

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Glauber Machado Soares

**ESTUDO APLICADO EM USINA DE COMPOSTAGEM DE CAMA DE AVIÁRIO NO
ESTADO DE GOIÁS PARA VERIFICAR APROVEITAMENTO DE TECNOLOGIA
DE BIOGÁS**

Goiânia-GO
2018



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

Glauber Machado Soares

**ESTUDO APLICADO EM USINA DE COMPOSTAGEM DE CAMA DE AVIÁRIO NO
ESTADO DE GOIÁS PARA VERIFICAR APROVEITAMENTO DE TECNOLOGIA
DE BIOGÁS**

**Goiânia-GO
2018**



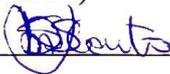
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Glauber Machado Soares

**“ESTUDO *IN LOCO* EM UMA USINA DE COMPOSTAGEM DE CAMA
DE AVIÁRIO LOCALIZADA NO ESTADO DE GOIÁS COM O INTUITO
DE VERIFICAR A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA A
PRODUÇÃO DE BIOGÁS”**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG
(PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de
Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa:
Tecnologia de Redução e Gerenciamento de
Resíduos.

Prof(a). Dr(a). MARIA SOCORRO DUARTE DA SILVA COUTO (presidente e orientadora – IFGOIANO / PPGTPS)

Assinatura 

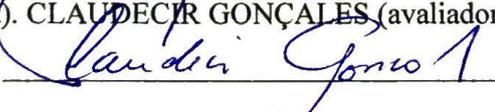
Prof(a). Dr(a). WARDE ANTONIETA DA FONSECA-ZANG (coorientadora – IFG / PPGTPS)

Assinatura 

Prof(a). Dr(a). LUCAS NONATO DE OLIVEIRA (avaliador IFG / PPGTPS)

Assinatura 

Prof(a). Dr(a). CLAUDECIR GONÇALES (avaliador externo – IFGOIANO)

Assinatura 

Prof(a). Dr(a). CARLOS SHILEY DOMICIANO (suplente – IFG)

Assinatura _____

Aprovado em: 28/08/2018

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: **Glauber Machado Soares**

Matrícula: **20152011140141**

Título do Trabalho: **ESTUDO IN LOCO EM UMA USINA DE COMPOSTAGEM DE CAMA DE AVIÁRIO LOCALIZADA NO ESTADO DE GOIÁS COM O INTUITO DE VERIFICAR A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: ____/____/____

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 03 / 08 / 2013.
Local Data

Glauber Machado Soares
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Glauber Machado Soares

**ESTUDO APLICADO EM USINA DE COMPOSTAGEM DE CAMA DE AVIÁRIO NO
ESTADO DE GOIÁS PARA VERIFICAR APROVEITAMENTO DE TECNOLOGIA
DE BIOGÁS**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Tecnologia de Redução e Gerenciamento de Resíduos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang.

Goiânia-GO
2018

So11e Soares, Glauber Machado.

Estudo aplicado em uma usina de compostagem de cama de aviário no estado de Goiás para verificar aproveitamento de tecnologia de biogás / Glauber Machado Soares. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2018.
55 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.
Orientadora: Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Biogás – cama de aviário. 2. Biomassa. 3. Biodigestão anaeróbica. I. Couto, Maria Socorro Duarte da Silva (orientadora). II. Zang, Warde Antonieta da Fonseca (coorientadora). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 665.776

EPÍGRAFE

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo
está vendo e pensar uma coisa diferente”.

Roger Von Oech

DEDICATÓRIA

*Às minhas professoras do primário: Alcione, Terezinha, Carolina, Lucy e Waydeck.
Exemplos de dedicação e amor a profissão.*

AGRADECIMENTOS

Começo, como não poderia ser diferente, por agradecer a Deus, pela fé que me mantém vivo e fiel à vida honesta.

A minha família, de modo geral, que souberam entender a minha ausência em muitos momentos.

A minha Orientadora Professora Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto, para a qual não tenho palavras que consigam descrever o quão agradecido sou. Obrigado pela amizade, apoio, incentivo, paciência, por toda sabedoria transmitida e pela presteza que a senhora sempre teve. Saiba que sempre a terei como uma referência pessoal e profissional.

A minha coorientadora Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang, por esclarecer todas as dúvidas que surgiram durante a elaboração do trabalho, pelo tempo que disponibilizou para me auxiliar e principalmente por toda a compreensão.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS - IFG) pelo esforço, dedicação e conhecimento transmitido durante o curso preparando me para o futuro da profissão. Agradeço também aos colegas de mestrado pelas experiências transmitidas.

Aos membros da banca, pelas considerações e esclarecimentos.

TÍTULO: Estudo aplicado em usina de compostagem de cama de aviário no estado de Goiás para verificar aproveitamento de tecnologia de biogás.

AUTOR: Glauber Machado Soares.

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.

COORDINADORA: Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang.

RESUMO

A crescente demanda energética, a crise no setor juntamente com a possibilidade de escassez de algumas fontes de energia faz com que aumente a procura por fontes alternativas de geração de energia elétrica e térmica. A produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica de diferentes fontes de biomassa possibilita a geração de biogás, o qual pode ser utilizado para geração de energia elétrica e térmica, e quando purificado como combustível. Além de diminuir os custos da empresa, o tratamento deste resíduo minimiza odores e o efluente pode ser utilizado como biofertilizantes. Dentre os resíduos agropecuários tem-se a cama de aviário utilizada nas granjas de frango de corte, está tem como objetivo evitar o contato da ave diretamente com o piso, servindo como base para a absorção de água, redução da variação da temperatura do galpão e também para a incorporação de fezes e penas. Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da cama de aviário para a produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica. Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa, a qual foi realizada com base em pesquisa documental e de campo. São apresentadas informações sobre os tipos de biomassa existentes, os sistemas de biodigestão anaeróbicos empregados para o tratamento dos resíduos e geração do biogás, as características do biogás, e dados sobre a avicultura no Brasil com o intuito de expor o grande potencial deste resíduo. Para finalizar é realizado um estudo de caso para analisar o potencial energético da cama de aviário na produção de biogás em uma usina de compostagem localizada no Estado de Goiás. Foram coletados dados sobre a composição da cama de frango e o volume que foi tratado na empresa entre os anos de 2015 e 2017. Foi possível observar que houve aumento de cama de aviário quando comparado com o ano anterior, o que, conseqüentemente, indica a possibilidade crescente de produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica da cama de aviário, a qual, com base no ano de 2017, poderia gerar um total de 18.009.741 m³ de biogás, em torno de 0,53m³ de biogás por quilo de matéria seca que compõe a cama de aviário.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa. Resíduo Sólido. Cama de Aviário. Biogás.

TITLE: Study applied to broiler litter composting plant in the state of Goiás to check biogas technology use.

AUTHOR: Glauber Machado Soares.

ADVISER: Prof^a. Dra. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.

CO-ADVISER: Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang.

ABSTRACT

Increasing energy demand, the crisis in the sector coupled with the possibility of a shortage of some energy sources, increases the demand for alternative sources of electric and thermal energy generation. The production of biogas through the anaerobic biodigestion of different biomass sources allows the generation of biogas, which can be used for electric and thermal energy generation, and when purified as fuel. In addition to reducing company costs, the treatment of this residue minimizes odors and the effluent can be used as biofertilizers. Among the agricultural residues is the broiler litter used in the chicken farms, it is aimed at avoiding the contact of the bird directly with the floor, serving as a basis for the absorption of water, reduction of the temperature variation of the shed and also for the incorporation of feces and feathers. In this context, this research aims to present a review of the literature on the use of litter bed for the production of biogas by means of anaerobic biodigestion. This is a descriptive research with a qualitative approach, which was carried out based on documentary and field research. Information on existing types of biomass, anaerobic biodigestion systems used for waste treatment and biogas generation, biogas characteristics, and data on poultry farming in Brazil are presented with the purpose of exposing the great potential of this residue. To conclude, a case study is carried out to analyze the energy potential of avian litter in the production of biogas in a composting plant located in the State of Goiás. Data were collected on the composition of the broiler litter and the volume that was treated in the company between 2015 and 2017. It was possible to observe that there was an increase in poultry litter when compared to the previous year, which consequently indicates the increasing possibility of biogas production through the anaerobic biodigestion of the broiler litter, which, based on the year 2017, could generate a total of 18,009,741 m³ of biogas, around 0.53m³ of biogas per kilo of dry matter that makes up the broiler litter.

KEYWORDS: Biomass. Solid Waste. Broiler Litter. Biogas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das usinas de geração de energia no Brasil.	38
Figura 2 - Fontes de biomassa.....	39
Figura 3 - Percentual de usinas de origem de biomassa classificada por fontes.	41
Figura 4 - Esquema representativo do biodigestor modelo indiano.....	46
Figura 5 - Esquema representativo do biodigestor modelo chinês.....	47
Figura 6 – Esquema representativo do biodigestor canadense.....	48
Figura 7 - Dados de produção de frango de corte por estado.	52
Figura 8 – Fluxograma do biogás gerado da cama de aviário e as possíveis utilizações do mesmo.	54
Figura 9 - Cama de aviário e matéria seca que compõe a cama de aviário.....	62
Figura 10 - Capacidade de produção de biogás na empresa A.	63
Figura 11 - Capacidade de geração de energia elétrica na empresa A.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição média do biogás.	42
Tabela 2 - Inibidores e sua concentração tóxica em processos de biodigestão anaeróbica.....	45
Tabela 3 - Produção de pintos de corte entre 2014 e 2017 (Milhões de Cabeças)...	49
Tabela 4 - Composição da cama de aviário da empresa A.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOGÁS	- Associação Brasileira de Biogás e Biometano
ABPA	- Associação Brasileira de Proteína Animal
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
AVISITE	- Portal da Avicultura na Internet
CIBIOGÁS	- Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás
FBDS	- Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
GEE	- Gases de Efeito Estufa
GNV	- Gás Natural Veicular
IFG	- Instituto Federal de Goiás
MADRP	- Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
MME	- Ministério de Minas e Energia
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
SENAI	- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UBABEF	- União Brasileira de Avicultura

LISTA DE SÍMBOLOS

Compostos Químicos / Elementos Químicos

HAc	-	Ácidos graxos voláteis
H ₂ O	-	Água
Cu	-	Cobre
Cr	-	Crômio
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
O ₂	-	Dioxigênio
H ₂	-	Hidrogênio
CH ₄	-	Metano
N ou N ₂	-	Nitrogênio
NH ₄ ⁺	-	Nitrogênio amoniacal
H ₂ S	-	Sulfeto de hidrogênio
Zn	-	Zinco

Unidades / Símbolos

cm	-	Centímetros
l	-	Litros
m ³	-	Metros cúbicos
kg	-	Quilograma
kW	-	Quilowatt
MW	-	Megawatt
GW	-	Gigawatt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	31
1.1. Objetivo Geral.....	34
1.2. Objetivos Específicos	34
1.3. Estrutura do Trabalho.....	35
2. ESTADO DA ARTE	37
2.1. Matriz Energética do Brasil.....	37
2.2. Biomassa.....	39
2.3. Biogás	41
2.4. Biodigestores.....	43
2.5. Avicultura Industrial no Brasil	48
2.5.1. Resíduos Da Produção De Aviários.....	50
2.5.2. Utilização da Cama de Aviário	52
3. METODOLOGIA	57
3.1. Tipo de Pesquisa.....	57
3.2. Coleta de Dados.....	57
3.3. Escolha do biodigestor	58
3.4. Estimativa da Produção de Biogás.....	59
3.5. Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS.....	69

1. INTRODUÇÃO

A energia em suas variadas formas, luminosa, mecânica, térmica, nuclear, química e elétrica, desempenha um papel importante no mundo moderno, e se faz presente em praticamente todas as atividades realizadas pelo homem, além de estar intimamente ligada ao desenvolvimento da sociedade e de suas tecnologias.

