UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

ÍTALA ZIMARIA DO NASCIMENTO MEDEIROS

INFLUÊNCIA DA DILUIÇÃO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PARAÍBANO.

POMBAL – PB

2017

ÍTALA ZIMARIA DO NASCIMENTO MEDEIROS

INFLUÊNCIA DA DILUIÇÃO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PARAÍBANO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação apresentada ao curso de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal – PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Camilo Allyson Simões de Farias

POMBAL- PB

2017

"INFLUÊNCIA DA DILUIÇÃO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO"

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 03/03/2017

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Camilo Allyson Simões de Farias - UFCG/POMBAL
Orientador

Prof.ª D. Sc. Roberlucia Araújo Candeia - UFCG/POMBAL
Orientadora

Prof. Dr. Sc. Roberto Cleiton F. de Queiroga - UFCG/POMBAL
Examinador Interno

Prof. Dr. Sc. Francisco Cicupira de Andrade Filho – IFPB/Campus Sousa
Examinador Externo

POMBAL-PB
MARÇO-2017

Influência da Diluição na Biodigestão Anaeróbia de Dejetos Suínos no Semiárido Paraibano

Influence of Water Dilution on the Anaerobic Digestion of Pig Manure in Semiarid Paraibano

RESUMO

Neste estudo, avaliou-se a influência da diluição em água na digestão anaeróbia de dejetos suínos em reatores de batelada. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, considerando três proporções de matéria seca e água (1:12; 1:16 e 1:20) e cinco repetições. Todos os biorreatores, com capacidades de 20 L, foram monitorados em temperatura ambiente por um período de 63 dias. As amostras de afluentes e efluentes dos biorreatores foram caracterizadas por meio de análises físico-químicas e quantificou-se a produção do biogás. Dentre as variáveis analisadas, os teores de sólidos totais, sólidos voláteis, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e produção acumulada de biogás por massa de matéria seca apresentaram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade. Estes resultados provaram que a diluição influenciou na degradação dos dejetos suínos estudados. Quando comparados com os padrões da literatura, observou-se que os valores de pH podem ter impedido um melhor desempenho dos processos de biodigestão. No entanto, houve degradação do material orgânico e notável produção de biogás em todos os tratamentos. As produções acumuladas de biogás por massa de matéria seca nas diluições 1:16 e 1:20 foram significantemente superiores às obtidas no tratamento 1:12.

Palavras-chaves: Suinocultura. Codigestão anaeróbia. Biogás. Pocilga. Matéria orgânica.

ABSTRACT

In this study, we evaluated the influence of water dilution on the anaerobic digestion of pig manure in batch reactors. The experiment design was the completely randomized with three proportions of dry matter and water (1:12, 1:16 and 1:20) and five replications. All bioreactors, with 20 L capacity, were monitored under natural temperature for a 63 days period. The reactor's affluent and effluent samples were characterized by physicochemical analysis. We also quantified the biogas production. Among the analyzed variables, values of

total solids, volatile solids, dissolved oxygen, electrical conductivity and accumulated biogas per mass of dry matter were significant at the 5% level. These outcomes proved that water dilution influenced in the degradation of the studied pig manure. On the other hand, values of pH did not differ from each other for the analyzed treatments. When compared to literature standards, we found that the behavior of pH might have prevented a better performance of the digestion processes. However, there was degradation of organic matter and noteworthy production of biogas in all treatments. Accumulated biogas production per mass of dry matter under water dilutions 1:16 and 1:20 were significantly superior to that observed in treatment 1:12.

Keywords: Pig farming. Anaerobic codigestion. Biogas. Pigsty. Organic matter.

1 INTRODUÇÃO

Um tema que vem despertando a atenção de muitos ambientalistas é a exploração dos recursos hídricos como fonte energética. Essa exploração gera impactos ambientais e a degradação dos recursos naturais. Conforme a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2015), o Brasil tem a energia hidráulica como principal fonte de geração de energia elétrica, sendo que esta vem apresentando reduções desde 2014, frente ao quadro de crise hídrica presente nas regiões brasileiras. Esta crise contribui para os baixos níveis dos reservatórios e diminui a eficiência energética no País. Considerando que o Brasil possui uma matriz energética predominantemente renovável, outras alternativas seguem em evidência, a exemplo da energia solar, eólica, e de biomassa, com o intuito de suprir o uso do recurso hídrico na matriz energética brasileira (PRADO JR *et. al*, 2016; GARFI *et. al.*, 2016).

