

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS**

JHENIFER ALINE BASTOS

**INFLUÊNCIA DA SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA-LÍQUIDA DE
DEJETO DE CODORNAS NA PRODUÇÃO DE METANO**

MEDIANEIRA

2019

JHENIFER ALINE BASTOS

INFLUÊNCIA DA SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA-LÍQUIDA DE DEJETO DE CODORNAS NA PRODUÇÃO DE METANO

Projeto de pesquisa apresentado como requisito parcial para avaliação da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira.

Aluno: Jhenifer Aline Bastos

Professor Orientador: Thiago Edwiges

MEDIANEIRA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva
do Biogás



TERMO DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DA SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA-LÍQUIDA DE DEJETO DE CODORNAS NA PRODUÇÃO DE METANO

Por

Jhenifer Aline Bastos

Esta monografia foi apresentada às 09:00 h do dia 4 de Maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr. Thiago Edwiges
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof Me. Felipe Souza Marques
CIBIOGAS – Foz do Iguaçu

Prof^a. ME. Alessandra Freddo
CIBIOGAS – Foz do Iguaçu

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

RESUMO

BASTOS, Jhenifer A. **Influência da separação da fração sólida-líquida de dejetos de codornas na produção de metano**. 2019. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

O uso de técnicas aplicadas ao manuseio de substratos animais permite a concentração de sólidos ou processos preliminares de separação da fração sólida e líquida. A decantação por gravidade é uma opção atraente para a separação por apresentar baixo custo e uso de tecnologias simples, podendo ser operado de forma contínua ou em batelada. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a diferença da produção de metano obtida pelas frações sólidas e líquidas de dejetos de codornas, utilizando o método de peneiramento e decantação por gravidade. As amostras foram coletadas em dois pontos de uma propriedade de produção de ovos de codornas localizada no leste de Santa Catarina, sendo o ponto de armazenamento de dejeções (dejetos brutos) e o efluente de lavagem dos locais de acondicionamento das aves, que é utilizado para a alimentação do biodigestor. A separação das fases sólida-líquida foi realizada utilizando uma peneira (furos < 2 mm) para a obtenção da fração sólida e o cone Imhoff para as frações líquidas (sobrenadante e decantado). A caracterização dos substratos foi realizada para obter o teor de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e pH. O Potencial Bioquímico de Metano (PBM) foi realizado em frascos de vidro com capacidade de 100 mL, sendo 50% do volume *headspeace*, conforme as condições estabelecidas pela norma alemã VDI 4630 (2006). A fração sobrenadante apresentou o maior valor de produção de metano com base no teor de sólidos voláteis ($422 \pm 3 \text{ L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg SV}^{-1}$) e a menor produção de metano com base no teor de matéria natural ($56 \text{ (L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1})$). Já o dejetos brutos ($214 \pm 18 \text{ L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1}$) foi 74% superior ao FS, apresentando a melhor eficiência de conversão da matéria biodegradável em metano.

Palavra-chaves: Biogás. Energia. Codorna

ABSTRACT

BASTOS, Jhenifer A. **Influence of quail manure solid-liquid fraction separation on methane production.** 2019. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

The use of techniques applied to the handling of animal substrates allows the concentration of solids or preliminary processes of separation of the solid and liquid fraction. Gravity decanting is an attractive option for separation because it presents low cost and use of simple technologies, being able to be operated continuously or in batch. However, the objective of this work was to evaluate the difference in methane production obtained by solid and liquid fractions of quails using the screening and gravity sedimentation method. Samples were collected at two points from a quail egg production site located in the eastern part of Santa Catarina State, where the storage point was the ejection point and the washing effluent from the poultry packing sites used to feed the biodigester. For the separation of the solid-liquid phases, a sieve (holes <2 mm) was used to obtain the solid fraction and the Hinhoff cone, for the liquid fractions (supernatant and decanted). The characterization was performed to obtain the total solids content (ST), volatile solids (SV) and pH. The Biochemical Methanogenic Potential (BMP) was carried out in glass flasks with a capacity of 100 mL, being 50% of the volume of the headspace, according to the conditions established by the standard VDI 4630 (2006). The supernatant fraction presented the highest value of methane production based on the volatile solids content ($422 \pm 3 \text{ L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg SV}^{-1}$) and the lower methane production based on the natural matter content ($56 \text{ (L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1})$), While the crude manure ($214 \pm 18 \text{ L}_N \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1}$) was 74% higher than SF, showing the best conversion efficiency of the biodegradable matter in methane.

