas o gás metano. Estas soluções foram acondicionadas em recipientes, na ordem: Fe-EDTA (4), para precipitação do gás sulfídrico, e NaOH (5) para o gás



carbônico. Ao final do processo utilizou-se de uma garrafa PET (7) devidamente aferida com volume de dois litros, completamente preenchida com água, e suportada por um tripé de metal acoplado ao fundo do balde (6), que também foi preenchido com água, a fim de obter equilíbrio hidrostático dos líquidos na parte interna e externa da garrafa.



Figura 1: Apresentação e esquematização do sistema de biodigestão anaeróbia. Fonte: Imagem do próprio Autor, 2014.

## 2.2. Matéria prima - Biomassa

Para a execução do experimento foram empregados dejetos suínos e soro de leite, ambos adquiridos em uma propriedade rural situada a 8 km da área urbana da cidade de Pombal – PB.

A propriedade abriga uma construção para a retirada do leite das vacas leiteiras, no qual é usado na fabricação de queijos. O soro oriundo da fabricação do queijo é armazenado em uma caixa d'água. Em seguida, é destinada a alimentação dos porcos. A nutrição destes animais é baseada principalmente em carboidratos e fibras, em complemento com o próprio soro de leite.

A limpeza do ambiente e remoção das fezes é feita duas vezes ao dia, apenas com água e varrição para uma tubulação que conduz o efluente até alguns metros do local, onde já se encontrava instalada uma lagoa de dejetos a céu aberto (efluentes suínos),

podendo-se observar a intensa degradação ambiental enfrentada por aquele pequeno espaço.

Os dejetos suínos foram coletados da lagoa mencionada, como de fezes recentes. Tomou-se o cuidado de recolher a matéria orgânica mais recente possível, para melhor condução do experimento. O soro de leite utilizado no projeto, também foi colhido na propriedade em questão.

Montaram-se dois sistemas de biodigestores, visando observar a divergência produzida pela codigestão, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de Biomassa inserida no biodigestor

Resíduo	Biodigestor A	Biodigestor B
Dejetos Suínos	30 kg	30 kg
Soro de Leite	-	75 mL

## 2.3. Ativação dos Biodigestores

Os dois biodigestores foram ativados com proporções de diluição 1:4 (biomassa/água), sendo diferenciado em um dos biodigestores a presença de soro de leite à mistura da biomassa, com o objetivo de acelerar o processo de decomposição anaeróbia. Para tanto, é importante ressaltar que, ambos os sistemas foram submetidos às mesmas condições de temperatura e de ambientação, visto que temperaturas favoráveis ao processo de biodigestão variam numa faixa média de 28 a 42 °C.

O processo da biodigestão anaeróbia em ambos os sistemas, foram monitorados por 0, 7, 14, 21, 28, 42 e 49 dias de tempo de retenção hidráulica, coletando frações dos substratos, e as encaminhando para serem analisadas no laboratório através dos parâmetros físico-químicos. Ao final do processo da biodigestão anaeróbia, os efluentes (biofertilizantes) foram caracterizados.



## 2.4. Caracterização dos Afluentes e Efluentes

As misturas orgânicas foram caracterizadas antes de sua introdução nos biodigestores (afluente), durante todo o processo de biodigestão (substrato também chamado de afluente) e ao final do processo (efluentes), adotaram-se as técnicas da Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) para análise de pH, umidade, condutividade elétrica, sólidos totais, fixos e voláteis, e TEDESCO (1995) para as análises de macronutrientes: teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

Todos os parâmetros foram realizadas em triplicatas, e os resultados foram expressões pelas médias aritmética dessas repetições.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização das Biomassas

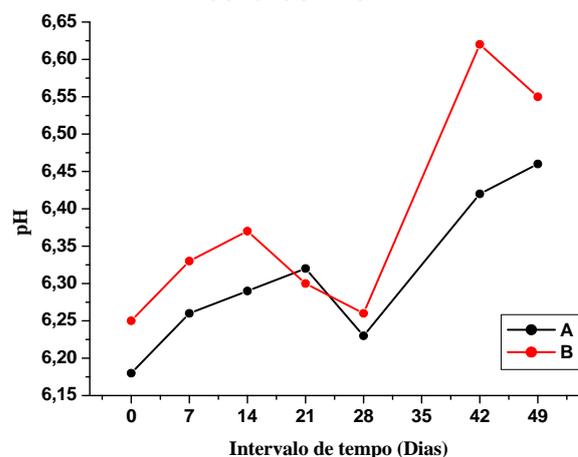
A amostra de dejetos suínos foi caracterizada e apresentou pH de 6.24, caracterizando-a pouco ácida; teores de sólidos totais, voláteis e fixos, respectivamente de 18,85%, 78,97% e 21,03%, e umidade de aproximadamente 80%. De modo que, baseado neste índice estabeleceu a diluição do material, sendo uma porção de matéria orgânica para quatro de água, (diluição 1:4).