No Brasil, o segmento da suinocultura está em ascensão com crescimento de cerca de 4% ao ano. No cenário mundial, o Brasil destaca-se como quarto produtor e exportador de carne suína, atingindo 15,2% de volume exportado em 2015 (ABPA, 2016; VARGAS, 2013). Tal expansão é benéfica para a economia brasileira. No entanto, considerando o aspecto ambiental, a disposição de resíduos sólidos, em especial dos dejetos suínos, se realizada de forma inadequada, pode causar diversos impactos, como a poluição do solo, da água e do ar (CHERUBINI *et. al.*, 2015).

Com o crescimento populacional, o setor industrial, pecuário e agrícola passou a produzir mais para suprir a demanda de consumo alimentar, energético, tecnológico, entre

outros. Para isto, exploraram-se os recursos naturais, principalmente o solo e a água, de forma indiscriminada e sem a menor preocupação com os impactos causados ao meio ambiente (ZHONG *et. al.*, 2016; AGARWALA *et. al.*, 2014; DUARTE, 2014).

A partir de 2010, o governo brasileiro implementou no País a Lei n. 12.305/2010, que dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS. No Art. 9º da referida lei, determina-se que a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos devem seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Os resíduos provenientes da suinocultura possuem, em sua maioria, uma grande carga de material orgânico. Quando lançados em corpos hídricos, estes resíduos podem proporcionar decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido no meio, prejudicando a vida aquática. A intensidade do dano vai depender da vazão do corpo receptor e da concentração de carga orgânica que é lançada (CHERUBINI *et.al.*, 2015).

O sistema mais adotado para a criação de suínos é o confinamento, em que se gera uma elevada carga de dejetos em uma unidade de área relativamente pequena. Apesar de apresentar agentes patogênicos, esses resíduos também possuem compostos orgânicos e um teor energético elevado. Os dejetos suínos são normalmente usados como fontes de adubação, mas sem nenhum tratamento, elevando os níveis de poluição e desperdiçando o seu potencial energético (COSTA, 2012).

Uma opção para se aproveitar e/ou estabilizar os dejetos suínos é a utilização de tecnologias para biodigestão anaeróbia, processo que consiste na fermentação microbiológica dos resíduos, se desdobrando em quatro etapas metabólicas, a saber: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Como resultado deste processo, obtêm-se o biogás e o biofertilizante, que podem servir como fonte alternativa de energia e adubo orgânico, respectivamente. (KINYUA; ROWSE; ERGAS, 2016; KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

O biogás é composto principalmente de metano e dióxido de carbono, podendo conter, conforme o substrato, amônia, sulfeto de hidrogênio, vapor d'água e outros componentes gasosos ou vaporizáveis (FISCHER, 2010). Quando lançado diretamente na atmosfera, este intensifica o efeito estufa, podendo causar problemas de ordem ambiental (AUBURGER *et. al.*, 2016). As características da produção de biogás são significativamente afetadas pela composição do substrato, como a presença de antibióticos e metais pesados (ZHANG *et. al.*, 2014).

O biofertilizante contém frações de matéria orgânica e, em seu conteúdo, são encontradas células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbio e anaeróbio, assim como metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquosos (MEDEIROS, LOPES, 2006). Possui aplicação no solo como fertilizante, contendo nutrientes primários, tais como nitrogênio e fósforo; nutrientes secundários, a exemplo do potássio, cálcio e magnésio; e micronutrientes, como zinco, cobre, ferro, entre outros. Estes nutrientes melhoram o crescimento das plantas (KINYUA; ROWSE; ERGAS, 2016).

Para ocorrer de maneira satisfatória, à digestão anaeróbia depende de vários parâmetros, incluindo a composição do substrato (em particular a relação C/N), concentração de sólidos, misturas, temperatura, tempo de retenção hidráulica (TRH), tempo de retenção de sólidos (TRS), entre outros (GRAFI *et. al.*, 2016).

Percebeu-se com a pesquisa uma escassez nos estudos relacionados aos níveis de diluição para biodigestão, assim como a necessidade de um parâmetro de diluição para digestão de dejetos de suínos na região de estudo. Devido à grande quantidade de dejetos produzidos no setor da suinocultura, este trabalho teve como objetivo verificar o desempenho do processo de digestão anaeróbia em biodigestores de batelada alimentados com diferentes razões de diluições entre dejetos suínos secos e água.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos Sólidos – LABRES, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, *Campus* de Pombal-PB, cujas coordenadas geográficas são 6° 48' 16" de Latitude Sul e 37° 49' 15" de Longitude Oeste, a uma altitude de 144 m em relação ao nível do mar. O experimento foi compreendido no período de fevereiro a abril de 2016, em escala de bancada, e seguiu a esquematização mostrada na Figura 1.