Keywords: Biogas; Energy; Quail.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO INÓCULO E SUBSTRATO	8
2.2 SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA-LÍQUIDA DO SUBSTRATO	8
2.3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM).....	9
2.4 COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO INÓCULO E SUBSTRATO	11
3.2 POTENCIAL BIOQUÍMICO METANOGENICO (PBM).....	12
4 CONCLUSÕES.....	14
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

O uso de combustíveis de origem fóssil ainda representa uma significativa parcela das fontes primárias de energia. A necessidade de reduzir esta dependência e permitir maior flexibilização da matriz energética tem impulsionado a busca por fontes alternativas. No Brasil, o uso de biomassa representa 9% da matriz energética e fornece cerca de 14.000 MW para o sistema elétrico. Entre as fontes disponíveis, a produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais, animais e resíduos sólidos urbanos contribui apenas com 119 MW, o que representa menos de 1% da energia total produzida por todas as fontes de biomassa (ANEEL, 2017).

Estudos sobre o uso de dejetos de aves de postura para a produção de biogás tendem a ganhar espaço conforme o aumento da demanda por ovos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção brasileira de ovos de codorna chegou a 273,30 milhões de dúzias de ovos em 2016, sendo 28,6% inferior ao ano de 2015. A pesquisa ainda apontou que 876 municípios contribuem para a produção de ovos no país, no qual os maiores plantéis estão localizados nos estados do Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais.

A presença de nutrientes, em especial os carboidratos solúveis, em dejetos de aves de postura se tornam benéficos para o processo anaeróbio por ser de fácil degradação. Quando em maiores proporções em relação a carboidratos fibrosos, contribuem para o aumento da produção de biogás e metano garantindo o crescimento da biota microbológica (Orrico Junior *et al.*, 2010). De acordo com Aslanzadeh (2014), o substrato deve atender as exigências nutricionais dos microrganismos levando em consideração as fontes de energia e componentes vitais para a formação de novas células.

O uso da fração sólida de dejetos é uma estratégia para a produção de biogás/metano e contribui positivamente para o meio ambiente (Popovic *et al.*, 2012). O uso de técnicas aplicadas ao manuseio de substratos animais permite a concentração de sólidos por meio da co-digestão (Zhang *et al.*, 2015) ou processos preliminares de separação da fração sólida e líquida com separadores mecânicos ou telas (Deng *et al.*, 2012). Os melhores desempenhos para a separação das frações foram realizados com tecnologias comerciais, como prensas de parafuso, floculação

com polímeros, centrífugas de decantação e drenagem com separadores e filtros (Sommer *et al.*, 2015).

Entretanto, algumas dessas tecnologias podem ser economicamente inviáveis para algumas escalas de produção devido ao alto investimento em equipamentos (Amaral *et al.*, 2016). A decantação por gravidade é uma opção atraente para a separação por apresentar baixo custo e uso de tecnologias simples, podendo ser operado de forma contínua ou em batelada (Ford *et al.*, 2012). Estudos realizados em laboratório com dejetos contendo entre 2% e 4% de matéria seca, indicaram que para a decantação da matéria sólida foi necessária 1 hora. Para dejetos com 6% de matéria seca, estudos apresentaram 6 horas como tempo suficiente para o processo de decantação da matéria sólida (Hjorth *et al.*, 2010). Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da separação de fases de dejetos de codornas na produção de metano, utilizando o método de peneiramento e decantação por gravidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO INÓCULO E SUBSTRATO

O inóculo é composto por três diferentes tipos de digestatos: lodo de biodigestor suíno, lodo biodigestor bovino e dejetos bovinos na proporção 1:0,5:0,5 em base úmida, respectivamente. O processo de aclimação foi constituído de substrato ricos em proteínas, carboidratos, lipídios e resíduos lignocelulósicos, com o propósito de adaptar o inóculo a degradar componentes presentes nas amostras, em um período de 10 dias. A caracterização do inóculo foi determinada a partir de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e pH (Quadro 1).