Porém, a crescente demanda energética, a crise no setor juntamente com a possibilidade de escassez de algumas fontes de energia faz com que aumente a procura por fontes alternativas de geração de energia elétrica e térmica, sendo essas com maior eficiência e menor emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com Reis (2011), as fontes de geração de energia elétrica são classificadas em renováveis e não renováveis. Aquelas denominadas como fontes renováveis são caracterizadas por serem repostas pela natureza de forma mais rápida e contínua, como é o caso da energia eólica, solar, maremotriz, hidrelétrica e a proveniente da biomassa. Já as não renováveis são aquelas suscetíveis ao esgotamento por não serem restauradas rapidamente, como é o caso da energia proveniente dos derivados de petróleo e os combustíveis radioativos.

A matriz de produção de energia elétrica que compõe o sistema elétrico brasileiro é composta por 63,8% proveniente de hidrelétricas, 27,2% proveniente de usinas térmicas (gás, carvão, petróleo, nuclear e biomassa), 0,8% de solar e 8,2% de eólica (ANEEL, 2018).

Os dados coletados junto a Agência Nacional de Energia Elétrica indicam a dependência do Brasil em relação à geração de energia através de hidrelétricas (ANEEL, 2018). Embora a hidrelétrica seja considerada como fonte renovável de energia, nos últimos anos tem-se presenciado a graves crises hídricas em diversas regiões do Brasil, o que afeta diretamente a maior fonte de energia elétrica brasileira.

A produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica de diferentes fontes de biomassa, como os resíduos sólidos urbanos, esgotos e lodos sanitários, resíduos agropecuários, industriais e agroindustriais, vem sendo amplamente pesquisado (PECORA, 2006; COSTA, *et al.*, 2016; PROBIOGÁS, 2017; PINTO, 2018). Pois, este pode ser utilizado tanto para geração de energia elétrica e térmica, como também, após passar pelo processo de purificação, no lugar do gás natural,

minimizando os resíduos e contribui para a diversificação da matriz energética, como também aumentando a eficiência do uso da energia e recursos.

Quando se trata dos geradores de resíduos do setor agropecuário é possível citar as granjas de frango de corte. Essas são responsáveis por gerarem a denominada biomassa de origem animal, a qual é composta por cama de aviário e água de lavagem. Embora a disposição desses resíduos seja realizada de forma correta, por meio da biodigestão anaeróbica é possível que esses se tornem também fontes de geração de biogás, minimizando odores e também diminuindo o custo com a compra de energia elétrica e combustíveis (MONTAGNA, 2017).

Já existem algumas usinas que produzem o biogás utilizando resíduos de granjas, como é o caso da Granja Haacke, localizada em Santa Helena – PR. A mesma despeja em torno de 100 m³ de efluente líquido por dia em um biodigestor, o qual produz 1.000 m³ de biogás/dia, este montante quando purificado se torna 700 m³ de biometano que é utilizado como biocombustível para automóveis da granja e do Parque Tecnológico Itaipu (SENAI, 2016).

Além do efluente líquido gerado, que já é utilizado por algumas granjas para gerar o biogás, tem-se o resíduo sólido denominado como cama de aviário. Este resíduo é composto 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 torne-se um resíduo com alta concentração de nutrientes que deve ser destinado de forma correta (AVILA e MAZZUCO, 1992).

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).

Pode-se inferir que essa vasta produção de aves gera uma enorme quantidade de resíduos que se tratados de maneira inadequada podem gerar, por exemplo, problemas de saneamento. Assim, utilizá-los para produção de biogás traria inúmeros benefícios, tanto para o meio ambiente, quanto para a empresa.

A biodigestão anaeróbica é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio e gera como produto final o biogás e um efluente que pode ser utilizado como biofertilizante. Tal processo é realizado por microrganismos que convertem a matéria orgânica numa mistura de metano, dióxido de carbono e pequenas quantidades de hidrogênio, nitrogênio e sulfeto de hidrogênio (PROBIOGÁS, 2010).

Barboza (2014) realiza um estudo laboratorial com dados de um condomínio avícola da comunidade do Rio Claro na cidade de Campo Mourão com o intuito de quantificar a produção de metano da cama de frango. O autor concluiu que a produção de metano foi maior em reatores com maior concentração de cama de frango, chegando a produzir em média 0,17 m³ de gás metano por grama de biomassa. Com base nos dados coletados *in loco*, o mesmo concluiu que pode ser produzido em torno de 321.852 m³ de biogás, que quando utilizados para gerar energia elétrica, pode chegar a 402.315 kW/ano.

Tessaro *et al.* (2015) desenvolveram uma pesquisa com o intuito de avaliar o potencial energético da cama de aviário, de alojamentos da região Sudoeste do Paraná, para produzir biogás. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, a biomassa de cama de aviário é uma alternativa viável na produção de biogás, capaz de substituir os combustíveis tradicionais e a energia elétrica consumida nas propriedades avícolas da região Sudoeste do Paraná.

É possível realizar o pré-tratamento de fermentação da cama de aviário no processo de biodigestão. Dornelas (2016) buscou avaliar e comparar o potencial de produção de biogás e geração de energia utilizando cama de aviário composta por casca de arroz sem o pré-tratamento por fermentação com tratamento citado. A autora observou que a fermentação do resíduo antes do processo de biodigestão faz com que parte do material orgânico que seria enviado seja estabilizado e como consequência o total de biogás produzido é reduzido. A mesma conclui que por meio da biodigestão da cama de aviário o produtor gera energia a baixo custo, destina de forma adequada o resíduo da granja, contribui ambientalmente incentivando um modelo de produção sustentável.

De acordo com Marchioro (2017) a digestão em estado sólido de cama de frango com recirculação é um processo que vem sendo estudado nos últimos anos. Tem como principais características a robustez, o baixo consumo de água e consequentemente a baixa produção de digestato líquido.

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.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica e exploratória sobre a matriz energética brasileira, os tipos de biomassa existentes, as características do biogás, os sistemas de biodigestão anaeróbicos empregados para o tratamento dos resíduos e geração do biogás, e algumas informações sobre a avicultura no Brasil. Por fim, apresenta uma análise do potencial de utilização da cama de aviário para a produção de biogás de uma empresa localizada no Estado de Goiás.

O biogás pode ser utilizado para gerar energia elétrica e térmica, e o biometano. 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.

1.1. Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da cama de aviário para a produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica e um estudo *in loco* em uma usina de compostagem de cama de aviário localizada no Estado de Goiás com o intuito de verificar a aplicação de tecnologia para produção de biogás por meio da biodigestão de tal resíduo.

1.2. Objetivos Específicos

- Apresentar, por meio da revisão da literatura, as tecnologias utilizadas para conversão de biomassa em biogás;
- Averiguar os parâmetros que influenciam na produção da cama de aviário;
- Expor dados a respeito da criação de aviários de corte em âmbito nacional;

- Estimar a produtividade de cama de aviário na criação de aves;
- Analisar a praticabilidade da produção de biogás proveniente da biomassa de cama de aviário em uma empresa localizada no Estado de Goiás.

1.3. Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está dividida em dois capítulos, além da introdução apresentada e as considerações finais. O Capítulo - 2 contempla a revisão da bibliografia sobre o tema da pesquisa, a qual será utilizada como base para o desenvolvimento do capítulo 3. Neste capítulo são apresentados alguns dados sobre a matriz energética brasileira; os tipos de biomassa existentes; as características do biogás; os sistemas de biodigestão anaeróbicos empregados para o tratamento dos resíduos e geração do biogás; dados sobre a avicultura no Brasil.

O Capítulo – 3 apresenta a metodologia utilizada para elaborar o estudo, é apresentado o tipo de pesquisa, como os dados foram coletados e o método utilizado para estimar a produção de biogás com base na cama de aviário de uma determinada empresa.

O Capítulo – 4 é composto pelos resultados de um estudo *in loco* em uma usina de compostagem de cama de aviário localizada no Estado de Goiás com o intuito de verificar a aplicação de tecnologia para produção de biogás por meio da biodigestão de tal resíduo. Inicialmente, apresenta-se os dados históricos da avicultura no Brasil, e os dados da empresa.

Por fim, tem-se as considerações finais, onde são expostas algumas discussões sobre os resultados.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Matriz Energética do Brasil

Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), o uso da energia elétrica no Brasil começou a apresentar crescimento elevado após o fim da II Guerra Mundial, devido ao grande crescimento demográfico, juntamente com processo de industrialização e urbanização e também pela construção da infraestrutura de transporte rodoviário.

Dentre as opções para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, têm-se, indispensavelmente, o maior uso de fontes energéticas renováveis e aumento da eficiência energética. Porém, trata-se de opções que ainda enfrentam restrições técnicas e econômicas se pensadas em larga escala, mas que podem apresentar grandes oportunidades (FBDS, 2012).

A eficiência energética é o requerimento de uma menor quantidade de energia para a geração da mesma quantidade de iluminação, aquecimento, transporte ou outros serviços que dependam da energia. Desta forma, maior eficiência energética representa para o país, redução da escassez de energia, limita o impacto da alta de preços, diminui a dependência de importações e reduz a poluição gerada na produção de energia (REPORT OF THE NATIONAL ENERGY POLICY DEVELOPMENT GROUP, 2001).

Atualmente, no Brasil predominam as fontes renováveis de geração de energia elétrica, fazendo com que o sistema elétrico brasileiro possua a matriz energética mais renovável do mundo industrializado. É devido às transformações no setor que tem incentivado crescimento e diversificação da matriz, sendo que “as fontes renováveis representaram 81,7% da capacidade instalada de geração de energia elétrica brasileira em março de 2018 (Hidráulica + Biomassa + Eólica + Solar)” (MME, 2018, p. 18).

Atualmente o Brasil possui 6.734 empreendimentos em operação, os quais totalizando 158.956.762 kW de potência instalada, sendo a grande maioria de origem hídrica. Além desse potencial, estão previstos para os próximos anos 580

novos empreendimentos, desses 200 já estão em construção, e juntos acrescentaram 17.045.878 kW na capacidade de geração do país (ANEEL, 2018).