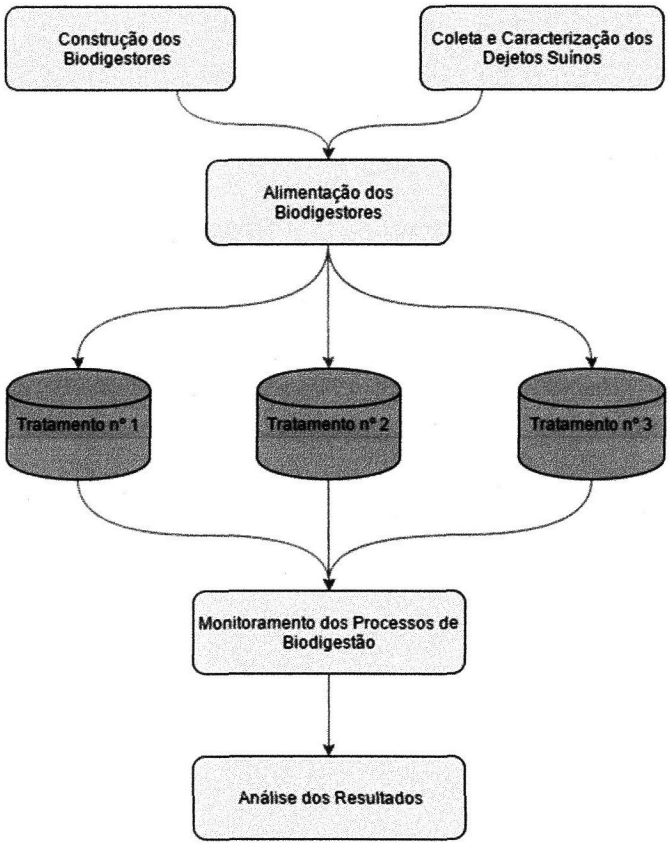

Figura 1: Esquematização de todo o processo.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.1 Delineamento Experimental e Tratamentos

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constaram de três proporções em massa entre dejetos suínos secos e água, a saber: 1:12; 1:16 e 1:20. Para o monitoramento, foram observadas as seguintes variáveis: pH, condutividade elétrica, sólidos totais e voláteis, oxigênio dissolvido e a produção do biogás por massa de matéria seca. Todos os biodigestores anaeróbios foram expostos à temperatura ambiente na faixa entre 29 a 35°C durante os 63 dias, tomado como tempo de retenção hidráulica (TRH).

2.2 Construção dos biodigestores anaeróbios

Os biorreatores foram confeccionados aproveitando vasilhames de óleo para motor diesel, com capacidade de 20 L cada. Todos os 15 biorreatores construídos eram compostos por um registro na parte inferior do recipiente, para a retirada dos substratos usados nas análises, e outro na parte superior, objetivando a captação do gás, conforme Figura 2.

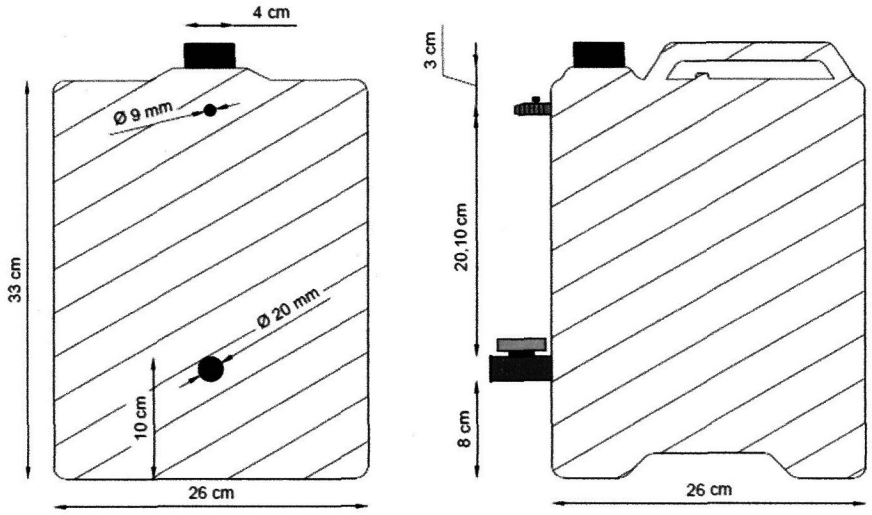

Figura 2: Desenho dos biodigestores de batelada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3 Coleta dos resíduos

A coleta dos resíduos foi efetuada na Fazenda Piões, localizada na zona rural do município de Pombal, no Sertão Paraibano. A fazenda possui uma criação em confinamento de aproximadamente trezentos suínos, distribuídos em três galpões com dez compartimentos cada. Os resíduos foram coletados em baldes plásticos de 50L, vedados e conduzidos até o LABRES/UFCG.

