

RELATÓRIO TÉCNICO:
**“UTILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO DE USINA DE COMPOSTAGEM PARA
APROVEITAMENTO DO BIOGÁS”**

Glauber Machado Soares
Maria Socorro Duarte da Silva Couto
Warde Antonieta da Fonseca Zang

Goiânia-GO
2018

ÍNDICE

1 APRESENTAÇÃO.....	3
2 INTRODUÇÃO	4
3 METODOLOGIA E EQUAÇÕES UTILIZADAS	7
3.1 Escolha do Biodigestor	7
3.2 Estimativa da Produção de Biogás	8
3.3 Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica	8
4 ESTUDO APLICADO	10
5 CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

1 APRESENTAÇÃO

Este relatório técnico apresenta os resultados encontrados no estudo aplicado em uma usina de compostagem de cama de aviário com o intuito de verificar a possibilidade de geração de biogás e aproveitamento do mesmo para gerar energia elétrica no local. Trata-se de um produto da dissertação desenvolvida pelo aluno Glauber Machado Soares do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia, sob a orientação da Professora Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto e coorientação da Professora Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang.

O objetivo do relatório é apresentar um método simplificado para analisar o potencial de geração de energia elétrica por meio do aproveitamento energético do biogás oriundo da biodigestão da cama de aviário.

Para melhor compreensão, este manual é organizado em capítulos individuais. Na “Introdução” é apresentado o conteúdo teórico necessário para o entendimento do método apresentado. Em “Metodologia e Equações Utilizadas” são apresentadas as etapas e as equações matemáticas utilizadas. O tópico de “Estudo de Caso” apresenta os dados obtidos utilizando informações disponibilizadas por uma usina de compostagem localizada no estado de Goiás.

2 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como intuito apresentar um método para estimar o potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento energético do biogás oriundo da biodigestão da cama de aviário produzida durante a estadia dos frangos de corte nas granjas.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango, tendo, em 2016, produzido 12,9 milhões de toneladas de carne de frango, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que produziram 18,6 milhões. Além disto, ocupa o primeiro lugar no *ranking* mundial de exportação de carne de frango desde 2010 (ABPA, 2017).

No setor agropecuário, as granjas de frango de corte são responsáveis por gerarem a denominada biomassa de origem animal, a qual é a junção da cama de aviário com a água de lavagem. A cama de aviário é composta por material que é utilizado no alojamento de frangos de corte para absorver a umidade e evitar contato direto dos mesmos com o piso. Está recebe excreções, restos de ração e pena, fazendo com que se torne um resíduo com alta concentração de nutrientes que deve ser destinado de forma correta (AVILA e MAZZUCO, 1992).

É importante conhecer a origem do material para que se tenha garantia que o mesmo é livre de fungos, seco, com boa absorção e que possa ser utilizado como fertilizante após seu uso (AGROCERES, 2016).

A composição, a quantidade e as características da cama de frango variam de acordo com o material, densidade, duração do ciclo, número de lotes criados, tempo de armazenagem, além de técnicas de manejo das aves, fatores ambientais e fisiológicos. Tais variações influenciam no processo de biodigestão anaeróbia e na qualidade do biogás e do biofertilizante (TESSARO *et al.*, 2015).

Os biodigestores utilizados para realizar a biodigestão anaeróbica são classificados pela forma que o mesmo é abastecido, que pode ser contínuo, quando a alimentação é realizada frequentemente, semicontínuo, quando a mesma ocorre de forma periodicamente, ou a batelada, quando o mesmo é alimentado apenas uma vez e o processo é realizado por completo. O modelo de abastecimento semicontínuo é indicado para resíduos com decomposição lenta e conseqüentemente longo processo de produção de biogás, como no caso de palha

ou forragem misturada a dejetos de animais (MARQUES, 2012; KARLSSON *et al.*, 2014).

Para escolher e dimensionar o biodigestor de forma precisa é necessário conhecer as características do resíduo, bem como a vazão/volume que será despejado no mesmo e o tempo de retenção que este deve permanecer no biodigestor (BLEY JR., 2015).

As principais tecnologias de biodigestores anaeróbicos, quando se tem como objetivo gerar biogás, são os modelos chinês, indiano e o canadense, ambos podem ser utilizados no meio rural. Porém, o modelo chinês e modelo indiano podem ser empregados apenas quando a alimentação do mesmo é contínua ou semicontínua, e com sólidos totais não superiores a 8% (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Mesmo quando a disposição da cama de aviário é realizada de forma correta, por meio da biodigestão anaeróbica é possível utiliza como fonte de geração de biogás, minimizando odores e também diminuindo o custo com a compra de energia elétrica e de combustíveis (MONTAGNA, 2017).