O soro de leite foi caracterizado por pH que foi de 4.05, caracterizando meio ácido. Em virtude, dos porcos se alimentarem com essa substância e a água residuária carrear para a lagoa de onde foram colhidos os dejetos, utilizou-se uma pequena quantidade do soro de leite (1% - em torno de 75 mL) à biomassa seca, com o intuito de não comprometer o pH da mistura da biomassa durante o tempo de retenção no biorreator.

No Gráfico 1 é possível observar os valores dos pH's em ambos os sistemas variaram entre 6.18 a 6.46 (Biodigestor

A), e 6.25 a 6.62 (Biodigestor B), sendo que no biodigestor A verificou-se no 28º dia redução no pH para o valor de 6.23, e no biodigestor B, a redução ocorreu no 21º a 28º dia apontando pHs de 6.30 e 6.26, levando a acreditar que neste instante deve ter ocorrido maior presença de ácidos voláteis, resultando na etapa acetogênica, e dificultando na etapa metanogênica. Pois, de acordo com Pestana e Ganghis (2012) e Rizzoni (2012) no tratamento anaeróbico, essas variações, também chamadas de desequilíbrios são motivados por elevada população de bactérias acidogênicas, visto que estas prejudicam o desenvolvimento das bactérias metanogênicas, cujo pH ótimo é de 6.8 e 7.2.

Gráfico 1: Comparação pH's entre os reatores A e B.



Os valores de condutividade expressos no Gráfico 2 apontaram mais formação de íons durante o processo reacional no sistema B. O sistema A apesar de estar pouco mais acidificado, revelou maior desprendimento de gás  $H_2S$  em relação ao sistema B, conforme observado no processo de filtragem (Fe-EDTA), Figura 2, visto que houve maior formação de precipitados de Fe oxidado.

Gráfico 2: Comparação da condutividade entre os reatores A e B.

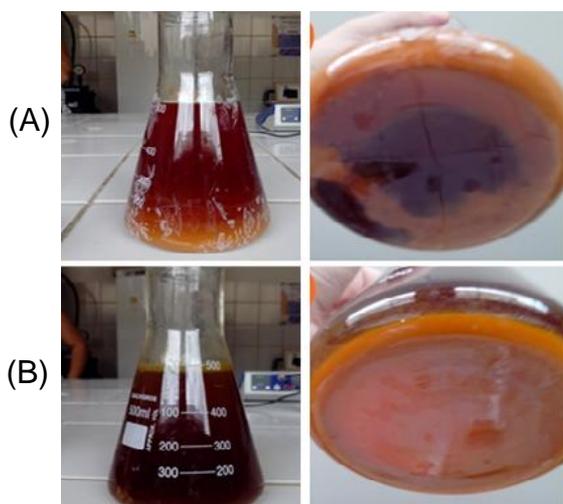
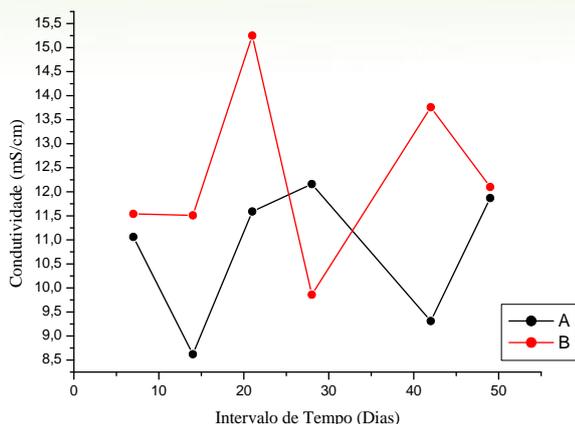


Figura 2: Formação de precipitado sistema A (a) e sistema B (b). Fonte: Imagem do próprio Autor, 2014.

A partir das tabelas 2 e 3 é possível observar os valores das análises de sólidos totais, voláteis e fixos, permitindo acreditar que o sistema B foi melhor em degradação do que o sistema A, e em diminuição de sólidos voláteis e fixação da matéria inorgânica presente na biomassa.

Tabela 2: Médias dos Parâmetros ST, SV e SF em % do reator A.

Amostras (dias)	Sólidos Fixos (%)	Sólidos Voláteis (%)	Sólidos Totais (%)
0	25,34	74,66	20,70
7	26,70	73,30	20,59
14	27,19	72,81	20,29
21	28,17	71,83	21,08
28	25,57	74,43	19,52

42	27,49	72,50	20,19
49	28,59	71,41	21,06

Tabela 3: Médias dos Parâmetros ST, SV e SF em % do reator B.