Como substrato foi utilizado amostras de dejetos de codornas provenientes de uma unidade de produção de ovos, localizado no estado de Santa Catarina. A coleta foi realizada nos pontos de acondicionamento das aves (dejetos *in natura*) e do processo de lavagem das gaiolas, sendo armazenadas em sacos a vácuo e galões vedados, respectivamente, para os testes de Potencial Metanogênico Específico e para a caracterização físico-química (Quadro 1).

Quadro 1 – Metodologias para análises físico-químicas

Parâmetro	Referência
Sólidos totais	APHA (2005)
Sólidos voláteis	APHA (2005)
Demanda química de oxigênio	APHA (2005)
pH	APHA (2005)
Proteínas	FAO (2002)
Lipídeos	Cecchi (2002)
Carboidratos	FAO (2002)

Fonte: Autoria própria

2.2 SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA-LÍQUIDA DO SUBSTRATO

Para a etapa de separação da fração sólida e líquida foi realizada a diluição do efluente bruto na proporção 50:50 (v/v). O processo de separação foi baseado na metodologia descrita por Amaral *et al* (2016) sendo utilizado uma peneira (furos < 2 mm) para a coleta da fração sólida e um cone Imhoff para a separação da fase

líquida em sobrenadante e decantado. Esta última etapa foi realizada pelo método de decantação por gravidade com permanência estática em temperatura ambiente (25°C) por 2 horas. As frações foram coletadas, identificadas e armazenadas em frascos de vidro à 4°C até o momento da incubação (Quadro 2). Os valores de produção de metano encontrados para os substratos diluídos não foram multiplicados pela diluição (50:50 v/v) para não subestimar os valores no gráfico.

Quadro 2 – Identificação dos substratos

Substrato	Identificação
Dejeto bruto	DB
Efluente bruto	EB
Efluente diluído	ED
Fração peneirada	FP
Fração sobrenadante	FS
Fração decantada	FD

Fonte: Autoria própria

2.3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM)

O Potencial Metanogênico Específico (PME) foi realizado em frascos de vidro com capacidade de 100 mL, sendo 50% do volume *headspeacee*, conforme as condições estabelecidas pela norma VDI 4630 (2006) (Figura 1a). Os frascos permaneceram à 37°C em banho com água e o volume de biogás foi medido por meio de seringas de vidro de 100 mL (Figura 1b). O monitoramento do sistema foi realizado a partir do registro diário da produção de biogás e pressão atmosférica e mantido até que o incremento do volume diário de biogás seja inferior a 1% do volume acumulado (VDI 4630, 2006). Os volumes gerados de biogás serão expressos e $L_N \text{ kg SV}^{-1}$ e padronizados conforme as condições normais de temperatura e pressão.



Figura 1 – Frasco de vidro para teste de PME (a) e seringa para medição do biogás (b)

Fonte: Autoria própria

2.4 COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

A composição do biogás será determinada por cromatografia gasosa (ASTM D1945-14, 2014) em cromatógrafo (Perkin Elmer – Clarus 680) com Detector de Condutividade Térmica (TCD), coluna empacotada Plot Q, com 30 m de comprimento e diâmetro interno de 0,32 mm, utilizando hélio como gás de arraste com fluxo de 30 mL min^{-1} . A rampa de temperatura do forno foi programada para aumentar de 32 a $1.000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ com taxa de $200 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ e tempo de espera final de 2 minutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO INÓCULO E SUBSTRATO

O inóculo apresentou teor de ST de $2,3\pm 0,1\%$ e SV de $61,3\pm 0,1\%$. Valor próximo foi encontrado por Edwiges *et al.* (2017) ao utilizar uma amostra de inóculo com as mesmas características citadas no estudo, sendo ST de 3,2% e SV de 64,9%. Dentre os valores de ST apresentados foi observado que o dejetos bruto (DB) obteve o maior valor ($20,8 \pm 0,2\%$) e a fração sobrenadante (FS) obteve o menor valor ($1,6 \pm 0,0\%$). De acordo com norma VDI 4630 (2006), um substrato com teor de ST acima de 10% dificulta o processo de operação de bombas e equipamento, o que demanda a incorporação de um substrato líquido para a diluição dos sólidos (Tabela 1).