Quando se trata do aproveitamento energético do biogás proveniente da biodigestão de resíduos podem-se citar as seguintes vantagens: geração distribuída, evitando investimentos em linhas de transmissão por parte da concessionária; autoprodução de energia elétrica, economizando na fatura; agregação de valor aos resíduos antes descartados; receitas adicionais com créditos de carbono referentes à energia elétrica não consumida da rede; possibilidade de comercialização do excedente da energia elétrica gerada; e melhora dos aspectos ambientais, pois reduz significativamente os impactos ambientais da fonte poluidora (COSTA *et al.*, 2016, PINTO, 2018).

De acordo com Catarino, González e Oliveira (2009), os gastos com energia elétrica na avicultura podem chegar a até 60% do custo da empresa a biodigestão da cama de aviário é considerada como uma ótima alternativa, que além de tratar o resíduo, pode gerar energia elétrica e térmica, bem como o biometano por meio do biogás, e amortizar parte deste custo.

Com o intuito de analisar método apresentado foi realizado um estudo aplicado para obter o potencial de produção de biogás e de energia elétrica em uma empresa de compostagem de cama de aviário localizada no estado de Goiás. Foram selecionadas características como: modelo de biodigestor, volume de cama de

aviário coletada por ano pela empresa e a potência dos geradores utilizados para a geração de energia elétrica.

É importante ressaltar que o método descrito pode ser utilizado para quaisquer empresas que trabalham com a cama de aviário, desde granjas até as usinas de compostagem. Trata-se de um método que busca apresentar ao investidor a potência de produção de biogás, o qual pode ser utilizado para gerar energia elétrica. Por se tratar de um resíduo com grande potencial energético se enquadra como fonte alternativa de geração de energia, levando em consideração a sustentabilidade e o meio ambiente.

3 METODOLOGIA E EQUAÇÕES UTILIZADAS

3.1 Escolha do Biodigestor

Para estimar o potencial de produção de biogás é de suma importância levar em consideração que a produção do resíduo da avicultura é sazonal. Além disso, deve-se ressaltar que o modelo a ser utilizado depende do resíduo que será despejado no mesmo, o qual está relacionado com a espécie de animal e como estes são criados. Neste contexto, escolher o biodigestor adequado para o resíduo que será tratado é o ponto principal para a instalação do mesmo (FUKAYAMA, 2008).

Como oferta da cama de aviário não é diária, ou seja, este resíduo é produzido em intervalos de tempo devido ao modo de produção. De acordo com Ferrarez *et al.* (2011) a cama de aviário é disponibilizada após o ciclo de criação de frango que varia entre 42 e 45 dias.

Desta forma, o biodigestor mais indicado para tratar a cama de aviário é o biodigestor de modelo canadense com alimentação semicontínua. As principais características deste modelo é aceitar resíduos com alto teor de sólidos, baixa umidade e partículas com tamanhos maiores (BARBOZA, 2014). Esse modelo de biodigestor é utilizado em regiões quentes, pois a temperatura ambiente ajuda manter a temperatura no biodigestor auxiliando o processo de digestão anaeróbia (NISHIMURA, 2009).

A alimentação semicontínua permite que o biogás seja produzido de forma contínua, além de possibilitar ajustes periódicos na carga orgânica de alimentação. Devido ao baixo teor de umidade da cama de aviário, é necessário a adição de água com o intuito de diminuir o teor de sólidos e a diluição do conteúdo.

O biodigestor deve ser dimensionado de acordo com o volume de cama de frango que será despejada no mesmo, e o tempo de retenção hidráulica. Tais valores dependem da periodicidade de abastecimento do biodigestor que está diretamente ligado com a retirada do mesmo do alojamento no qual está disposto (MONTAGNA, 2017).

De acordo com Paula Junior (2014) adota-se, usualmente no Brasil, TRH entre 40 e 50 dias de retenção hidráulica, tempo este necessário para que todo o

processo de biodigestão seja realizado. O TRH, que pode variar de semanas a meses, pode ser reduzido com a instalação de sistemas de agitação, aquecimento e adição de inóculo.

