



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA

Susana Aparecida Ressel

**Tratamento sustentável de dejetos da suinocultura:**  
Produção de biogás em uma unidade de produção de suínos

Canoinhas, 2021

Susana Aparecida Ressel

**Tratamento sustentável de dejetos da suinocultura:**  
Produção de biogás em uma unidade de produção de suínos

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia de Andrade Paines

Canoinhas, 2021

Ressel, Susana Aparecida Ressel

Tratamento sustentável de dejetos da suinocultura: :  
Produção de biogás em uma unidade de produção de suínos. /  
Susana Aparecida Ressel Ressel ; orientador, Patrícia de  
Andrade Paines Paines, 2022.  
71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis,  
2022.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Tratamentos de dejetos . 3.  
Processo sustentável. 4. Biogás. 5. Energia Renovável. I.  
Paines, Patrícia de Andrade Paines. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas.  
III. Título.

SUSANA APARECIDA RESSEL

**Tratamento sustentável de dejetos da suinocultura:**  
Produção de biogás em uma unidade de produção de suínos

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado e aprovado em sua forma final pelo Curso Ciências Biológicas.

Florianópolis/SC, 17 de dezembro de 2021.

---

Profa. Dra. Viviane Mara Woehl  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Profa. Patrícia de Andrade Paines, Dra.  
Orientadora  
Universidade Aberta do Brasil/UAB  
Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC

---

Profa. Cristine Maria Bressan, Dra.  
Avaliadora Titular  
Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC

---

Prof. Ian Gabriel Brum Garcia, Me.  
Avaliador Externo  
Instituto SENAI de Tecnologia em Energia/IST Energia

*Dedico este trabalho aos meus três amores;  
Heiner, Heiner Samuel e Elisa.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente á Deus que me permitiu a realização deste sonho.

Ao meu amado marido Heiner por toda a dedicação, compreensão, carinho e paciência comigo.

Aos meus amados filhos Heiner Samuel e Elisa, que a cada sorriso sempre me fortaleceram mesmo sendo tão pequeninos.

Aos meus pais e meus irmãos por me apoiarem e acreditarem em mim.

Aos meus queridos sogros por todo o suporte e motivação que sempre me deram.

A Profa. Dra. Patrícia de Andrade Paines por sua dedicação e ajuda como minha orientadora.

Aos professores do nosso curso.

Ao Polo de Canoinhas e seus funcionários por todo carinho, dedicação e suporte a nossa turma. Aos meus colegas de curso pela amizade, ajuda e troca de conhecimentos no decorrer do curso.

A Master Agroindustrial Ltda. inspiração do meu trabalho. Ao Arildo Krajeski pelas orientações. A todos os membros da unidade de Carijos-Papanduva.

A todos que participaram desta caminhada e contribuíram para minha chegada até aqui.

Muito obrigada!

## RESUMO

A produção de suínos cresceu muito nas últimas décadas e com ela o elevado volume de dejetos produzidos pelos animais confinados, trazendo grande preocupação para os possíveis impactos ambientais da atividade e como minimizá-los. Este trabalho tem o objetivo avaliar a gestão de processo sustentável a partir do tratamento de dejetos em uma unidade específica da área de produção de suínos. A metodologia utilizada foi à realização de uma revisão bibliográfica na área da suinocultura, a fim de conhecer os processos empregados no tratamento de dejetos e quais seriam as possíveis alternativas para um processo mais sustentável, além de conhecer os impactos ambientais causados pela falta de tratamento e manejo adequado. Foi realizado um estudo de caso em uma unidade produtora de suínos que utiliza o tratamento de dejetos com o biodigestor. Assim foi possível calcular o potencial de produção de biogás de 803 m<sup>3</sup> por dia a partir de um plantel de 8.200 animais, na Unidade Produtora de Desmamados. A produção de biogás pode ser convertida para energia elétrica renovável com o potencial de produção diária de 2.172,96 kW/h, podendo atender o consumo médio mensal de energia da Unidade de 53.117,75 kW/h. O biodigestor mostrou-se como uma boa alternativa para tratamento de dejetos, pois possibilita a produção de energia e fertilizantes, diminuindo os resíduos deixados pela atividade e diminuição dos impactos ambientais causados.