A Figura 1 apresenta o mapa de distribuição das usinas de geração de energia elétrica no Brasil. Ressalta-se que, mesmo apresentando clima propício para geração de energia elétrica solar, nota-se que a mesma ainda apresenta poucas unidades, isso pode ser justificado devido ao alto custo de implantação.

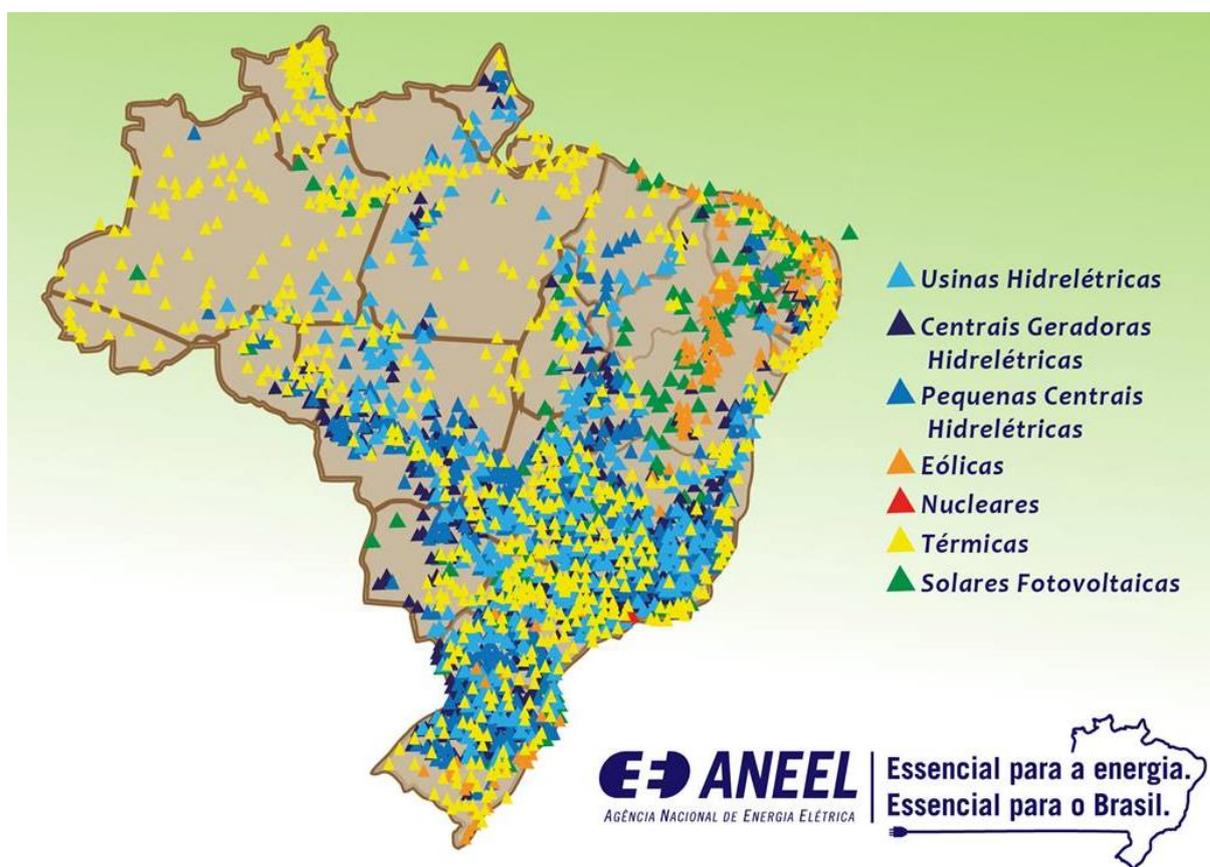


Figura 1 - Localização das usinas de geração de energia no Brasil.

Fonte: ANEEL, 2016.

Nota-se na Figura 1 que as maiores geradoras de energia elétrica são as hidrelétricas e as térmicas, as quais se concentram principalmente na região sudeste do país. Observa-se que as usinas eólicas estão concentradas no nordeste do Brasil, por se tratar de uma região com vento constante durante todo o ano, já o norte do país é composto, em sua maioria, por usinas térmicas, devido ao relevo e a utilização dos rios para navegação.

2.2. Biomassa

A biomassa é considerada como uma fonte energética renovável utilizada para a geração, por meio da biodigestão anaeróbica, de biogás, o qual pode ser utilizado para gerar eletricidade, calor ou combustível (MADRP, 2005). A Figura 2 apresenta um esquema com as possíveis fontes de origem da biomassa.

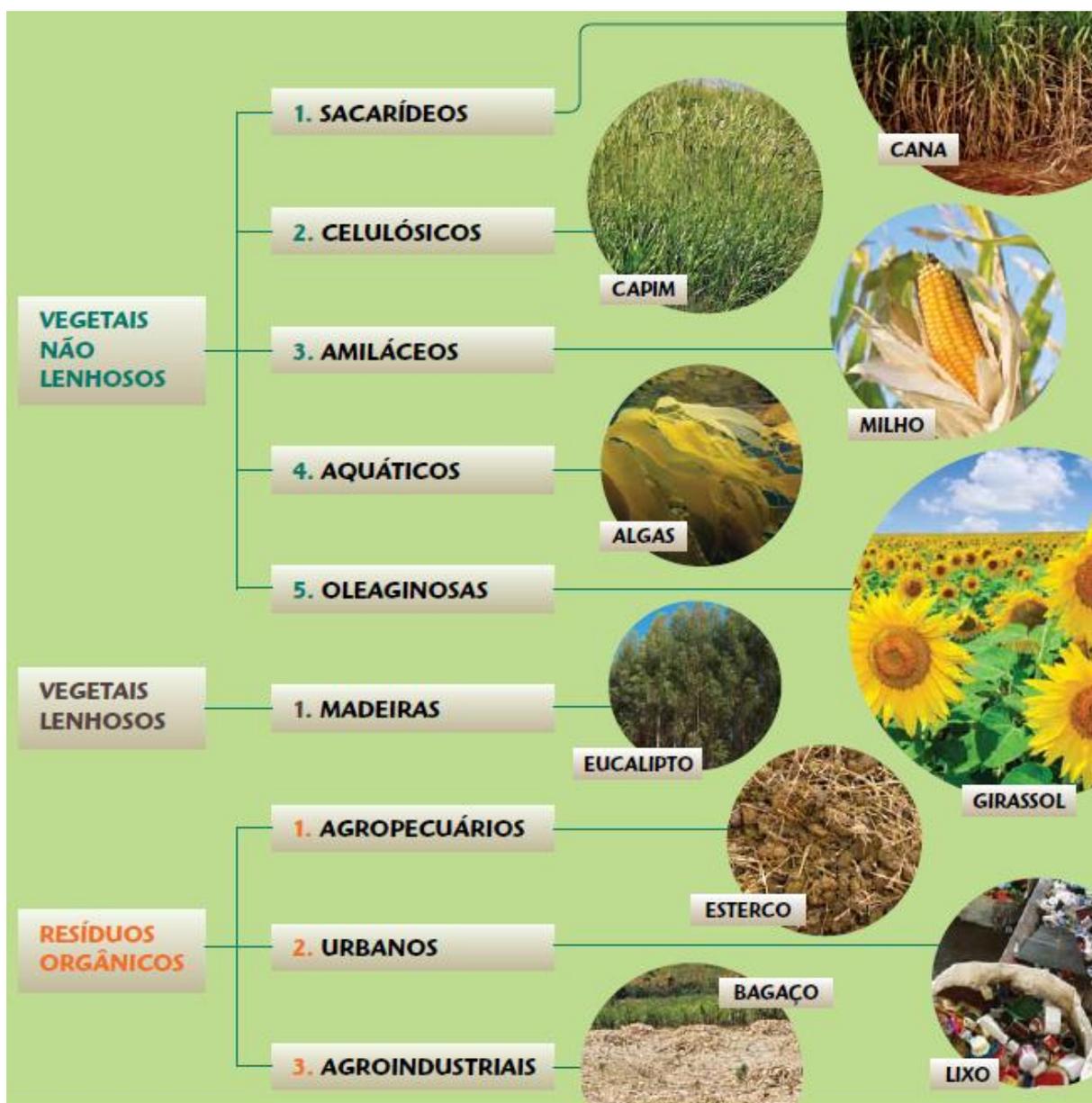


Figura 2 - Fontes de biomassa.

Fonte: Angelieri e Milko, 2013, p. 19.

Conforme apresentado na Figura 2, a biomassa pode ter como origem vegetais lenhosos e não lenhosos, resíduos orgânicos e biofluidos, desta forma, resíduos agrícolas, industriais, madeiras, óleos vegetais entre outros podem ser utilizados como biomassa e conseqüentemente uma fonte energética.

A diversificação da matriz energética brasileira com base nas diferentes fontes de biomassa tende a proporcionar benefícios para o país, e principalmente para o meio ambiente (REIS, 2011).

Os combustíveis oriundos da biomassa tratam-se de importantes oportunidades para substituição dos combustíveis convencionais, tanto para gerar energia elétrica e térmica, quanto para biometano, ou seja, tanto como combustível, quando para a geração de eletricidade, diversificando ainda mais as fontes existentes atualmente (BLEY JR., 2015).

Quando se trata da utilização de biomassa para gerar biogás, ou para a queima direta para produzir energia elétrica, os números ainda são pequenos quando comparados com o potencial hidráulico. De acordo com a ANEEL (2018), a energia de origem da biomassa é dividida por fontes, sendo elas classificadas da seguinte forma:

- Agroindustriais: bagaço de cana de açúcar, biogás, capim elefante e casca de arroz;
- Biocombustíveis líquidos: etanol e óleos vegetais;
- Floresta: carvão vegetal; gás de alto forno (biomassa); lenha; licor negro e resíduos florestais;
- Resíduos animais: biogás;
- Resíduos sólidos urbanos: biogás e carvão.

Para melhor compreensão sobre o percentual de cada uma das fontes provenientes de biomassa citadas no sistema elétrico brasileiro tem-se a Figura 3, a qual é baseada no somatório do número de usinas e a capacidade instalada das mesmas. Sendo que o etanol e os óleos vegetais estão em primeiro lugar, sendo o primeiro empregado em larga escala nos automóveis (ANEEL, 2018).

Quando comparada a combustíveis fósseis a biomassa apresenta como vantagem a baixa quantidade de elementos tóxicos e emissões de Gases do Efeito Estufa neutras (GEE).