Os valores de pH foram superiores ao valor indicado para o processo de digestão anaeróbia (7,0 – 7,8) (Raposo *et al.*, 2011) para todos os substratos. De acordo com Mao *et al.* (2015), valores de pH acima de 8 indicam a formação de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio e amônia, o que pode estar relacionado ao alto teor de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) presente no DB (Tabela 1). A fração proteica (PT) e lipídica (LP) também foram superiores para o DB ($26,4\pm 0,2\%$ e $4,5\pm 0,0\%$, respectivamente), indicando a solubilização desses nutrientes no efluente bruto devido a higienização das gaiolas.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do inóculo e substratos

Substrato	ST (%)	SV (%ST)	pH	NTK (%)	PT (%SV)	LP (%SV)
Inóculo	$2,3\pm 0,1$	$61,3\pm 0,1$	8,6	ND	ND	ND
DB	$20,8\pm 0,2$	$69,6\pm 0,8$	9,0	$4,4\pm 0,1$	$26,4\pm 0,2$	$4,5\pm 0,0$
EB	$10,7\pm 0,3$	$71,1\pm 1,5$	8,2	$1,5\pm 0,1$	$7,2\pm 0,3$	$0,9\pm 0,2$
ED	$3,6\pm 0,1$	$77,3\pm 1,0$	8,4	ND	ND	ND
FP	$11,7\pm 0,2$	$82,1\pm 0,4$	8,4	ND	ND	ND
FS	$1,6\pm 0,0$	$71,6\pm 0,8$	7,9	ND	ND	ND
FD	$4,0\pm 0,0$	$73,8\pm 0,5$	8,4	ND	ND	ND

DB = dejetos bruto; EB = efluente bruto; ED = efluente decantado; FP = fração peneirada; FS = Fração Sobrenadante; FD = fração decantada; ST = sólidos totais; SV = sólidos voláteis; NTK = nitrogênio total Kjeldahl; PT = proteína; LP = lipídeos; ND = não determinado.

Fonte: Autoria própria

3.2 POTENCIAL BIOQUÍMICO METANOGENÉTICO (PBM)

As curvas da produção diária de metano se comportaram de forma semelhantes durante o estudo, exceto para os substratos da fração sobrenadante (FS) e decantada (FD) que apresentaram uma curva decrescente após o segundo dia. Entretanto, a FS obteve o maior valor no primeiro dia ($179 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$) e destacou-se pela diferença quando comparada aos demais, sendo 67% e 38% acima dos valores obtidos pela fração peneirada (FP) ($60 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$) e FD ($111 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$), respectivamente (Figura 2). A separação da fração sólida e líquida do efluente diluído, permitiu a solubilização dos compostos biodegradáveis em água e, conseqüentemente, a rápida conversão da matéria orgânica em metano.