**Palavras-chave:** Suinocultura. Tratamento de Dejetos. Biogás. Energia Renovável.

## **ABSTRACT**

Pig production has grown a lot in recent decades and with it the high volume of manure produced by confined animals, bringing great concern to the possible environmental impacts of the activity and how to minimize them. This work aims to evaluate the management of a sustainable process from the treatment of waste in a specific unit of the swine production area. The methodology used was to carry out a bibliographic review in the area of pig farming, in order to know the processes used in the treatment of waste and what would be the possible alternatives for a more sustainable process, in addition to knowing the environmental impacts caused by the lack of treatment and proper management. A case study was carried out in a swine production unit that uses the treatment of waste with the biodigester. Thus, it was possible to calculate the biogas production potential of 803 m<sup>3</sup> per day from a herd of 8,200 animals at the Weaning Production Unit. Biogas production can be converted to renewable electricity with a daily production potential of 2,172.96 kW/h, which can meet the Unit's average monthly energy consumption of 53,117.75 kW/h. The digester proved to be a good alternative for waste treatment, as it allows the production of energy and fertilizers, reducing the residues left by the activity and reducing the environmental impacts caused.

**Keywords:** Pig Farming. Waste Treatment. Biogas. Renewable Energy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais estados produtores de suínos. ....	20
Figura 2 - Principais estados exportadores de suínos.....	21
Figura 3 - Abate de suínos segundo o IBGE de 2020. ....	22
Figura 4 - Captação e armazenagem de dejetos da suinocultura. ....	25
Figura 5 - Modelo canadense principal modelo utilizado pela suinocultura.....	29
Figura 6 - Sequência da digestão anaeróbia da matéria orgânica. ....	31
Figura 7 - Produção de biogás e de metano relativa, em função da temperatura. ....	33
Figura 8 - Principais diferenças entre bioesterqueiras e esterqueiras.....	36
Figura 9 - Classificação da pesquisa de acordo com Yin (2010).....	44
Figura 10 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	45
Figura 11 - Fluxograma das equações utilizadas para estimar o potencial de geração de biogás, segundo Monteiro (2019).....	46
Figura 12 - Barracões da Unidade.. ....	48
Figura 13 - Alojamento em Maternidade de suínos.....	49
Figura 14 - Alojamento em Gestação de Suínos.....	50
Figura 15 - Biodigestores. ....	51
Figura 16 - Esterqueiras.....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento. ....	37
Quadro 2 - Principais riscos ambientais do manejo inadequado de resíduos suíno.	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência do biogás a outros combustíveis.....	30
Tabela 2 - Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais.....	32
Tabela 3 - Principais consumos de energia na UPD. ....	53
Tabela 4 - Consumo médio de água e produção média de dejetos em sistemas especializados de produção de suínos no Estado de Santa Catarina.....	54
Tabela 5 - Produção de dejetos de suínos em diferentes fases de desenvolvimento. ....	55
Tabela 6 - Produção de dejetos líquidos e produção de esterco na UPD. ....	56
Tabela 7 - Produção de gás por dejetos de animais semi-estabulados. ....	56
Tabela 8 - Produção diária de biogás ao dia e no período de 30 dias na UPD. ....	58
Tabela 9 - Produção diária de biogás 100% e 70%, considerando perdas de 30%. .	58
Tabela 10 - Conversão de consumo m <sup>3</sup> de biogás para gerador de 125 kVA. ....	59
Tabela 11 - Potencial de geração de energia elétrica a partir de biogás na UPD. ....	60
Tabela 12 - Consumo de Energia na UPD por mês em 2021. ....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
	<b>1.1 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
	1.1.1 Objetivo geral.....	16
	1.1.2 Objetivos específicos .....	17
	<b>1.2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
	<b>2.1 Sistemas de Produção .....</b>	<b>19</b>
	2.1.1 Agroindústria Suinocultura .....	19
	<b>2.2 Tratamento de Resíduos .....</b>	<b>24</b>
	<b>2.3 Tipos, Vantagens, Desvantagens, Consequências.....</b>	<b>27</b>
	2.3.1 Biodigestor .....	27
	2.3.2 Cama sobreposta ou biológica.....	34
	2.3.3 Compostagem.....	34
	2.3.4 Esterqueiras ou bioesterqueiras .....	35
	2.3.5 Lagoas de decantação.....	36
	<b>2.4 Impactos Ambientais da Agroindústria Suinocultura .....</b>	<b>37</b>
	2.4.1 Solo.....	40
	2.4.2 Água .....	40
	2.4.3 Ar .....	41
	2.4.4 Animais .....	41
3	METODOLOGIA .....	43
	<b>3.1 Metodologia da Pesquisa .....</b>	<b>43</b>
	<b>3.2 Processos Metodológicos.....</b>	<b>44</b>
	<b>3.3 Local de Estudo .....</b>	<b>46</b>
	3.3.1 Processo de tratamento do biodigestor associado à esterqueira.....	47
4	ANÁLISES E RESULTADOS.....	54
	<b>4.1 Tratamento Sustentável dos Dejetos.....</b>	<b>54</b>
	<b>4.2 Principais Benefícios Ambientais e Econômicas Pós-tratamento</b>	
	<b>61</b>	
5	CONCLUSÃO .....	62