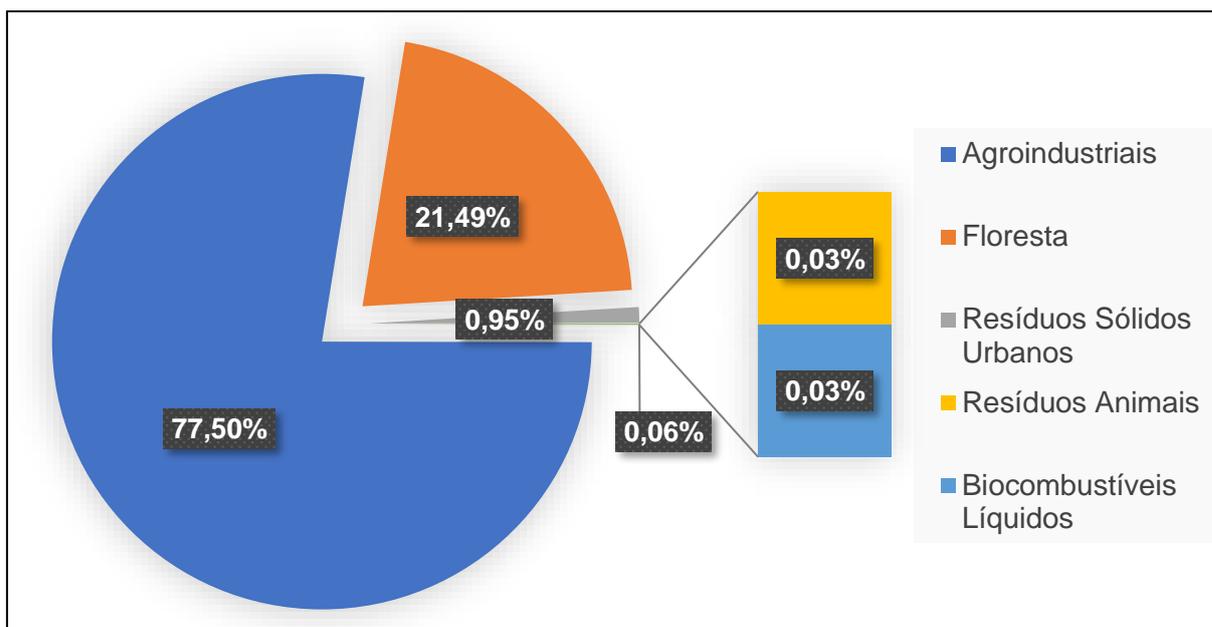


Figura 3 - Percentual de usinas de origem de biomassa classificada por fontes.
Fonte: ANEEL, 2018.

2.3. Biogás

O biogás é uma mistura gasosa originada por meio de um processo biológico no qual a matéria orgânica é decomposta por microrganismos em meio anaeróbio, ou seja, na ausência do oxigênio. É um processo recorrente na natureza ocorrendo, por exemplo, em pântanos, esterqueiras e fundos de lagos (PROBIOGÁS, 2010)

Roya *et al.* (2011) destacam que:

A obtenção do biogás é feita obedecendo a critérios de fermentação, temperatura, umidade, acidez e com a ausência de oxigênio. A forma natural do biogás é conseguida pela ação de micro-organismos bacteriológicos sobre o acúmulo de materiais orgânicos (Biomassa) como lixo doméstico, resíduos industriais vegetais, esterco de animais, entre outros. E a forma artificial é dada pelo uso de um reator químico-biológico chamado de Biodigestor Anaeróbico (ROYA *et al.*, 2011, p. 143).

Conforme apresentado o biogás pode ser obtido de diversas fontes de biomassa. Dentre elas, é possível citar a cama de aviário, biomassa analisada na presente pesquisa.

Após o processo de purificação do biogás, no qual remove-se a umidade, o dióxido de carbono e o sulfeto do hidrogênio obtêm-se o biometano, o qual possui alto poder calorífico e pode substituir o gás natural veicular (ABILOGÁS, 2015)

De acordo com Royá *et al.* (2011), o biogás é considerado um biocombustível, pois trata-se de uma fonte de energia renovável, podendo ser concebido artificial ou naturalmente. Sua composição é semelhante à do gás natural, constituído basicamente por dióxido de carbono (CO₂) e gás metano (CH₄), conforme apresentado na Tabela 1.

Como apresentado na Tabela 1, o biogás possui em sua composição mais de 50% de gás metano, o que requer cuidados na sua produção para que não se agrave os problemas com o efeito estufa.

Tabela 1 - Composição média do biogás.

Componente	% Volume
Metano (CH ₄)	50 – 75
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25 – 45
Água (H ₂ O)	2 – 7
Oxigênio (O ₂)	< 2
Nitrogênio (N ₂)	< 2
Hidrogênio (H ₂)	< 1

Fonte: Probiogás, 2010, p. 29.

De com o Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBIOGÁS, 2018), a produção do biogás apresenta as seguintes vantagens econômicas, ambientais e sociais:

- O empresário poderá utilizar energia elétrica ou térmica gerada pelo biogás para o abastecimento interno de sua empresa, diminuindo de forma significativa o consumo de lenha ou eletricidade;
- O empresário poderá receber créditos ao injetar energia elétrica na rede;

- Possibilidade de geração de biometano, biocombustível que pode ser usado em veículos convertidos a GNV (Gás Natural Veicular), diminuindo o consumo de diesel ou gasolina;
- O efluente proveniente da transformação do biogás, considerado como biofertilizante, pode ser aproveitado ou vendido;
- Com o aumento da produção agroindustrial, gera-se receita e arrecadação para o país;
- Diminui a contaminação do solo, lençóis freáticos, rios, açudes e o solo.
- Atenua o lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera, como o metano e dióxido de carbono produzidos pela decomposição dos resíduos;
- Evita odores desagradáveis e a proliferação de doenças causadas por moscas atraídas por esse material;
- Possibilita a geração descentralizada de energia elétrica próxima aos centros de carga.

Em função da quantidade presente de metano o potencial energético do biogás pode variar, sendo maior quando maior for a quantidade de metano. Se tem origem nos aterros a proporção é em média de 50%, se produzido em reatores anaeróbios de efluentes a concentração média eleva-se, chegando a 65%. Porém, quando comparado ao gás natural apresenta menor poder calorífico, já que este apresenta de 85 a 95% de metano (COELHO, 2001).

2.4. Biodigestores

A biodigestão anaeróbica pode ser reproduzida por meio de biodigestores. Equipamento este composto, na maioria dos casos, por uma câmara fechada composta por uma entrada para o substrato a ser fermentado, material orgânico com carga elevada de diferentes fontes, e duas saídas, sendo uma para o gás (biogás gerado no processo) e outra para o efluente produzido, que pode ser utilizado como biofertilizantes devido sua a carga de nutrientes agrícolas, como nitrogênio, fósforo e potássio (BLEY JR., 2015).

Do processo de biodigestão anaeróbico, independentemente do tipo de matéria, gera-se o biogás, o qual tem como principal componente o gás metano. O poder calorífico do biogás pode variar de 5.000 a 7.000 kcal/m³ (CATARINO, GONZÁLEZ e OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Chernicharo (2016) as vantagens do processo anaeróbico são as apresentadas a seguir:

- Baixa produção de sólidos;
- Baixa demanda de área;
- Pode ser aplicado em qualquer lugar e em pequena e grande escala;
- Tolerância a elevadas cargas orgânicas;
- Baixo custo de operação e manutenção.

Tal processo ocorre por meio da degradação do material orgânico com ausência de oxigênio. Para que a mesma ocorra de forma eficiente é necessário analisar os fatores que influenciam no tratamento anaeróbico, sendo eles: temperatura, pH, composição do efluente, agitação e tempo de retenção hidráulica (TRH). Sendo que, a insuficiência de um dos fatores pode prejudicar completamente o processo, pois este requerer um tempo de retenção hidráulica, no qual efluente é retido no reator para que possam acontecer as reações biológicas na unidade de tratamento, e deve ocorrer sob condições ideais de temperatura e agitação (MARCHIORO, 2017).

A temperatura influencia diretamente a taxa de crescimento microbiano, a cinética do processo e a estabilidade, e conseqüentemente a produção de metano e a qualidade do digestato. O pH deve estar na faixa compreendida entre 6,6 e 7,6 (NISHIMURA, 2009).

A composição da carga está relacionada com a quantidade de sólidos voláteis (SV), os quais são responsáveis pela produção de biogás. O THR indica o tempo que o substrato deve permanecer no biodigestor para que ocorra o processo de biodigestão por completo e tenha-se o biogás e o biofertilizante (LUCAS JR. e SANTOS, 2000).

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).

O processo de abastecimento está relacionado com a forma de digestão do resíduo, digestão úmida ou digestão sólida, o qual é definido pelo teor de matéria seca do resíduo em análise. A diferença básica entre essas formas é que, na digestão úmida os resíduos são bombeáveis, já na digestão sólida não é possível devido ao grande volume de sólidos totais presente (PROBIOGÁS, 2010).

Os sistemas de digestão úmida contêm até 15% de matéria seca no reator. Já os processos de biodigestão anaeróbia em estado sólido o reator pode operar com maior quantidade de sólidos totais, que podem variar de 20 a 40%, diminuindo o uso de água o que acarreta em reatores de menor volume e como consequência menor quantidade de efluentes líquidos (MARCHIORO, 2017).

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).

A Tabela 2 apresenta os inibidores e suas concentrações tóxicas no processo de biodigestão anaeróbica.

Tabela 2 - Inibidores e sua concentração tóxica em processos de biodigestão anaeróbica.

Componente	% Concentração de inibição
Oxigênio	> 0,1 mg/l
Sulfeto de hidrogênio	> 50 mg/l H ₂ S
Ácidos graxos voláteis	> 2.000 mg/l HAC (pH =7,0)
Nitrogênio amoniacal	> 3.500 mg/l NH ₄ ⁺ (pH =7,0)
Metais pesados	Cu > 50 mg/l Zn > 150 mg/l Cr > 100 mg/l

Fonte: Probiogás, 2010, p. 25.

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).

O modelo indiano é composto por uma parede central, a qual tem como intuito forçar a circulação do material em torno do interior, e por uma campanula flutuante. Os materiais construtivos são basicamente concreto e ferro. Este modelo é indicado para esterco bovino e alimentação diária. Porém, apresenta alto custo de implantação e manutenção da cúpula, e por ser enterrado no solo é necessário cuidados com infiltrações no lençol freático (SENAI, 2016). A Figura 4 apresenta um corte tridimensional do biodigestor modelo indiano.