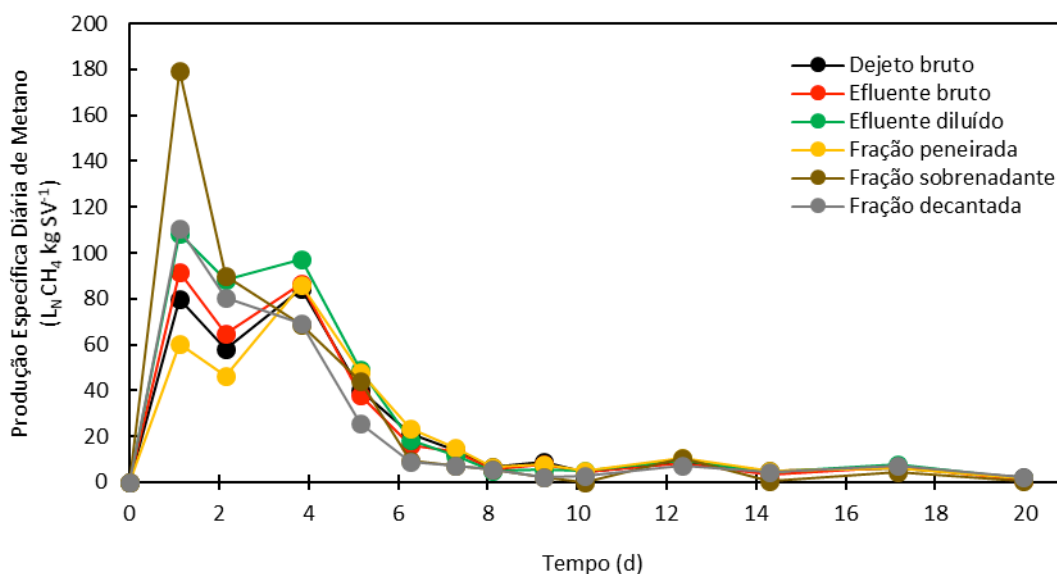


Figura 2 - Produção específica diária de metano

Fonte: Autoria própria

A produção acumulada de metano apresentou os maiores valores para os substratos fração sobrenadante ($422 \pm 3 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$) e efluente diluído ($411 \pm 5 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$). Apesar da primeira ser resultante do processo de separação de fases do efluente diluído a diferença entre eles foi de 3%, o que pode ser explicado pela presença de compostos solúveis e biodegradáveis nos dois substratos (Figura 3). Já os substratos efluente bruto ($347 \pm 7 \text{ L}_N \text{ CH}_4\text{kg SV}^{-1}$) e fração peneirada ($322 \pm 17 \text{ L}_N$

$\text{CH}_4\text{kg SV}^{-1}$) apresentaram uma diferença de 18% e 24%, respectivamente, quando comparado a fração sobrenadante (Figura 3).

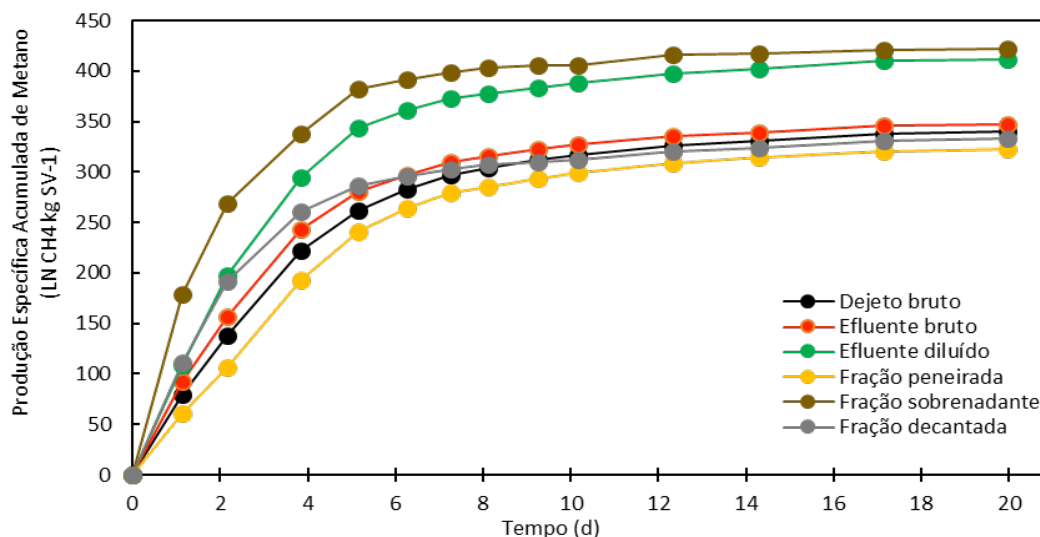


Figura 3 - Produção específica acumulada de metano

Fonte: Autoria própria

No entanto, a produção de metano com base no teor de matéria natural da fração sobrenadante não apresentou o maior valor quando comparado aos demais substratos, sendo necessário um quilograma de substrato para produzir 56 L_n de metano (CH_4). Em contrapartida, o substrato dejeito bruto obteve o maior valor ($214 \pm 18 L_n \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1}$) e foi 74% superior a fração sobrenadante, apresentando a melhor eficiência de conversão da matéria biodegradável em metano (Tabela 2).

Tabela 2 – Potencial Bioquímico Metanogênico (PBM)

Substrato	PBM ($L_n \text{ CH}_4 \text{ kg SV}^{-1}$)	PBM ($L_n \text{ CH}_4 \text{ kg MN}^{-1}$)	CH_4 seco (%)
Inóculo	$38 \pm 0,1$	1 ± 0	62 ± 0
DB	340 ± 15	214 ± 18	62 ± 0
EB	347 ± 7	117 ± 2	61 ± 0
ED	411 ± 5	56 ± 0	61 ± 0
FP	322 ± 17	136 ± 7	60 ± 0
FS	422 ± 3	29 ± 0	70 ± 0
FD	334 ± 5	48 ± 0	63 ± 0

DB = dejeito bruto; EB = efluente bruto; ED = efluente decantado; FP = fração peneirada; FS = fração Sobrenadante; FD = fração decantada; L_n = Litro normalizado; CH_4 = metano; Kg = quilograma; MN = matéria natural; PBM = potencial metanogênico específico.