No laboratório, o material bruto coletado foi submetido a um processo de triagem e homogeneização. Posteriormente, foram realizadas análises físicas e químicas.

2.4 Ativação e monitoramento dos biodigestores

Os biodigestores anaeróbios foram alimentados com 12 L de material (dejetos suínos secos e água), levando-se em consideração três tratamentos com diferentes níveis de diluição e cinco repetições. A mistura do material foi realizada em um recipiente de 50 L, e em seguida, distribuída nos biodigestores, cuja tara foi previamente obtida. Estes foram alimentados com os 12 L determinados. As diluições ocorreram nas proporções em massa entre dejetos suínos secos e água a 1:12, 1:16 e 1:20.

Após a ativação, todos os biorreatores passaram a ser monitorados semanalmente com respeito a produção de gás. As análises físicas e químicas foram efetuadas nas amostras do início do processo (afluente) e do final de 63 dias de digestão anaeróbia (efluente). No ato da coleta, os substratos foram homogeneizados em cada biodigestor de forma lenta, para evitar a

ruptura das células bacterianas. Posteriormente, ao fim do TRH, coletou-se 65 mL de amostra do substrato final em cada biodigestor para ensaios laboratoriais.

2.5 Caracterização dos afluentes e efluentes

Nesta pesquisa foram caracterizados os afluentes e efluentes de cada biodigestor por meio de análises físicas e químicas, sendo *in loco* a determinação de pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura. Já os sólidos totais, voláteis e fixos seguiram a metodologia descrita por APHA (2005).

Para a aferição do biogás, este foi coletado durante todo o processo de fermentação, utilizando o método de deslocamento de água. Este método consistia de recipiente com volume conhecido preenchido com água, no qual foi adaptado a uma mangueira e conectado a válvula de saída do biogás no biodigestor. A válvula era aberta e o volume do biogás era aferido com o auxílio de uma proveta medindo o volume de água deslocada. Todas as análises foram realizadas no LABRES da UFCG/CCTA, *Campus* de Pombal-PB.

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para isto, utilizou-se o programa estatístico SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados adquiridos durante o estudo com os biodigestores de batelada revelaram efeito significativo entre as amostras dos afluentes e efluentes em cada processo de diluição.

O fator temperatura é uma importante característica na determinação do tipo de microrganismos apto para degradar à matéria orgânica (substrato orgânico) em um processo metabólico anaeróbio. Neste sentido, durante todo o desenvolvimento da pesquisa a temperatura apresentou-se por volta de 29° a 35° C em todos os biodigestores anaeróbios, sendo meio propício para as bactérias mesófilas (GARFI *et. al.*, 2016; GUO *et. al.*, 2013).

A temperatura também interfere na cinética da reação metabólica, favorecendo o aumento ou diminuição da produção de biogás (GARFI *et. al.*, 2016). Associada ao pH, ambas influenciam nas etapas metabólicas da digestão anaeróbia, principalmente na presença das bactérias acidogênicas e metanogênicas. Sendo que as acidogênicas são tolerantes a pH mais ácidos e temperaturas mais baixas em relação as bactérias metanogênicas (TAMKIM *et. al.*, 2015; CIOTOLA *et. al.*, 2013).

Observaram-se pequenas variações nos pH dos três tratamentos ao longo do processo de digestão, iniciando em pH de 6,9 ao 7,1 (meio neutro), passando pela fase acidogênica, com pH entre 4,8 a 5,2 (meio ácido), e finalizando, ao término de 63 dias de retenção, com pH entre 5,2 a 5,3. O tratamento com a diluição 1:12 foi mais acidificado em relação as diluições 1:16 e 1:20, o que certamente comprometeu a produção do biogás. Duarte (2014), investigando a interferência das condições ambientais e operacionais na produção de biogás em biorreatores de bancada com resíduos sólidos, também observou comportamento semelhante em seus dois biodigestores, constatando um decaimento nos valores de pH (7.5 para 5.5). Este valor permaneceu baixo até o fim do monitoramento, dificultando a produção do gás.

Para verificar a eficiência do tratamento em biodigestor anaeróbio, usa-se também os resultados de sólidos voláteis. Este é um indicativo da ocorrência do processo de biodegradação do material orgânico, tendo como resposta a liberação do biogás no processo (ORRICO JR, ORRICO, LUCAS JR, 2011).