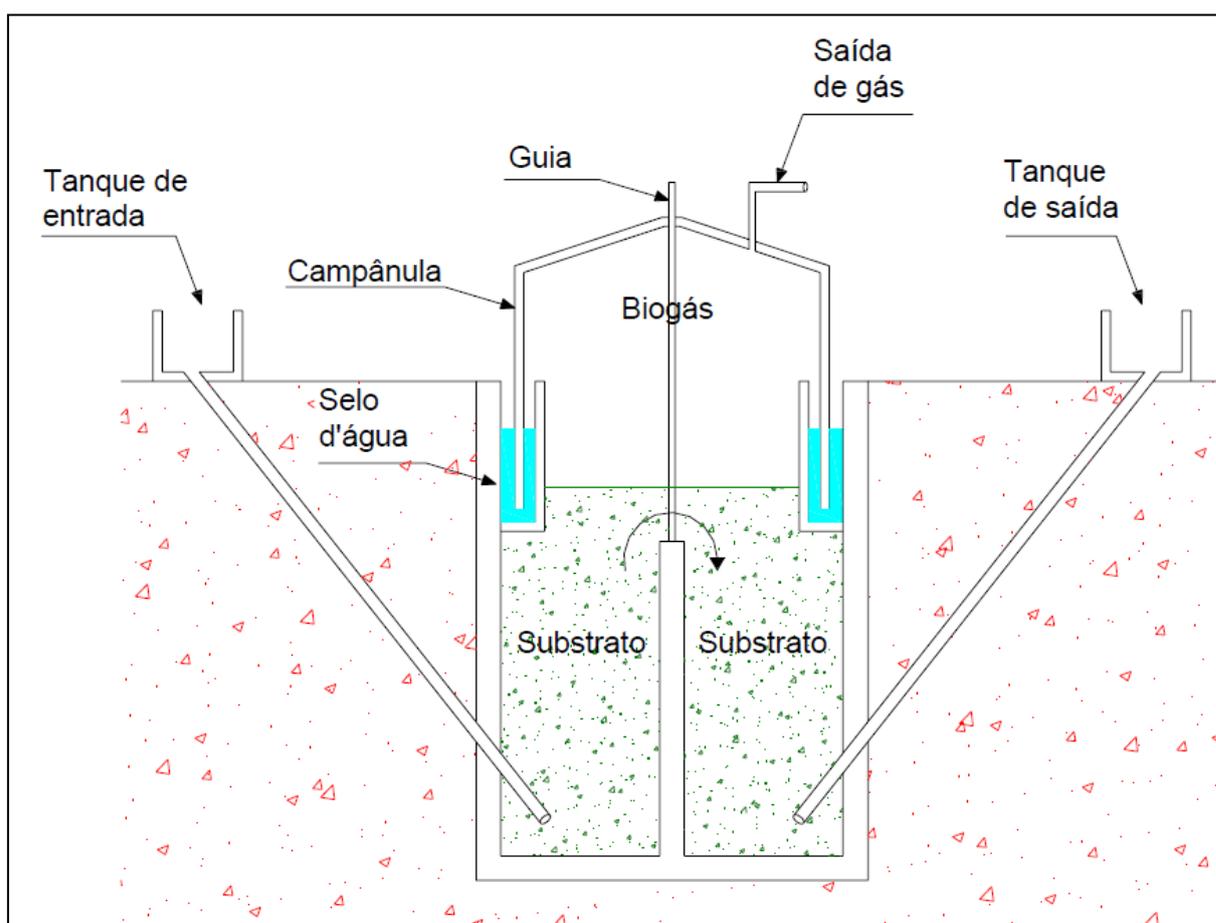


Figura 4 - Esquema representativo do biodigestor modelo indiano.
Fonte: Nishimura, 2009.

Quando se trata do modelo chinês, este apresenta câmara cilíndrica, cúpula fixa e variação na pressão do gasômetro, conforme apresentado na Figura 5, sendo constituído basicamente por cimento. É indicado para instalações de pequeno porte, produção de fertilizantes, porém apresenta a necessidade de alimentação diária. Tem como aspectos importantes baixo custo de implantação e manutenção, devido não possuir partes móveis. Mas apresenta algumas desvantagens como guarda pouco gás e possibilidade de danos nos equipamentos devido as oscilações de pressão (SENAI, 2016).

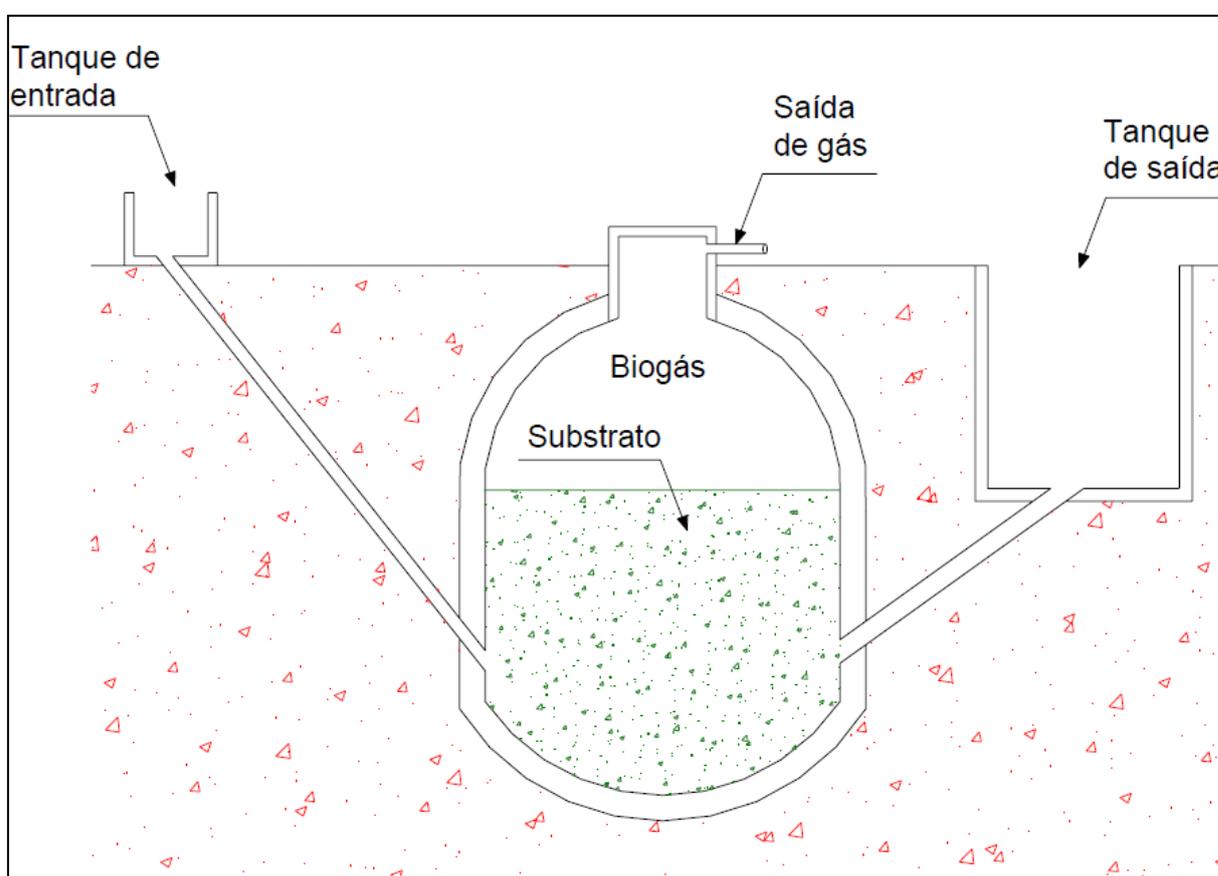


Figura 5 - Esquema representativo do biodigestor modelo chinês.

Fonte: Nishimura, 2009.

O modelo canadense, ou modelo de lona, é um sistema simples e de fácil operação. É construído em formato horizontal com a câmara de biodigestão podendo estar abaixo do nível do solo ou não, é composto por duas saídas e duas válvulas para receber os resíduos, além disso contém um gasômetro feito de material de plástico, que infla quando a quantidade de biogás aumenta. Trata-se um

biodigestor com alimentação semicontínua, e pode ser utilizado tanto para digestão úmida, quanto para digestão seca (NISHIMURA, 2009). A Figura 6 apresenta um corte tridimensional do biodigestor modelo a batelada.

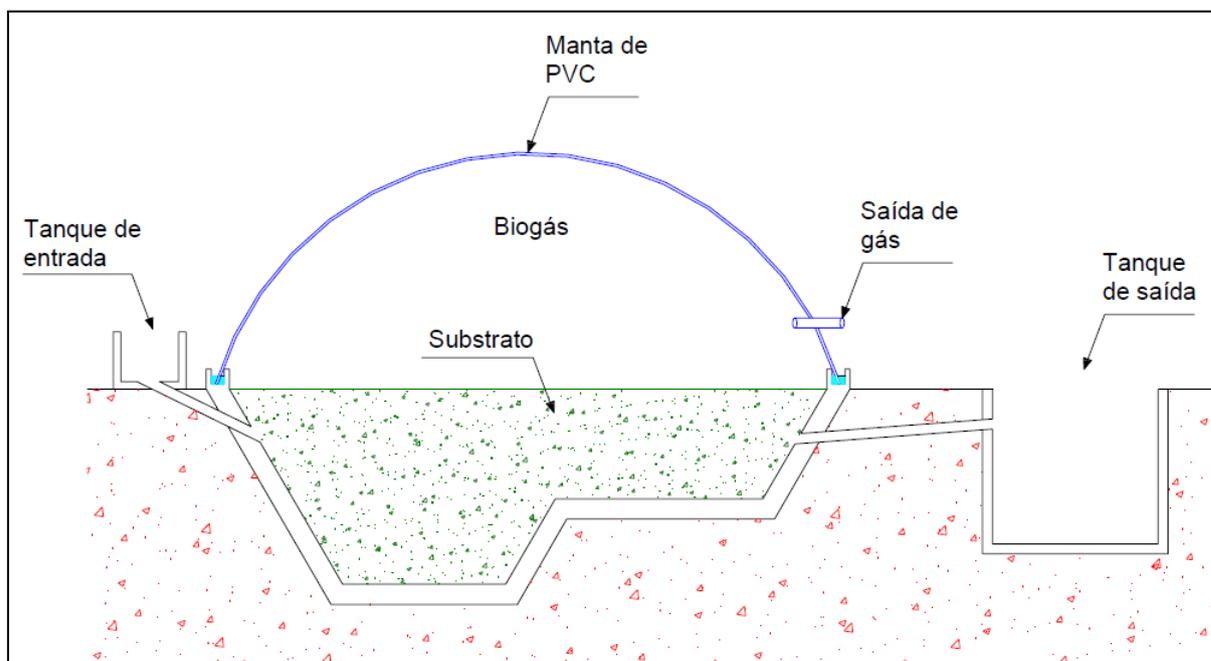


Figura 6 – Esquema representativo do biodigestor canadense.

Fonte: Nishimura, 2009.

2.5. Avicultura Industrial no Brasil

Segundo Zen *et al.* (2014) a avicultura brasileira teve início através de pequenos produtores familiares voltada à subsistência, sendo feita a comercialização apenas do excedente da produção, que geralmente em conjunto com outras atividades promoviam a geração da renda das propriedades. Porém pouco antes de 1930 a avicultura se tornou comercial ganhando destaque no estado de São Paulo com a chegada dos imigrantes japoneses.

De acordo com a União Brasileira de Avicultura (UBABEF, 2012):

A presença da carne de frango brasileira no mercado internacional é consequência de um trabalho intenso de todos os envolvidos da cadeia produtiva do setor. O resultado é um produto com qualidade, sanidade sustentabilidade, que, aliadas a preços competitivos, levaram o frango brasileiro a estar presente em mais de 150 países e, desde 2004, ser o maior exportador mundial (UBABEF, 2012, p. 4).