3.2 Estimativa da Produção de Biogás

Para encontrar a capacidade de produção de biogás para a empresa A¹ é necessário levar em consideração o percentual de umidade da cama de aviário *in natura* e de matéria seca, e o volume de cama de aviário coletado pela empresa por ano. Por meio desses dados é possível encontrar a quantidade total de matéria seca utilizando a equação 1 (FERRAREZ *et al.*, 2011).

$$MS_{CF} = \% MS \cdot QT_{CF} \quad (1)$$

Em que, MS_{CF} é a quantidade de matéria seca da cama de aviário produzida por ano (kg/ano), $\%MS$ é o percentual de matéria seca que compõe a cama de aviário, e QT_{CF} é a quantidade total de cama de aviário produzida por ano (kg/ano).

Adotou-se que é gerado 0,54 m³ de biogás para cada kg de matéria seca (FERRAREZ *et al.*, 2011). Com base nos dados calculados é possível estimar o potencial de geração de biogás proveniente da biodigestão do resíduo em análise utilizando a equação 2.

$$CPB = 0,54 \text{ m}^3 \cdot MS_{CF} \quad (2)$$

Em que, CPB é a capacidade de produção de biogás por meio da biodigestão da cama de aviário que a Empresa A recebe por ano.

3.3 Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica

Considerou-se como a tecnologia de geração de energia elétrica o Grupo Motor Gerador (GMG) de Ciclo Otto devido aos seguintes fatores: eficiência elevada para geração de energia elétrica, baixo custo de manutenção, arranque rápido,

¹ Utilizou-se a letra A para nomear a empresa e manter o anonimato da mesma.

trabalho em rotações relativamente baixas e pequeno tamanho o que facilita a manutenção (COSTA, *et al.*, 2016).

Conhecendo a eficiência do GMG é o Poder Calorífico Inferior (PCI) do biogás pode-se obter a potência elétrica disponível por ano por meio da equação 3 (CHERNICHARO, 2016).

$$PE = (CPB \cdot PCI_{biogás} \cdot \eta_{GMG}) / 8.640 \quad (3)$$

Em que, $PCI_{biogás}$ é o poder calorífico inferior do biogás (kWh/m³); η_{GMG} é a eficiência da tecnologia (%), e a constante 8.640 representa o número de horas em 1 ano, considerando que o GMG irá funcionar durante todo o ano, 24 horas por dia.

A partir da potência elétrica disponível pode-se determinar a geração anual de energia elétrica por meio da equação 4.

$$EE = PE \cdot N_H \quad (4)$$

Em que, EE é a energia elétrica gerada (kWh/ano); e N_H é o número de horas de funcionamento dos geradores no ano.

4 ESTUDO APLICADO

O estudo aplicado foi realizado na empresa A localizada no Estado de Goiás. A mesma atua no ramo de produção de adubos e fertilizantes e tem como um de seus produtos de venda a cama de aviário. Fundada em 2006 a empresa tem ganhado destaque na área de extração, beneficiamento e comercialização do resíduo com origem avícola objetivando a fertilização. Sua missão é fornecer produtos e serviços que contribuam para a prática sustentável.

De acordo com essa empresa, até no final de 2017 foram atendidos mais de 300 clientes, os quais estão localizados, na grande maioria, no Estado de Goiás. A empresa A contribuiu para realização deste trabalho fornecendo dados sobre quantidade de cama de aviário na usina de compostagem, por ano, entre os anos de 2015 e 2017, bem como qual a composição química da mesma. A cama de aviário da empresa A é composta, em sua maioria, por casca de arroz.

É importante conhecer a relação mínima entre carbono (C)/ nitrogênio (N) para que exista um equilíbrio, pois quando em desequilíbrio pode afetar o tempo de decomposição. Nota-se então que esta relação é importante para controlar os sistemas de tratamento biológico, bem como melhorar o desempenho do processo de digestão anaeróbia, e conseqüentemente aumentar o rendimento da produção de biogás (FERRAREZ *et al.*, 2011).

A tabela 1 apresenta a composição química da cama de aviário da empresa A.

Tabela 1 - Composição da cama de aviário da empresa A.