6	REFERÊNCIAS .....	65
---	-------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de suínos cresceu muito nos últimos anos e com ela também conseqüentemente a agravação dos problemas ambientais que podem ocorrer decorrentes da atividade, geradora de muitos resíduos biológicos, que podem levar a contaminação ambiental, trazendo diversos prejuízos para a fauna e flora, e a nós seres humanos, na saúde e produção de alimentos, por exemplo.

Segundo Ito, Guimarães e Amaral (2016), até 1970 a suinocultura se caracterizava por um pequeno número de animais por propriedade o que não causaria problemas ao meio ambiente devido aos resíduos gerados, sendo que os solos tinham capacidade de absorvê-los e ainda podiam ser utilizados como adubo orgânico. Devido ao aumento da produção e modernização que ocorreram no setor, passando para um sistema intensivo e confinado, a produção de dejetos tornou-se algo preocupante, visando questões ambientais, pois não era mais possível para o solo absorver esse material em grande quantidade.

De acordo com Borges, Morais e Mendoza (2019) os dejetos suínos são compostos por fezes, urina, ração desperdiçada, água de higienização, entre outros. Segundo Ito, Guimarães e Amaral (2016) seus principais componentes poluentes são o nitrogênio (N), fósforo (P) e os metais pesados, como zinco (Zn) e cobre (Cu), além de microrganismos fecais patogênicos (COOLS *et al.*, 2001 apud FERNANDES, 2012).

De acordo com Pereira *et al.* (2015), os dejetos deixados no decorrer do sistema produtivo são prejudiciais ao meio ambiente, acarretando numa série de problemas pois, lançam gases que provocam o efeito estufa, afetando a camada de ozônio e o solo, por meio de infiltração no lençol freático e ainda por meio das chuvas podem chegar aos rios e correntes de água contaminando-as. Para Ito, Guimarães e Amaral (2016), o manejo indevido desses dejetos pode acarretar em graves impactos ambientais na água, solo e ar.

Várias alternativas estão disponíveis para tentar minimizar os resíduos da produção de dejetos dentre eles destacam-se biodigestores e a produção de biogás. Segundo Cardoso, Oyamada e Silva (2015) a utilização desse processo não gera apenas benefícios na produção de energia, mas ainda os resíduos líquidos provenientes da produção de biogás podem ser utilizados como fertilizante nas lavouras, processo chamado de fertirrigação.

O desenvolvimento sustentável na atividade da suinocultura tornou-se um grande desafio, devido à grande demanda de produção e assim o aumento de resíduos gerados como consequência pode agravar a situação ambiental se não forem devidamente acompanhados e geridos.

Martins e Oliveira (2005), afirma que o conceito de sustentabilidade deve ser analisado a partir de que a natureza funciona através de fluxos circulares, dos quais sempre os recursos se renovam e continuam seu ciclo, porém o mundo moderno utiliza os fluxos de forma unidirecional, apenas retirando os recursos naturais e ainda traz consigo um agravante para o meio ambiente; a poluição.

Para Santos e Silva (2018) a suinocultura representa-se como uma atividade de grande importância no Brasil, motivo pelo qual a produção de suínos deve estar associada com medidas de conservação do meio ambiente, visando um equilíbrio entre o econômico, o social e o ambiental.

Diante do exposto, busca-se a resposta à seguinte pergunta de pesquisa: **“Como minimizar os impactos ambientais da suinocultura com o tratamento de dejetos, gerando um processo mais sustentável?”**.

Em posse da pergunta de pesquisa podem ser definidos os objetivos que nortearão o trabalho.