O mercado internacional faz com que a produção de pintos de corte no Brasil apresente números significativos. A Tabela 3 apresenta a produção de pintos de corte entre os anos de 2014 e 2017.

Tabela 3 - Produção de pintos de corte entre 2014 e 2017 (Milhões de Cabeças).

Mês / Ano	2014	2015	2016	2017
Janeiro	525,441	539,803	560,408	535,647
Fevereiro	482,746	495,889	538,403	494,423
Março	497,620	523,159	561,478	517,196
Abril	503,325	527,185	540,962	508,875
Maiο	521,531	535,525	542,145	522,835
Junho	500,067	552,167	551,130	526,325
Julho	542,826	573,266	514,831	515,254
Agosto	532,452	551,897	546,836	531,982
Setembro	531,201	555,216	497,702	497,107
Outubro	568,184	581,602	510,632	521,308
Novembro	481,899	497,604	525,170	506,821
Dezembro	544,371	572,410	560,266	534,215
TOTAL	6.246,027	6.505,723	6.449,964	6.211,988

Fonte: Avisite, 2018.

Observando a Tabela 3 nota-se que o ano de 2015 apresentou aumento na produção de pintos quando comparado com o ano anterior. Porém, os anos de 2016 e 2017 apresentaram queda na produção quando comparados com o ano anterior. Uma das explicações sobre tal declínio é em relação ao preço final, este teve queda de aproximadamente 10% (TALAMINI e SANTOS FILHO, 2017).

Para piorar o cenário, no início de 2018, a União Europeia proibiu a importação de carne de frango de 20 frigoríficos brasileiros. Tal decisão pode fazer com o que os preços caiam ainda mais, e como consequência o número de abates pode ser afetado (FERREIRA, 2018)

2.5.1. Resíduos Da Produção De Aviários

Mesmo apresentando um grande benefício para o país o grande número de produção de frangos de corte, é importante ressaltar que este setor gera alguns resíduos, dentre eles cama de aviário, a água de lavagem e carcaças de aves, além de poeira e odor (AVILA *et al.*, 2007, p. 4).

Segundo Ávila *et al.* (1992, p.7), a cama de aviário é composta por subprodutos industriais e restos de culturas, é a qualidade do material que definirá as condições sanitárias do lote. Um material de qualidade deve possuir tamanho médio, podendo ser picado ou triturado, boa capacidade de absorção de umidade liberando para o ar a umidade que venha a ser absorvida, baixa condutividade térmica, bom amortecimento, baixo custo e disponibilidade.

A função da cama de aviário é evitar o contato da ave diretamente com o piso, servindo como base para a absorção de água, redução da variação da temperatura do galpão e também para a incorporação de fezes e penas. Deve-se realizar constantemente o revolvimento da cama para mantê-la fofa evitando umidade, o que promoveria a formação de casões e placas no material (AVILA *et al.*, 2007).

Os materiais mais utilizados como cama de aviário são: maravalha, casca de arroz, casca de amendoim, sabugo de milho, feno de diversos capins e palhadas de outras culturas. A determinação de qual será empregado na granja depende da disponibilidade da mesma na região e custo do transporte, sendo que o mais indicado é a maravalha devido alta capacidade de absorção e secagem, facilidade de manejo e boa condição microbiológica (PAULA JUNIOR, 2014; NEITZKE, 2010).

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).

Segundo Ávila (2007) a maravalha pode ser entendida como um material formado através de partículas com aproximadamente três cm e produzido a partir do beneficiamento de madeiros (pinheiro, pínus e etc.) possuindo boa capacidade de absorção, o que varia de acordo com a madeira de origem, sendo usados de modo convencional na avicultura.

Quanto a distribuição da cama no aviário para o recebimento de novo grupo a ser criado, após intervalo livre nas instalações de no mínimo 10 dias, a mesma deve possuir camada uniformemente distribuída com altura variando entre 8 e 10 cm quando nova ou 2 cm se reutilizada a cama existente (AVILA *et al.*, 2007). Além disso, esse autor esclarece que:

A reutilização das camas, desde que adequadamente manejadas, tem contribuído para reduzir os custos e minimizar o impacto da falta da maravalha. Nos estabelecimentos de frango de corte deverá ser assegurado que a reutilização da cama somente ocorra se não houverem sido constatados problemas sanitários que possam colocar em risco o próximo lote a ser alojado, o plantel nacional ou a saúde pública (AVILA *et al.*, 2007, p. 9).

Segundo Mendes *et al.* (2012, p.10) “a cama é geralmente reutilizada por até 3 lotes, havendo casos em que o uso é feito por um número muito maior de ciclos”. É importante ressaltar que a cama de frango se trata de um resíduo produzido em intervalos de tempo e com alto teor de sólidos. Desta forma, é classificada como biomassa de disponibilidade semicontínua.

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).

Conforme a produção nacional de frangos cresce, aumenta a produção de cama de aviário, e juntamente a preocupação de manejo e destino deste resíduo. É necessário minimizar os impactos que podem ser causados, principalmente pelas elevadas concentrações de nitrogênio e carbono orgânico (SUZUKI, 2012).

Com o intuito de apresentar a grande utilização da cama de aviário no Brasil tem-se a Figura 7, a qual expõe o percentual de produção de frangos de corte por estado. A mesma foi elaborada com base nos dados do ano de 2016.

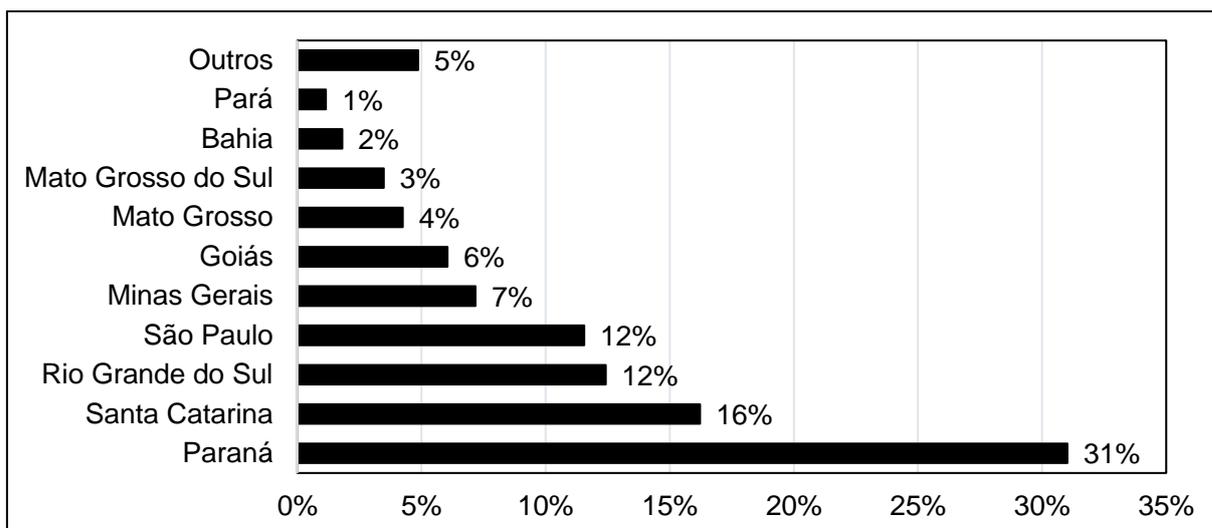


Figura 7 - Dados de produção de frango de corte por estado.
Fonte: EMBRAPA, 2016.

Nota-se na Figura 7 que, os estados que mais produzem frango são Paraná e Santa Catarina. Goiás aparece em sexto lugar, porém produz um valor considerável, e conseqüentemente apresenta grande consumo de energia nos processos até obter produto final: a carne de frango.

De acordo com a AVISITE o número de frangos de corte no Brasil no ano de 2017 foi de 6,2 bilhões. O estado de Goiás é responsável por 6% da produção de frango de corte do país, em 2017 o número de frangos de corte foi de 372,71 milhões (AVISITE, 2018).

Alguns autores já analisaram a quantidade de cama de frango que é gerada por um frango de corte durante o período que o mesmo está no alojamento. Um dos primeiros estudos foi elaborado por Angelo *et al.*, (1997), no qual os autores observaram que cada ave produz 2,12 kg de cama. Já Ortolani e Brito (2001) encontraram o valor de 2,6 kg de cama por ave, e Santos e Lucas Jr. (2003), apresentaram um valor próximo ao anterior, sendo este valor igual a 2,19 kg de cama de frango por animal.

2.5.2. Utilização da Cama de Aviário

Inicialmente a cama de frango era utilizada para alimentar ruminantes. Porém no ano de 2001, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA),

proibiu a utilização de cama de frango para fins de alimentação animal. Tal proibição ocorreu devido a possibilidade de ocorrência de encefalopatia espongiforme bovina, conhecida popularmente como “mal da vaca louca”, a qual ocorre a presença de ingredientes de origem animal provenientes da ração desperdiçada dos comedouros pelas aves (PAULA JUNIOR, 2014).

Após esta proibição a cama de frango passou a ser utilizada como fertilizante na produção de grãos e pastagem. Com o uso desta forma de fertilizante o produtor pode minimizar ou até mesmo zerar os custos com adubação (MENDES *et al.*, 2012).

Porém, para que a mesma possa ser empregada como fertilizando é necessário analisar a quantidade de nutrientes que possui, pois é importante respeitar o balanço de nutrientes do solo. Deve-se salientar que quando aplicada em excesso a cama de frango podem ocasionar uma ultrapassar a capacidade do solo em receber tais nutrientes, e como consequência acaba poluindo o mesmo (PAULA JUNIOR, 2014).

Uma das formas de minimizar os prejuízos que podem ser causados por este resíduo é a biodigestão anaeróbica. Através deste processo o resíduo é tratado e tem-se como subproduto o biogás, o qual pode ser utilizado para gerar energia elétrica por meio de tecnologias de conversão.

Segundo Palhares (2006, p.1),

O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango, pode ser utilizado para o aquecimento dos pintinhos, através de equipamentos onde ocorrerá a queima do biogás e consequente produção de calor, fundamental para sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Pode também substituir a energia elétrica (PALHARES, 2006, p. 1).

É importante ressaltar que, a cama de aviário é considerada heterogênea composta por substâncias de rápida degradação, como amido e carboidratos, responsáveis pela rápida liberação de gás carbônico, e lenta degradação, onde tem-se a lignina, celulose e hemicelulose (TESSARO *et al.*, 2015).

O tipo de biodigestor mais indicado para a geração de biogás por meio da cama de frango é o indiano com alimentação semicontínua, pois trata-se de uma fonte de biomassa composta por alto teor de sólidos e partículas de maior

granulometria (FUKAYAMA, 2008; PAULA JUNIOR, 2014; LUCAS JR. e SANTOS, 2000).

Neste modelo de biodigestor a cama é adicionada cada vez que é trocado o lote de frangos. De acordo com Paula Junior (2014) é no período em que o alojamento está na espera do próximo lote de pintos que ocorre o pico de produção de biogás.