Componente	Volume
Nitrogênio (N)	33 g/kg
Pentóxido de Difósico (P ₂ O ₅)	84 g/kg
Óxido de Potássio (K ₂ O)	38 g/kg
Cálcio (Ca)	42 g/kg
Magnésio (Mg)	7,1 g/kg
Enxofre (S)	2,2 g/kg

Cobre (Cu)	390 mg/kg
Ferro (Fe)	2200 mg/kg
Manganês (Mn)	590 mg/kg
Zinco (Zn)	500 mg/kg
Molibdênio (Mo)	20 mg/kg
Cobalto (Co)	30 mg/kg
Boro (B)	60 mg/kg
Matéria Orgânica (MO)	580 g/kg
Umidade	240 g/kg
Material Mineral	180 g/kg
Ph	6,98
Relação Carbono (C)/ Nitrogênio (N)	13,4
Matéria Orgânica Seca	76 (%)

Fonte: Dados fornecidos pela empresa A.

Nota-se na tabela 1 que a relação C/N é de 13,4, a qual é considerada como baixa e pode resultar em alta liberação de nitrogênio, porém por se tratar de um resíduo biodegradável é possível utilizar o mesmo para o processo de biodigestão anaeróbia.

Conforme apresentado na tabela 1 o percentual de matéria seca que compõe a cama de aviário é de 76%, valor este que será utilizado para determinar a quantidade de matéria seca da cama de aviário produzida por ano (kg/ano) utilizando a equação 1.

A figura 1 apresenta, em cinza, a quantidade de cama de aviário, em kg/ano, comercializada pela empresa entre os anos de 2015 e 2017. Já em preto tem-se a matéria seca que compõe a cama de aviário, em kg/ano.

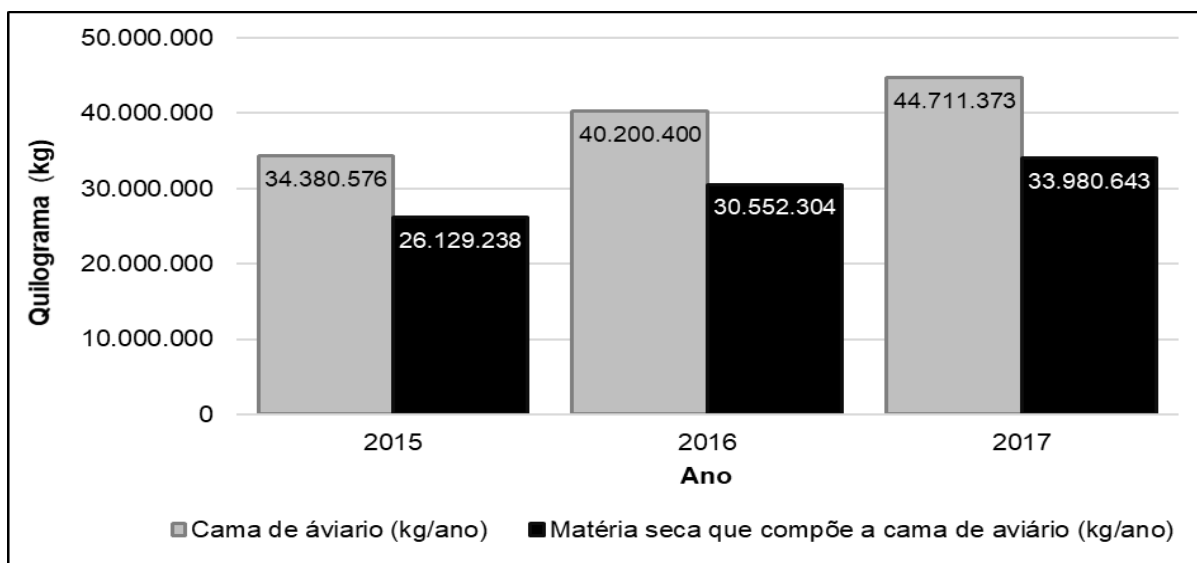


Figura 1 - Cama de aviário e matéria seca que compõe a cama de aviário.

Fonte: Dados fornecidos pela empresa A e calculados pelos autores.

É possível observar na Figura 1 que o volume de cama de aviário na empresa A aumenta anualmente. Sendo que, de 2015 para 2016 ocorreu um aumento de 17% do volume, já de 2016 para 2017 observou-se um aumento de 11%. Mesmo sendo menor que no ano anterior ainda se mostrou crescente. Conseqüentemente, o volume de matéria seca que compõe a cama de aviário também apresentou crescimento.