Conforme Figuras 3 e 4, os dados referentes aos sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), respectivamente, monitorados por 63 dias de TRH, demonstraram que tanto os ST como os SV reduziram ao longo do processo de biodigestão, sugerindo que os microrganismos estavam atuando positivamente. Os índices apontaram que os ST e SV diminuíram em todos os tratamentos, com reduções de 17,79% nos ST e 1,58% nos SV para diluição 1:12; 27,25% nos ST e 3,93% nos SV para mistura 1:16; e 29,51% nos ST e 0,78% nos SV para o tratamento 1:20. Estes resultados indicam que houve o consumo da matéria orgânica presente no meio.

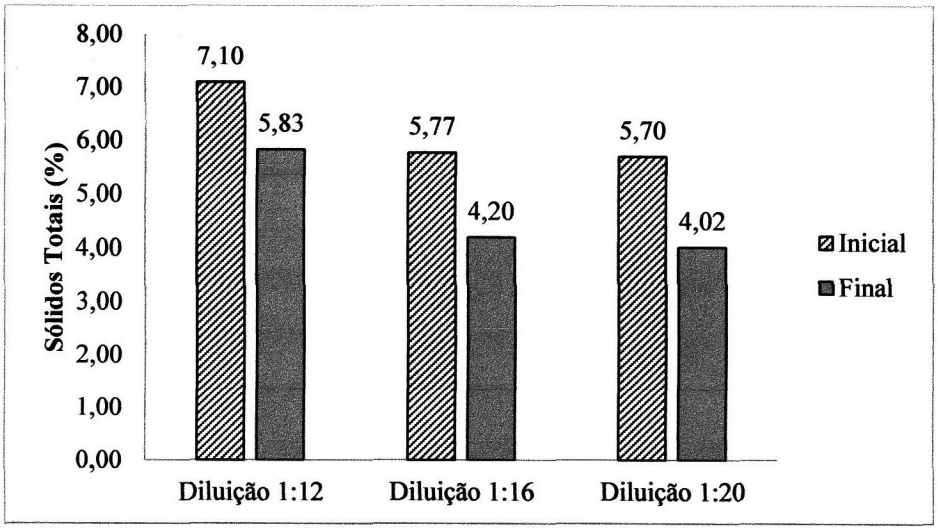

Figura 3: Comparação dos sólidos totais entre os afluentes e efluentes de cada tratamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

222

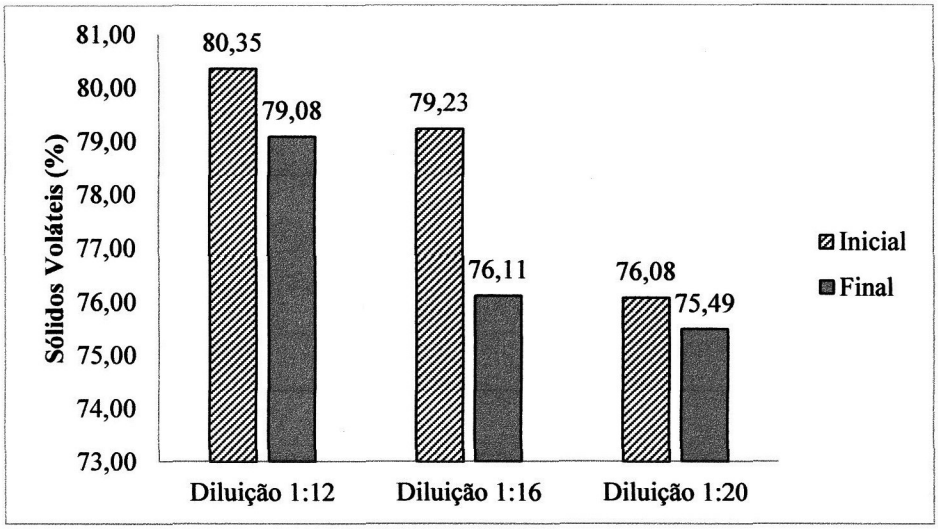

Figura 4: Comparação dos sólidos voláteis entre os afluentes e efluentes de cada tratamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

223

224 Leite e Povinelli (1999), estudando o comportamento dos sólidos totais e voláteis
225 presentes nos resíduos sólidos urbanos e industriais submetidos ao processo de biodigestão
226 anaeróbio em quatro reatores de bateladas, concluíram que em 210 dias houve redução da
227 concentração de sólidos voláteis de 81,0% para o reator D, enquanto que os demais reatores
228 apresentaram eficiência de 8,6%, 0,6% e 7,0% para os reatores A, B e C, respectivamente.
229 Neste mesmo estudo as concentrações de sólidos voláteis foram inferiores aos sólidos totais,
230 sugerindo que ocorreu instabilidade no processo, provavelmente causada por forte hidrólise
231 do material particulado presente na massa de resíduos sólidos urbanos e industriais.