Fonte: Autoria própria

4 CONCLUSÕES

A estratégia de separação das frações sólida-líquida de dejetos de codornas por meio da decantação por gravidade e peneiramento não apresentou eficiência na produção de metano. A maior produção, com base em matéria natural, foi obtida pelo dejetos bruto e foi em média 74% superior aos demais substratos. Entretanto, se faz necessário a adição de água ou algum substrato com alto teor de umidade para solubilizar os sólidos presentes no dejetos bruto e facilitar a operação de biodigestores.

REFERÊNCIAS

- ADEKUNLE, Kayode F., OKOLIE, Jude A. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 6, p. 205-212, 2015.
- Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Brasília: (2017).
- AGRESTE. Production of Poultry and Eggs in Poultry Production Survey in 2008. Ministry of Agriculture, **Food and Forestry**, 2010.
- AMARAL, André C., KUNZ, Airton, STEINMETZ, Ricardo L.R., CANTELLI, Fabio, SCUSSIATO, Lucas A., JUSTI, Karin C. Swine effluent treatment using anaerobic digestion at different loading rates. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 567 - 576, 2014.
- ASLANZADEH, S. **Pre-treatment of cellulosic waste and high-rate biogas production**. 2014. 168 f. Doctoral thesis Biotechnology, School of Engineering, University of Boras, Boras, 2014.
- Balanço Energético Nacional. 2016: Ano base 2015 / **Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- BRDE – BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. **Aves matrizes e poedeiras: descarte e aproveitamento econômico em Santa Catarina**. Florianópolis: BRDE, 2005. 28 p.
- COLDEBELLA, Anderson.; SOUZA, Samuel N. M.; FERRI, Priscilla; KOLLING, Evandro M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Projeto Saber**, Cascavel, n. 2. Vol. 12. 2008.
- DENG, Liangwei; CHEN, Ziai; YANG, Hao; ZHU, Juanyu; LIU, Yi; LONG, Yan; ZHENG, Dan. Biogas fermentation of swine slurry based on the separation of concentrated liquid and low content liquid. **Biomass & Bioenergy** v. 45, p. 187 - 194, 2012.
- EDWIGES, Thiago; FRARE, Laércio M.; MAYER, Bruna; LINS, Leonardo; MITRIOLO, Jin; FLOTATS, Xavier; DE MENDONÇA COSTA, Monica. S. S. Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. **Waste Management**, v. 71, p. 618–625, 2018.
- FORD, M., FLEMING, R. Mechanical Solid-liquid Separation of Livestock Manure e Literature Review. Ridgetown College - University of Guelph, 2012.
- MAO, Chunlan; FENG, Yongzhong; WANG, Xiaojiao; REN, Guangxin. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 540–555, 2015.

ORRICO, Ana C.A. JUNIOR, Jorge. L.; ORRICO JUNIOR, Marco A.P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.639-647, 2007.

POPOVIC, Olga., JENSEN, Lars S. Storage temperature effects distribution of carbon, VFA, ammonia, phosphorus, copper and zinc in raw pig slurry and its separated liquid fraction. **Water Res.** V. 36, p. 3849-3858, 2012.

RAPOSO, Francisco.; RUBIA, Maria A.; FERNANDEZ-CEGRÍ, Victoria; BORJA, Rafael. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, ed. 16, p. 861-877, 2011.

SOMMER, S.G., HJORTH, M., LEAHY, J.J., ZHU, K., CHRISTEL, W., SORENSEN, C.G., SUTARYO. Pig slurry characteristic, nutrient balance, and biogas production as affected by separation and acidification. **Jornal of Agricultural Science**. V. 153, p. 177-191, 2015.

VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 4630**: Fermentation of organic materials Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Düsseldorf, 2006.

ZHANG, Tong; MAO, Chunlan; ZHAI, Ningning; WANG, Xiaojiao; YANG, Gaihe. Influence of initial pH on thermophilic anaerobic co-digestion of swine manure and maize stalk. **Waste Management**. v. 35, p. 119 - 126, 2015.