Com base na matéria seca que compõe a cama de aviário, a figura 2 apresenta o potencial de produção de biogás, por ano, que poderia ter sido aproveitado na Empresa A. Sendo que, entre os anos de 2015 e 2017 a empresa poderia ter gerado um volume total de 48.050.958 m³ de biogás, considerando a biodigestão da matéria seca que compõe a cama de aviário. Tal dado foi obtido por meio da equação 2.

Com base nos dados de 2017 da quantidade de cama de aviário e da capacidade de produção de biogás, tem-se que cada quilo de cama de aviário gera em torno de 0,40 m³ biogás. Já quando se considera a matéria seca que compõe a cama de aviário, cada quilo pode gerar aproximadamente 0,53 m³ biogás.

Tessaro *et al.* (2015) realizou um ensaio e encontrou 0,643 m³ de biogás para cada quilo de biomassa de cama de frango. Já Ferrarez *et al.* (2011) encontrou que cada quilo de matéria seca pode gerar 0,54 m³. A diferença entre os valores ocorre devido à composição da cama de frango.

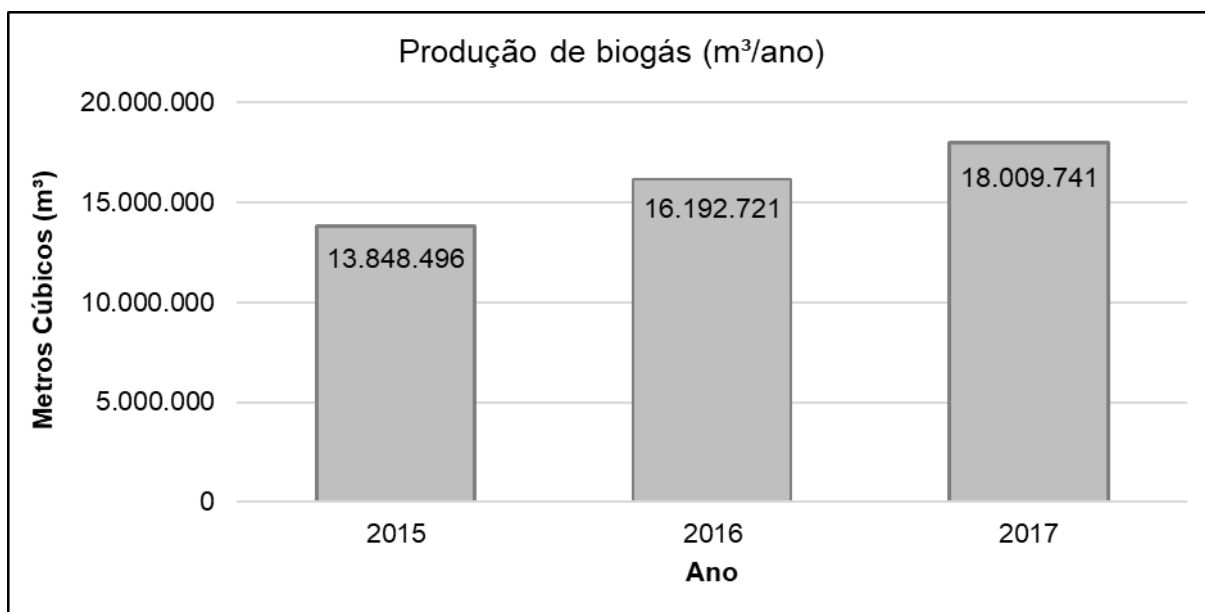


Figura 2 - Capacidade de produção de biogás na empresa A.

Fonte: Dados calculados pelos autores.

Quando realizada a média mensal no ano de 2017, tem-se que poderiam ser gerados 1.500.812 m³ de biogás. Porém, é necessário a realização de um estudo de viabilidade econômica, pois trata-se de um grande de volume de biomassa necessitando, conseqüentemente, de um biodigestor que comporte, o que pode inviabilizar a utilização de toda a cama de aviário.

Como o consumo de energia elétrica neste setor é elevado, por estar presente em todas as fases da criação das aves, este insumo é considerado como fator limitante na produção avícola, pois podem determinar diminuição ou aumento no lucro do produtor.

Utilizando o biogás proveniente da biodigestão da cama de aviário é possível aumentar os lucros por meio da redução dos custos com a compra de energia elétrica da concessionária, ou seja, utilizando o biogás para gerar energia elétrica no local.

Para estimar o potencial de geração de energia elétrica é necessário conhecer o poder calorífico inferior do biogás e a eficiência da tecnologia utilizada na conversão de biogás em energia elétrica.