Devido a essas características, o biogás é produzido durante um determinado período, até o esgotamento das substâncias que apresentam rápida degradação, após a produção passa a diminuir, e voltando a produzir biogás quando as demais substâncias atingem o pico de decomposição. A produção de biogás inicial é de forma lenta, porém após mostra-se constante.

A Figura 8 apresenta, de forma clara e objetiva, o fluxograma do ciclo de produção do biogás utilizando a cama de aviário.

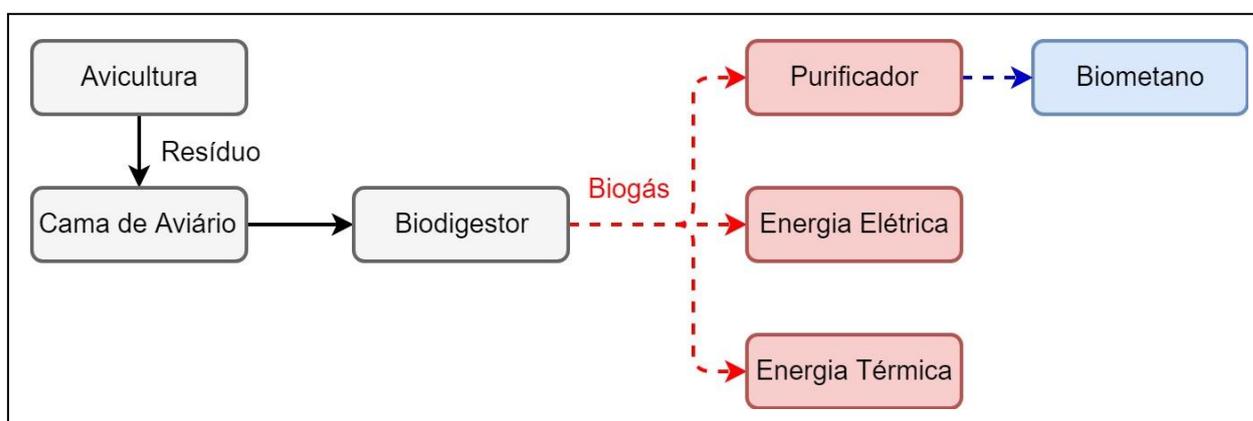


Figura 8 – Fluxograma do biogás gerado da cama de aviário e as possíveis utilizações do mesmo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O biogás gerado pelo processo de biodigestão anaeróbica pode ser utilizado para obter energia térmica, que pode ser utilizada para aquecimento das aves, energia elétrica que também pode ser utilizada no processo de produção diminuindo os custos com aquisição de energia elétrica da rede, e também biometano, o qual é obtido após o processo de purificação, que pode ser utilizado como biocombustível substituindo o gás natural.

Fukayama (2008) ressalta que existe alguns fatores que interferem nesse processo biodigestão anaeróbica,

Os fatores que interferem na conversão biológica da cama de frango em biogás são: tipo de ração, estação do ano, densidade populacional das aves, tipo de substrato de cama, ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves. A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica diminuindo a capacidade do sistema em produzir biogás (FUKAYAMA, 2008, p. 39).

Neitzke (2010) concluiu que a partir de uma potência de 39 kW, o preço da energia elétrica gerada a partir da gaseificação da biomassa equipara-se ao cobrado pela concessionária. E que para a utilização da cama de aviário na gaseificação é necessário a peletização, afirmando ainda que país possui tecnologia suficiente para a produção de máquinas peletizadoras. Sua pesquisa confirmou, portanto, um novo uso para a cama de frango sob aspectos sanitários, econômicos e ambientais.

O biogás produzido pela cama de frango pode atingir concentrações de 60 a 80% de metano. A composição do biogás varia de acordo com a eficiência do processo que sofre influência de fatores como pressão, resíduo utilizado, condições climáticas, características do biodigestor, entre outros.

Um ensaio foi elaborado por Tessaro *et al.* (2015) em um biodigestor a batelada com 3,5 kg de cama de frango juntamente com 56,5 kg de água. Tal adição de água é para diminuir o teor de sólidos e diluir a cama de frango, pois está apresenta baixo teor de umidade da cama. O ensaio elaborado pelos autores mostrou-se viável, pois o mesmo gerou 0,643 m³ de biogás para cada kg de biomassa de cama de frango.

De acordo com o estudo elaborado por Lucas Jr. e Santos (2000), a quantidade de cama produzida por cada 1000 aves é equivale a 10 botijões de 13kg de GLP (gás liquefeito pressurizado), que corresponde a cerca de 300 m³ de biogás.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Pesquisa

Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura por meio de uma pesquisa bibliográfica, a qual é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros, artigos científicos e demais documentos com valor científico. Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica possibilita um amplo alcance de informações, permitindo a utilização de dados dispersos em inúmeras publicações, auxiliando na construção, ou na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo proposto.

Quanto aos objetivos e natureza da pesquisa, se encaixa em uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa, que tem como objetivo compreender e apresentar de forma clara um determinado assunto. Segundo Kauark *et al.* (2010) esta forma de pesquisa tem como foco principal interpretar experiências vivenciadas no cotidiano permitindo o aprofundamento da realidade social. Neste contexto, tem-se como intuito propor alternativas sustentáveis para a empresa em análise.

Trata-se também de uma pesquisa de campo, pois foram coletadas informações na empresa, a qual tem como objetivo “conseguir informações e/ou conhecimentos a cerca de um problema para o qual se procura uma resposta” (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 69).

Para auxiliar é utilizada a coleta de dados por meio da pesquisa documental na empresa. Segundo Gil (2008, p. 66) é uma forma de pesquisa com base em “materiais que não receberam ainda tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.”

3.2. Coleta de Dados

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material publicado, constituído principalmente de livros, artigos científicos e outros documentos científicos. A busca foi realizada nas bases de dados virtuais Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Portal de Periódicos da Capes, Elsevier e Science Direct.

A pesquisa de campo foi realizada na empresa A¹ 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 qual é composta em sua maioria por casca de arroz.

3.3. 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

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

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.

3.4. Estimativa da Produção de Biogás

Para encontrar a capacidade de produção de biogás para a empresa A 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.

3.5. 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, 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/m^3); 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. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 4 apresenta a composição química da cama de aviário da empresa A.

Tabela 4 - 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 4 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 4 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 9 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.

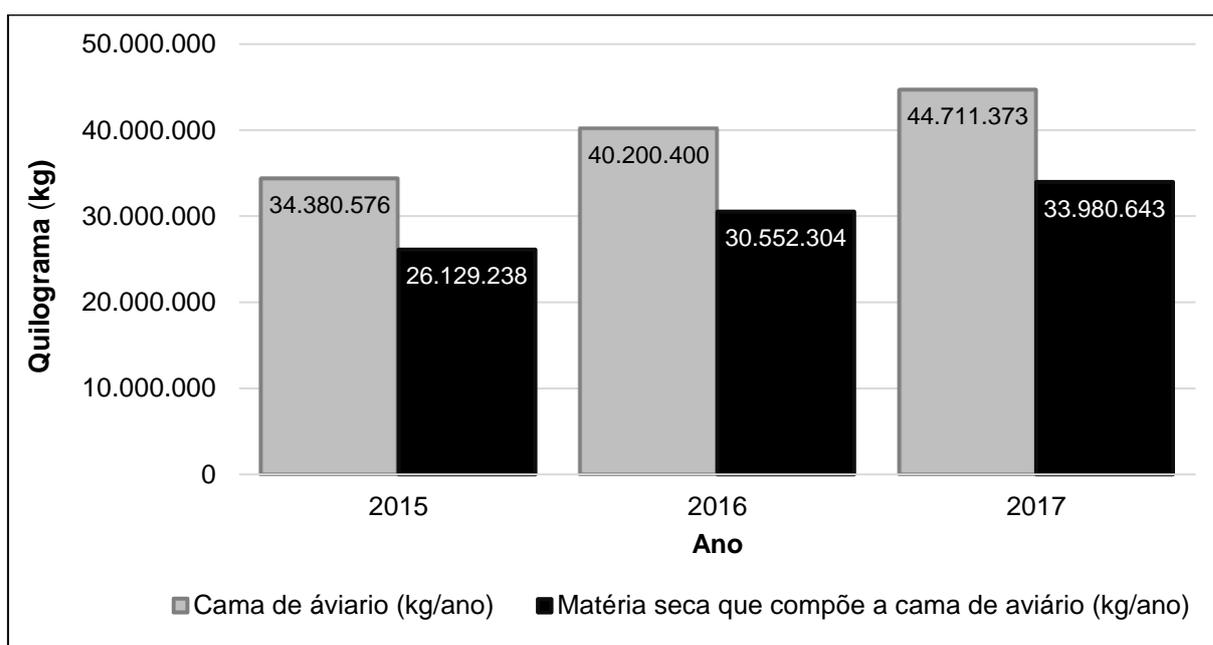


Figura 9 - Cama de aviário e matéria seca que compõe a cama de aviário.

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

É possível observar na Figura 9 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 10 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 de da equação 2.

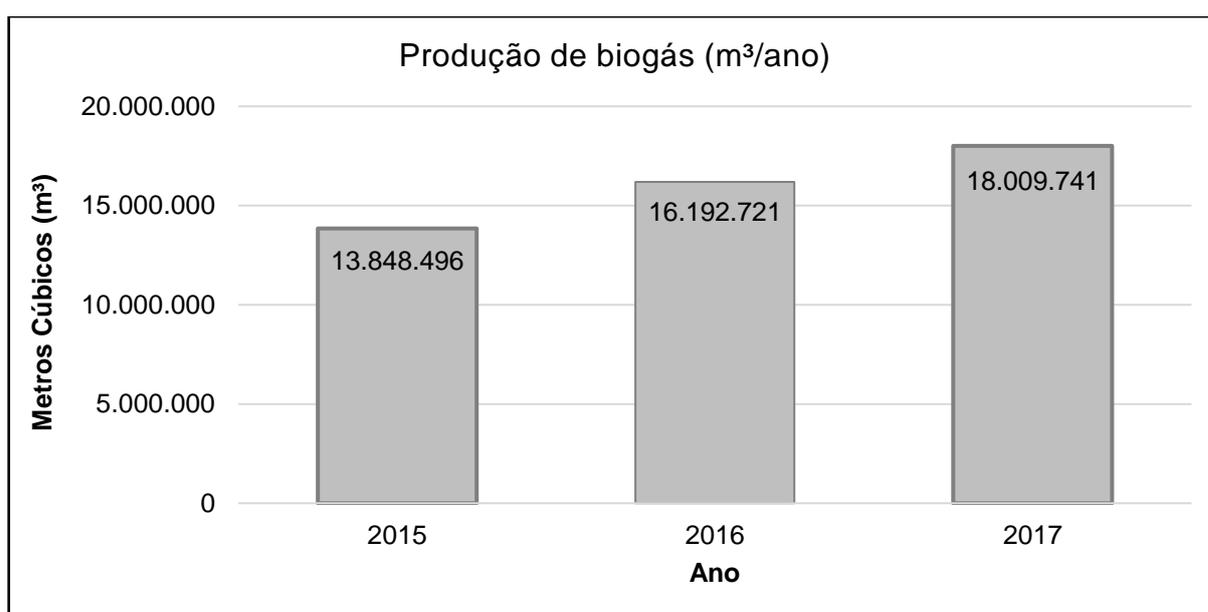


Figura 10 - Capacidade de produção de biogás na empresa A.