232 Na Figura 5 expõem-se os valores obtidos para teores de oxigênio dissolvido (OD) em
233 todos os tratamentos, considerando o início e o final do processo. A partir dos dados, observa-
234 se que houve redução de OD em todos os tratamentos, indicando que houve degradação da
235 matéria orgânica. Ao confrontar as diluições, é notório observar que os níveis de OD nas
236 amostras de afluentes foram decrescentes com o aumento da diluição, provavelmente em
237 virtude do aumento da quantidade da água na solução. A presença de altos teores de OD no
238 meio pode impedir o metabolismo de bactérias anaeróbias obrigatórias (não tolerantes ao
239 oxigênio) e prejudicar e/ou retardar o processo anaeróbio de degradação.

240

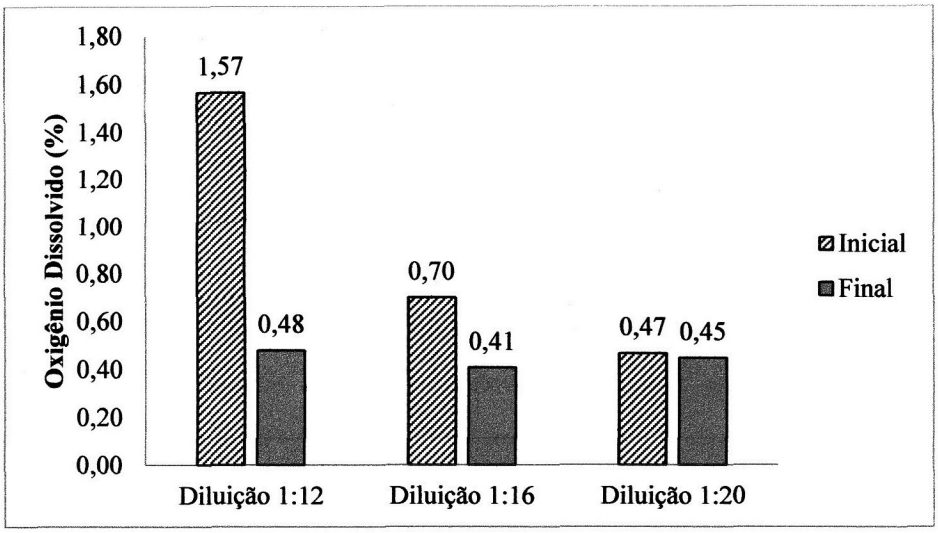

Figura 5: Comparação dos teores inicial e final de oxigênio dissolvido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

241

242 Com relação aos valores de condutividade elétrica (CE), verificados em cada
243 tratamento, constata-se aumento na concentração de sais dissolvidos ao final do processo de
244 digestão anaeróbia. Considerando o acréscimo da fração aquosa entre as diluições, observa-se
245 que na diluição 1:20 registrou-se o menor aumento na concentração de sais dissolvidos.

246

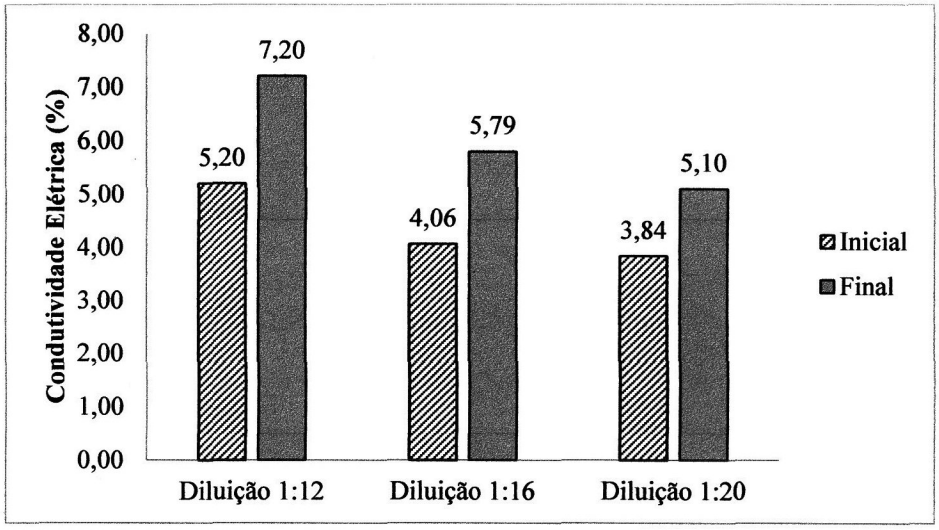

Figura 6: Comparação dos teores inicial e final de condutividade elétrica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