Adotou-se o PCI_{biogás} igual 5,9697 kWh/m³, eficiência do GMG igual a 35%, e que será gerada energia elétrica 22 horas por dia, ou seja, 7.920 horas de funcionamento por ano, considerando o tempo de manutenção anualmente, pode-se determinar a geração anual de energia elétrica por meio da equação 4.

Nota-se na figura 3 que se utilizada toda a cama de aviário para gerar energia elétrica tem-se um potencial atraente para a empresa A. Tal energia pode ser aproveitada na empresa minimizando os custos, pois nas primeiras semanas da criação das aves é necessário o aquecimento dos pintos, ou seja, o produtor necessita de energia e esta pode ser com gerada a partir do biogás gerado do próprio resíduo reduzindo desta forma os gastos com insumos e tornando a produção de frango de corte sustentável.

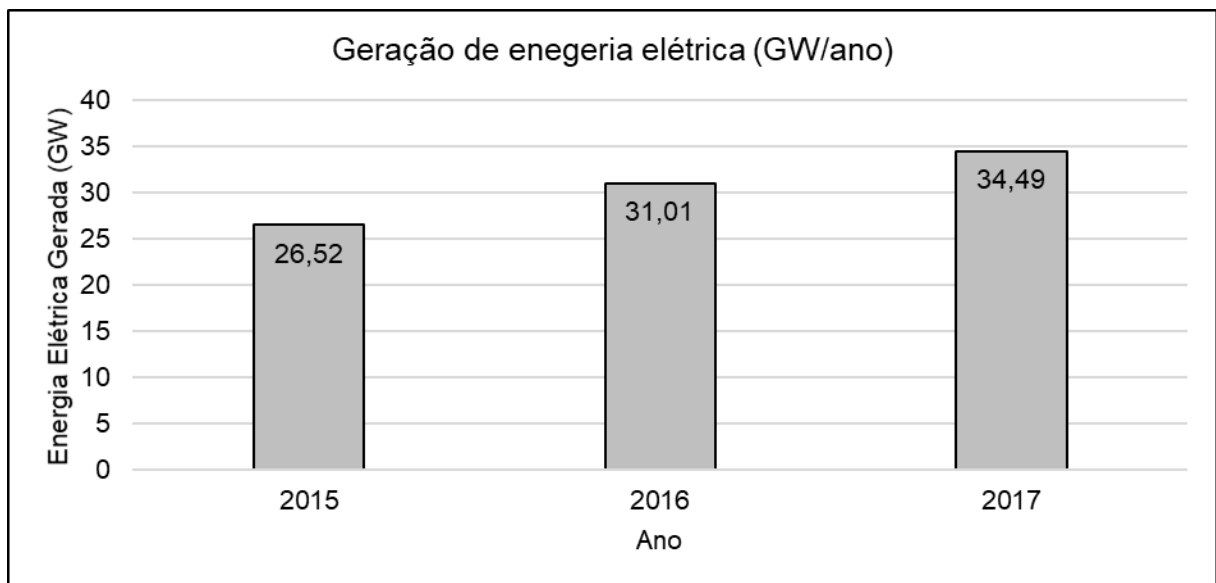


Figura 3 - Capacidade de geração de energia elétrica na empresa A.

Fonte: Dados calculados pelos autores.

5 CONCLUSÕES

A avicultura é considerada como uma atividade com alto consumo de energia, mas paralelamente produz um resíduo com elevado potencial energético, a cama de frango. Com o aumento da produção de frango de corte, a produção de cama de aviário tende a crescer o que aumenta a necessidade de encontrar maneiras eficientes de tratar tal resíduo, e se possível agregar valor ao mesmo.

A cama de aviário pode ser convertida em energia por meio queima direta ou através do processo de biodigestão anaeróbia, o qual foi abordado neste relatório. A biodigestão anaeróbica minimiza os impactos ambientais, como a contaminação das águas e solos próximos a granja, além de evitar a emissão de metano para a atmosfera contribuindo para a mitigação do efeito estufa.

Além dos benefícios ambientais é possível citar também os benefícios econômicos. Tem-se a econômica com a compra de energia elétrica, pois a mesma pode ser gerada utilizando o biogás, e, além disso, pode gerar receitas com a venda do excedente para a concessionária. Pode-se citar também a venda do biofertilizante obtido no processo de biodigestão anaeróbica.