Fonte: Dados calculados pelos autores.

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 a composição da cama de frango.

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 $5,9697 \text{ kWh/m}^3$, 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.

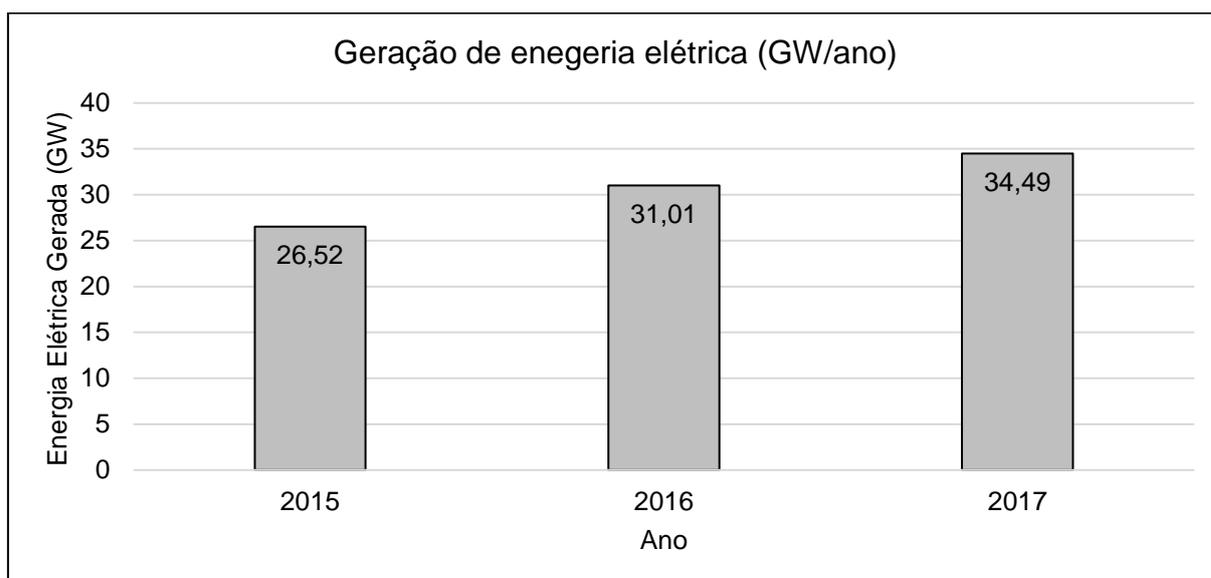


Figura 11 - Capacidade de geração de energia elétrica na empresa A.

Fonte: Dados calculados pelos autores.

Nota-se na Figura 11 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.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado no decorrer do estudo a produção de aves gera uma enorme quantidade de resíduos, os quais podem ser considerados tanto como um recurso como um poluente, que pode apresentar elevados riscos ambientais devido às altas cargas de nutrientes, matéria orgânica, metais pesados, entre outros.

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.

Quando empregado como recurso, nota-se que o setor avícola só tem a ganhar com estas iniciativas, pois a produção de cama de aviário pode ser utilizada para a geração de energia elétrica e térmica através da produção de biogás, e também, após sua purificação, como biometano em substituição dos combustíveis fósseis utilizados nos veículos das granjas. Além de que o efluente pode ser utilizado como biofertilizante, pois é composto por vários compostos minerais.

A cama de aviário pode ser convertida em energia por meio queima direta ou através do processo de biodigestão anaeróbia, o qual vem sendo analisado no estudo. 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.

Com base nas pesquisas realizadas e os dados coletados notou-se que se tratar de um resíduo com lenta degradação, e por isso a cama de aviário deve permanecer durante um período de aproximadamente 35 dias no biodigestor. Trata-se de um tempo de retenção hidráulica elevado, e para tratar uma grande quantidade de

resíduo é necessário um biodigestor com volume com capacidade de manter o resíduo pelo tempo necessário, o que pode afetar a viabilidade do projeto.

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. Porém, é necessário realizar um estudo detalhado de qual a quantidade de cama de aviário que pode ser empregada em tal processo sem que o volume do biodigestor afete economicamente a viabilidade do mesmo.

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.

Pode-se concluir 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. Sendo que a energia gerada e o biofertilizante pode ainda ser comercializando aumentando as receitas da empresa.

REFERÊNCIAS

ABPA. Relatório Anual. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, 2017.

Disponível em: <[http://abpa-](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf)

[br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf)>. Acesso em: 16 janeiro 2018.

ABIÓGÁS. Biogás e Biometano. **Associação Brasileira de Biogás e Biometano**,

2015. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/biogas-e-biometano>>. Acesso em: 26 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.

ANEEL. Fontes de Energia Elétrica no Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2016. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Fontes+de+Energia+no+Brasil/2eb48f5c-cc7f-4f63-867e-b2a4f3603418?version=1.0>>. Acesso em: 23 janeiro 2018.

_____. Capacidade de Geração do Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2018. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 03 maio 2018.

ANGELIERI, A. T.; MILKO, P. Estudo dos Municípios Canavieiros - Bioeletricidade.

Projeto Agroenergia e Meio Ambiente, São Paulo, 2013. Disponível em:

<<http://www.municipios-canavieiros.com.br/download/Cap%C3%ADtulo-4.pdf>>. Acesso em: 28 abril 2018.

ANGELO, J. C.; GONZALES, E.; KONGO, N.; ANZAI, N. H.; CABRAL, M. M. C.

Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 121-130, 1997.

AVILA, V. S. D.; MAZZUCO, H. . F. E. A. P. D. **Cama de aviário: materiais,**

reutilização, uso como alimento e fertilizante. EMBRAPA-CNPSA, Circular Técnica número 16. Concórdia, p. 38. 1992.

AVILA, V. S.; KUNZ, A.; BELLAVER, C.; PAIVA, D. P.; JAENISCH, F. R. F.;

MAZZUCO, H.; TREVISOL, I. M.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G.; ROSA, P. S.

Boas Práticas de Produção de Frangos de Corte. **EMBRAPA-CNPSA, Circular Técnica número 16**, Concórdia, v. 51, p. 28, set. 2007.

AVISITE. Estatísticas e Preços. **Avisite - O Portal da Avicultura na Internet**, 2018. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=estatisticaseprecos&acao=producaoipintos>>. 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.

CHERNICHARO, C. A. D. L. **Reatores Anaeróbicos**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 5, 2016.

CIBIOGÁS. O biogás. **Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás**, 2018. Disponível em: <<https://cibiogas.org/biogas>>. Acesso em: 28 janeiro 2018.

COELHO, S. T. **NOTA TÉCNICA VII - Geração de Energia a partir do Biogás Gerado por Resíduos Urbanos e Rurais**. Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO). Florianópolis, p. 10. 2001.

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.

DORNELAS, K. C. **A Biodigestão Como Ferramenta para a Sustentabilidade Avícola**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop, p. 29. 2016.

BDS. **Energia e Economia Verde: Cenários Futuros e Políticas Públicas**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. [S.I.], p. 56. 2012.

EMBRAPA. Estatísticas | Brasil | Frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/brasil>>. Acesso em: 02 maio 2018.

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.

FERREIRA, A. Frango deve ficar mais barato, mas pode haver demissões, dizem produtores. **Economia UOL**, 2018. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2018/04/19/decisao-uniao-europeia-frango-preco-frigorificos.htm>>. Acesso em: 03 maio 2018.

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.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 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.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia de Pesquisa: Um Guia Prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. **SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA**, Concórdia, 2000. 27-43.

MADRP. Biomassa e Energias Renováveis na Agricultura, Pesca e Florestas. **Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pesca**, 2005. Disponível em: <http://energiasrenovaveis.com/images/upload/RELATORIO_BIOMASSA.pdf>. Acesso em: 16 janeiro 2018.

MARCHIORO, V. **Digestão anaeróbica em estado sólido de cama de aviário a diferentes razões de substrato/inóculo e intervalo de recirculação**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim, p. 52. 2017.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

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.

MENDES, B. M.; TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; SARAZ, J. A. O. O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 20, 2012.

MENKES, M. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**. Tese (Doutor). Centro de Desenvolvimento. Universidade de Brasília. Brasília, p. 295. 2004.

MME. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 32. 2018.

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.

ORTOLANI, E. L.; BRITO, L. A. B. Enfermidades Causadas pelo Uso Inadequado de “Cama-de-Frango” na Alimentação de Ruminantes. **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária - Suplemento Técnico**, v. 22, 2001.

PALHARES, J. C. P. Uso de biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás. **Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica**, Porto Feliz, 2006.

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.

PECORA, V. **Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Energia. Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 153. 2006.

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.

PROBIOGÁS. **Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização**. 5. ed. Prúzen, Alemanha: Gülzow, 2010. 232 p.

PROBIOGÁS. **Viabilidade Técnico - Econômica de Produção de Energia Elétrica em ETEs a Partir do Biogás**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2017.

REIS, L. B. D. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2011.

REPORT OF THE NATIONAL ENERGY POLICY DEVELOPMENT GROUP. **National Energy Policy**. [S.l.], p. 170. 2001.

ROYA, B.; FREITAS, E.; BARROS, E.; ANDRADE, F.; PRAGANA, M.; SILVA, D. J. A. da. Biogás - Uma energia limpa. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 13, n. 13, p. 142 – 149, 2011.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JR., J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. **ZOOTEC'2003 - CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA**, Uberaba, 2003. 131-141.

SENAI. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: SENAI/PR, 2016. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/observatorios/download---oportunidades-da-cadeia-produtiva-de-biogas-para-o-estado-do-parana-1-19295-319478.shtml>>. Acesso em: 17 outubro 2017.

SUZUKI, A. B. P. **Geração de biogás utilizando cama de aviário e manipueira**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura. Cascavel, p. 63. 2012.

TALAMINI, D. J. D.; SANTOS FILHO, J. I. S. Panorama da Avicultura em 2017. **Anuário 2018 da Avicultura Industrial**, v. 11, n. 1271, 2017.

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.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz Energética Brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, São Paulo, v. 19, p. 47-69, nov. 2007.

UBABEF. Produção sustentável garante ao Brasil liderança nas exportações. **Revista Avicultura Brasil - União Brasileira de Avicultura**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 4 - 7, 2012.

ZEN, S.; IGUMA, M. D.; ORTELAN, C. B.; SANTOS, V. H. S. S.; FELLI, C. B.
Informativo CEPEA - Evolução da avicultura no Brasil. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.