Amostras (dias)	Sólidos Fixos (%)	Sólidos Voláteis (%)	Sólidos Totais (%)
0	24,46	75,54	19,74
7	29,20	70,80	19,36
14	27,52	72,48	19,40
21	26,68	73,32	18,87
28	26,49	73,51	18,15
42	27,40	72,60	18,22
49	28,29	71,71	18,60

A Tabela 4 ilustra as quantidades de nutrientes presentes nas amostras de efluentes (biofertilizante) no tempo de retenção de 49 dias. Para tanto, observa-se que apesar do teor de nitrogênio do biodigestor A ter sido mais elevado em relação ao sistema B, tem-se que este apresentou valores de nutrientes mais satisfatórios devido ao enriquecimento do soro de leite.

Tabela 4: Médias das quantidades de nutrientes Nitrogênio (N), Potássio (K) e Fósforo (P) das amostras dos efluentes em 49 dias.

Análises	Bio digestor A	Bio digestor B
Nitrogênio (N), g/Kg	18,20	17,62
Potássio (K), mg/Kg	0,85	2,32
Fósforo (P), g/Kg	18,86	19,76

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados revelados durante os experimentos, foi possível observar que o biodigestor (sistema B), alimentado com dejetos suínos e soro de leite apresentou maior desempenho em relação do biodigestor (sistema A), devido



a inúmeros fatores entre eles a composição dos substratos. Levando a concluir que as bactérias do soro de leite melhoraram o desempenho do sistema como expressos nas análises de pH, degradação da matéria orgânica, desprendimento de gás e teores de nutrientes NPK. Além disso, a partir das análises do gás filtrado acreditasse que a inoculação de soro de leite a biomassa permitiu uma melhor produção de biogás com menos teores de gás sulfídrico, podendo ter influenciado na competição entre as bactérias metanogênicas e as sulfídricas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela bolsa de Iniciação Científica. As Instituições Federais UFCG/CCTA e IFPB - Campus Sousa, pelo apoio e contribuição em algumas análises. E a todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUDIBERT, J. L. **Avaliação qualitativa e quantitativa do biogás do aterro controlado de Londrina.** 2011. 171f. Dissertação (Engenharia de Edificações e Saneamento). Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2011.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **standard methods for the examination of water and wastewater.** New York: APHA, WWA, WPCR. 21<sup>a</sup> ed. 2005.

ARAÚJO, M. DE S. **Produção de etanol neutro a partir do soro de queijo coalho por destilação convencional.** 2013. 66p. Dissertação (Sistema Agroindustrial). Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade

Federal de Campina Grande/Campus Pombal, Pombal, PB. 2013.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Política nacional de resíduos sólidos. 2. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados.

CARREAS, N. **O biogás.** Programa de Capacitação em Energias Renováveis. Observatório de Energias Renováveis para America Latina e Caribe. 2013.

GOMES, L. P.; PERUZATTO, M.; SANTOS, V. S.; SELBITO, M. A. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suínicas. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. v.19, n.2, p. 143-154. 2014.

KONZEN, E. A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. **In: SIMPÓSIO GOIANO DE SUINOCULTURA,** 2., 2005, Goiânia. Seminários técnicos de suinocultura. Goiânia: Avesui Centrooeste, 2005. p. 56 - 64.

LACERDA, T. H. M.; OLIVEIRA, A. J.; CARUSO, J. G. B. Viabilidade do Tratamento do Soro de Queijo com Digestão Anaeróbia. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz:** Piracicaba v. 47, n. 2, p. 573-577, 1990.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1993.188p.

ORRICO Jr., M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS Jr, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola,** v. 29, n. 3, p. 483-491, 2009.

\_\_\_\_\_. 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.

PESTANA, M.; GANGHIS, D. **Apostila de Tratamento de Efluentes**. Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET/BA. Disponível em: <[www.ifba.edu.br/.../Apostila%20Tratamento%20de%20Efluentes.doc](http://www.ifba.edu.br/.../Apostila%20Tratamento%20de%20Efluentes.doc)> Acesso em: 27 ago.2014.

PINTO; R. de O. **Avaliação da digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos suínos e lixiviado**. 2006. 173p. Tese (Engenharia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

REFOSCO, D. **Utilização de Resíduos da Suinocultura para Produção de Energia Através do Biogás e Fertilizantes Orgânicos Estudo de Caso: Granja Marmentini - Dois Vizinhos – PR**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia PRODETEC do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, Instituto de Engenharia do Paraná – IEP. Curitiba – PR, 2011.

RAPPAPORT, Roy A. Natureza, cultura e antropologia ecológica. In: **SHAPIRO, Harry L.(Org.). Homem, cultura e sociedade**. São Paulo: Martins Fontes, 1982, p. 251-282.

REIS, A dos S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. 2012. 63p. Dissertação (Tecnologia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2012.

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de

dejetos de suínos. **Revista Científica eletrônica de Medicina Veterinária** – Ano IX, Número 18, 2012.

SOUZA, C. F; JUNIOR, J. de L.; FERREIRA, W. P.M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato - considerações sobre a partida. **Eng. Agríc.** [online]. v.25, n.2, p. 530-539, 2005.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.