Para o estudo realizado na empresa A encontrou-se um elevado potencial de produção de biogás, quando destinada toda a cama de aviário para o tratamento anaeróbico, o qual se mostrou bastante atrativo com valores em torno de 0,53 m³ de biogás por quilo de matéria seca que compõe a cama de aviário.

O potencial de geração de energia elétrica, considerando a cama de aviário coletada no ano de 2017, chega a 18.009.741 m³ de biogás, em torno de 1.500.812 m³ de biogás por mês. Quando utilizado todo o montante de biogás produzido é possível gerar em torno de 34,49 GW de energia elétrica, aproximadamente 2,87 GW por mês.

Assim, conclui-se que a biodigestão anaeróbia da cama de aviário apresenta três benefícios simultâneos, ou seja, tratamento do resíduo de forma correta, atendimento da demanda energética da empresa, e a utilização do material biodegradado como biofertilizante. Além disso, a energia gerada e o biofertilizante podem ainda ser comercializados, aumentando as receitas da empresa.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Relatório Anual. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf>. Acesso em: 16 janeiro 2018.
- AGROCERES. Manejo da Cama do Aviário: Como, Quando e Por quê. **Agroceres Multimix**, 2016. Disponível em: <<http://www.agroceresmultimix.com.br/Painel/uploads/11072016095005.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.
- AVILA, V. S. D.; MAZZUCO, H. . F. E. A. P. D. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. EMBRAPA-CNPISA, Circular Técnica número 16. Concórdia, p. 38. 1992.
- AVISITE. Estatísticas e Preços. **Avisite - O Portal da Avicultura na Internet**, 2018. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=estatisticaseprecos&acao=producaopintos>>. Acesso em: 01 maio 2018.
- BARBOZA, R. **Análise do potencial energético da cama de frango através da quantificação do metano pelo método da atividade metanogênica específica**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Engenharia Ambiental. Universidade tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 41. 2014.
- BLEY JR., C. **Biogás: A Energia Invisível**. 2. ed. Foz do Iguaçu: ITAIPU Bionacional, 2015.
- CATARINO, R. P.; GONZÁLEZ, A. P. N.; OLIVEIRA, L. R. P. Otimização da Produção de Metano na Biodigestão da Cama de Frango. **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais**, Florianópolis, p. 213-217, março 2009.
- COSTA, A. N.; MEDEIROS, G. P.; PACHECO, W. C.; ALVES, A. J.; PINHEIRO NETO, D.; DOMINGUES, E. G. Investment Risk Analysis in the Use of Landfill Biogas for Electricity Generation. **International Conference on Renewable Energies and Power Quality**, Madrid, Maio 2016.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Procedimentos do 4º Encontro de Energia no Meio Rural**, Campinas, 2002.
- FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A. F.; COSTA, J. M.; APARISI, F. R. S. Potencial de geração de energia térmica e elétrica a partir do biogás na cadeia produtiva de frango de corte. **VI Encontro Nacional e IV Encontro**

Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitória, 7 a 9 setembro 2011.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 2008.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual básico de biogás**. 1. ed. Lajeado: Ed. da Univates, 2014.

MARQUES, C. A. **Microgeração de energia elétrica em uma propriedade rural utilizando biogás como fonte primária de energia elétrica**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 81. 2012.

MONTAGNA, T. B. **Levantamento e análise de técnicas para disposição e tratamento de dejetos de suínos e de aves em estabelecimentos rurais familiares**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Francisco Beltrão, p. 157. 2017.

NEITZKE, G. **Geração Elétrica Distribuída a partir da gaseificação de peletes de cama de aviário**. Dissertação de mestrado em Ciências mecânicas, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília. Brasília, p. 80. 2010.

NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granjas de suínos: implementação de aplicativo computacional**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, p. 100. 2009.

PAULA JUNIOR, S. E. M. D. **Avaliação das Alternativas de Disposição Final do Resíduo da Produção de Frango de Corte: Cama de Frango**. UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA. Rio de Janeiro, p. 100. 2014.

PINTO, L. S. **Análise de risco do aproveitamento energético do biogás proveniente da vinhaça de agroindústrias sucroenergéticas para geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Goiânia. 2018.

TESSARO, A. B.; TESSARO, A. A.; CANTÃO, M. P.; MENDES, M. A. Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná e utilizada como substrato para a produção de biogás. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 8, n. 2, p. 357-377, mai./ago. 2015.