247

248 Os dados obtidos a partir do compilamento das análises de variância (ANOVA),
249 avaliando os resultados em conjunto com o teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade,
250 seguem expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios das amostras de efluentes em relação aos sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE) e produção acumulada de biogás por massa de matéria seca (PG) nos três tratamentos, diluições 1:12; 1:16 e 1:20, após 63 dias de TRH

Diluição	ST	SV	OD	CE	PG	pH
	%	%	%	$dS.m^{-1}$	$L.kg^{-1}$ de massa seca	
1:12	5,83 a	79,08 a	0,48 a	7,20 a	344,30 b	5,25a
1:16	4,20 b	76,11 b	0,40 b	5,79 b	630,03 a	5,21a
1:20	4,01 b	75,48 b	0,44 ab	5,09 c	652,07 a	5,24a
CV (%)	14,289	0,852	7,866	1,144	10,397	
DMS	1,1285	1,1049	0,0589	0,1163	95,0362	

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para ST, as diluições em água apresentaram diferença significativa entre si. Os valores de ST na diluição 1:12 mostraram-se superiores aos das demais diluições, certamente devido à maior quantidade de material seco inicial presente na diluição. Os SV nas diluições 1:16 e 1:20 indicaram maiores níveis de degradação e diferiram estatisticamente em relação aos valores da diluição 1:12.

Observou-se que houve diferença significativa ao nível de 5% sobre a característica OD em função da diluição. Percebe-se que a diluição 1:12 e 1:20 não diferiram entre si, assim como as diluições 1:16 e 1:20, apresentando diferenças apenas entre as diluições 1:12 e 1:16.

Com respeito à CE, comparando as diluições de água em relação aos dejetos suínos secos, observou-se que houve diferenças significativas em todos os tratamentos. De acordo com os valores obtidos, pressupõem-se que os efluentes estabilizados produzidos a partir deste estudo (biofertilizante) podem ser aplicados e fornecer crescimento satisfatório para algumas espécies, conforme tolerância a salinidade apresentada em Maas e Hoffman (1977). Abreu et al. (2015), ao estudarem um processo de digestão com uma mistura de resíduos suínos e lácteos, obtiveram valores de CE entre 9,0 e 15,5 $mS.cm^{-1}$, resultados estes superiores aos obtidos neste trabalho, que compreenderam valores entre 5,0 e 7,2 $mS.cm^{-1}$.

Na avaliação do pH, observou-se que o mesmo não apresentou variação significativa de comportamento entre os tratamentos (Tabela 1). Os valores obtidos durante o

monitoramento da referida característica nos experimentos não diferiram entre si, cujos intervalos compreenderam entre 5.21 a 5.25, um meio ácido. Este resultado indica condições não tão favoráveis à produção de metano, isto é, são valores considerados limitantes para a geração de biogás.

Mesmo com as condições identificadas para os dados de pH, a produção acumulada de gás por unidade de matéria seca (PG) apresentou-se com diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que as diluições 1:16 e 1:20 destacaram-se com concentrações superiores às obtidas no tratamento 1:12. Estes valores são compatíveis com os resultados apresentados para SV, provando que o teor de degradação da matéria orgânica está diretamente correlacionado com a PG.

4 CONCLUSÕES

Um estudo foi conduzido em biorreatores de batelada para verificar a influência da diluição em água no processo de biodigestão anaeróbia de dejetos suínos em uma região semiárida brasileira. Os tratamentos apresentaram diferenças significativas, principalmente no que se refere às variáveis sólidos voláteis, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e produção acumulada de biogás por massa de matéria seca.

Por meio dos resultados, constatou-se a possibilidade de utilizar os materiais estabilizados nos tratamentos como adubo orgânico em algumas espécies de plantas. Deve-se, entretanto, atentar para os limites máximos de salinidade permitidos para uma dada espécie.

Revelou-se, por fim, que os processos conduzidos com as diluições de 1:16 e 1:20 apresentaram uma maior taxa de decomposição da matéria orgânica (menores teores de sólidos voláteis) e produziram mais biogás por massa de matéria seca do que àqueles realizados com a diluição de 1:12.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. L. S.; CANDEIA, R. A.; FARIAS, E. T. R.; GOMES, D. J. Estudo de caso: codigestão anaeróbica a partir da mistura de resíduos suínos e lácteos. In: *Anais CONEPETRO*, v. 1, nº 1, 2015, ISSN 2446-8339. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/ conepetro/anais.php. Acesso em 11 abr. 2017.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2016. In: *Carne Suína*. Disponível em: http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf. Acesso em Out de 2016.

AGARWALA, M.; ATHINSON, G.; BALDOCK, C.; GARDINER, B. *Natural capital accounting and climate change.* Nature Climate Change, v. 4, p. 520–522, 2014.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.

AUBURGER, S.; JACOBS, A.; MÄRLÄNDER, B.; BAHRS, E. *Omic optimization of feedstock mix for energy production with biogas technology in Germany with a special focus on sugar beets – Effects on greenhouse gas emissions and energy balances*. Renewable Energy, v. 89, p.1-11, 2016.

BRASIL. Lei n. 12.505 de 02 de agosto de 2010. *Política Nacional de Direcionamento Resíduos Sólidos* (PNDRS). 2.a Edição. [s.l: s.n.].

CHERUBINI, E.; ZANGHELINI, G. M.; ALVARENGA, R. A. F.; FRANCO, D.; SOARES, S. R. *Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems*. Journal of Cleaner Production, v.87, p. 68-77, 2015.

CIOTOLA, R., MARTIN, J., CASTANO, J., LEE, J., MICHEL, F. *Microbial community response to seasonal temperature variation in a small-scale anaerobic digester*. Energies, v. 6, p. 5182–5199, 2013.

COSTA, L. V. C. *Produção de Biogás Utilizando Cama de Frango Diluída em Água e em Biofertilizante de Dejetos de Suínos*. 2012. xiii, 75 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/101710>

DUARTE, K. L. S. *Interferências das Condições Ambientais e Operacionais nas Concentrações de Biogás em Biorreatores de Bancada com Resíduos Sólidos*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2014.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). *Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014*. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

FISCHER, D. T. A. H. V. B. J. D.-G. H. D. *Guia Prático do Biogás Geração e Utilização*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 5.ª Edição, 2010.

GARFÍ, M.; MARTÍ-HERRERO, J.; GARWOOD, A; FERRER, I. *Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 60, p. 599-614, 2016.

GUO, J.; DONG, R.; CLEMENS, J.; WEI, W. *Thermal modelling of the completely stirred anaerobic reactor treating pig manure at low range of mesophilic conditions*. Journal of environmental management, v. 127, p. 18–22, 30 set. 2013.

KINYUA, M. N.; ROWSE, L. E.; ERGAS, S. J. *Review of small-scale tubular anaerobic digesters treating livestock waste in the developing world*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 58, p. 896 – 910, 2016.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. DE. *Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil*. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 22, n. 3, p. 651–665, 2005.

LEITE, V. D.; POVINELLI, J. *Comportamento dos sólidos totais no processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 2, p. 229-232, 1999.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. *Crop salt tolerance-current assessment*. Journal of the Irrigation and Drainage Engineering, v. 103, p. 115-134, 1977.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. *Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola.* Bahia Agrícola, Salvador, v. 3, n. 3, p. 24-26, nov. 2006.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR, J. *Produção animal e meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido.* Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.2, 2011.

PRADO JR, F. A.; ATHAYDE, S.; MOSSA, J.; BOHLMAN, S.; LEITE, F.; OLIVER-SMITH, A. *How much is enough? An integrated examination of energy security, economic growth and climate change related to hydropower expansion in Brazil.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.53, p. 1132–1136, 2016.

SAEG. *Sistema para Análises Estatísticas*, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

TAMKIN, A.; MARTIN, J.; CASTANO, J.; CIOTOLA, R.; ROSENBLUM, J.; BISESI, M. *Impact of organic loading rates on the performance of variable temperature biodigesters.* Ecological Engineering, v. 78, p. 87–94, 2015.

VARGAS, R. E. S. *Relatório Anual ABIPECS*, Associação Brasileira de Proteína Animal, 2013.

ZHANG, W.; LANG, Q.; WU, S.; LI, W.; BAH, H.; DONG, R. *Anaerobic digestion characteristics of pig manures depending on various growth stages and initial substrate concentrations in a scaled pig farm in Southern China.* Bioresource technology, v. 156, p. 63–9, mar. 2014.

ZHONG, S; GENG, Y.; LIU, W.; GAO, C; CHEN, W. *A bibliometric review on natural resource accounting during 1995 e 2014.* Journal of Cleaner Production, v. 139, p. 122-132, 2016.