## **1.1 OBJETIVOS**

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

### **1.1.1 Objetivo geral**

Para o presente trabalho, foi estabelecido o seguinte objetivo geral: Avaliar a gestão de processo sustentável a partir do tratamento de dejetos em uma unidade específica da área de produção de suínos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os principais impactos ambientais provocados pela produção de dejetos em grande quantidade;
- b) Definir os principais tipos de tratamentos disponíveis e utilizados, bem como, suas vantagens e desvantagens na gestão de produção suína;
- c) Estruturar o processo de produção e tratamento de resíduos em unidades produtoras de suinocultura; e
- d) Estimar o indicativo do potencial de geração de biogás em uma unidade de produção de suínos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

No decorrer dos últimos anos tem aumentado a preocupação ambiental e a gestão de resíduos da indústria e população em geral. O estudo do tema faz-se necessário para a diminuição de impactos ambientais gerados pela produção da agroindústria, neste caso a suinocultura.

Os resíduos gerados são altamente contaminantes e geradores de problemas ambientais se não foram tratados corretamente, antes de entrarem em contato com o solo e a água. Por isso é necessário o manejo correto deste material residual com todo o cuidado possível. É fundamental analisar o processo de tratamento de resíduos, assim como suas etapas e o processo em si e buscar alternativas que minimizem o impacto ambiental da atividade.

De acordo com AWASTHI, *et al* (2019 p.117).

O estrume, se não for tratado ou reciclado adequadamente, leva ao efeito estufa e Emissão de gases. Com base no potencial de aquecimento global (GWP), o metano (CH<sub>4</sub>) as emissões do armazenamento de esterco foram relatadas em 8 a 10 vezes superior ao do CO<sub>2</sub>. É necessário tratar / reciclar estrume adequadamente para evitar essas emissões. Existem muitas opções técnicas disponíveis para tratar o

estrume, que poder ser classificados amplamente em; processos aeróbicos, anaeróbicos e termoquímicos. (AWASTHI, *et al.* 2019 p.117).

Este trabalho busca destacar que além da importância de dar um destino apropriado para esses resíduos também já é possível reutiliza-los depois do tratamento, de forma sustentável como por exemplo, no uso em lavouras como fertilizantes e na produção de biogás para geração de energia.

O tema propõe conhecer e discutir processos de tratamento para resíduos da suinocultura, com enfoque para o tratamento de dejetos suínos, um dos principais resíduos deixados pela grande escala de produção de suínos em massa e com alta capacidade de contaminação do solo e água. Destacando o fator de preocupação com meio ambiente e reaproveitamento sustentável desses resíduos buscando alternativas para um menor impacto ambiental.

Os órgãos ambientais já dispõem de leis e normativas para a destinação correta e tratamento desses resíduos, sendo que estão disponíveis diversos processos para tratamento, como a compostagem, piscinas para tratamento prévio de dejetos, mas mesmo assim ocorrem muitas dúvidas e desconhecimento do destino apropriado para material residual, também ocorre falta de conscientização sobre os impactos ambientais.

Esta pesquisa destina-se as indústrias de produção agroindustrial da suinocultura, buscando alternativas para o tratamento de dejetos e a melhor forma de aplica-los, diminuindo impactos ambientais e utilizando um processo mais sustentável para a atividade que tem grande importância econômica para o país e o mundo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistemas de Produção

Os sistemas de produção desenvolveram-se muito nas últimas décadas, devido à demanda de produtividade do mercado global. A seguir serão abordados assuntos relevantes para a suinocultura: Agroindústria Suinocultura, Tratamentos de resíduos, Tipos, Vantagens, Desvantagens, Consequências e Impactos Ambientais da Agroindústria Suinocultura.

#### 2.1.1 Agroindústria Suinocultura

De acordo com Guimarães et al. (2017) “entende-se por sistema agroindustrial (SAG), todo o conjunto de atividades produtivas integradas e interdependentes”. Na produção de suínos, segundo Guimarães (2017) é “composto por indústrias produtoras de insumos (ração, vacinas, medicamentos, equipamentos e genética), granjas (criação de animais), agroindústria (abatedouros/frigoríficos), indústria de alimentos, distribuidores (atacado e varejo) e consumidores finais” (SANTINI; FILHO, 2004).

De acordo com Ferreira et al., (2014) no decorrer das últimas décadas, a suinocultura cresceu muito, tanto em termos tecnológicos, como em termos de relevância na produção de carnes. Guimarães et al., (2017) afirma que a carne suína representa o segundo lugar no ranking das carnes mais produzidas e consumidas. Conforme dados de Nascimento (2020) o consumo de carne aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos, crescimento de 58%.

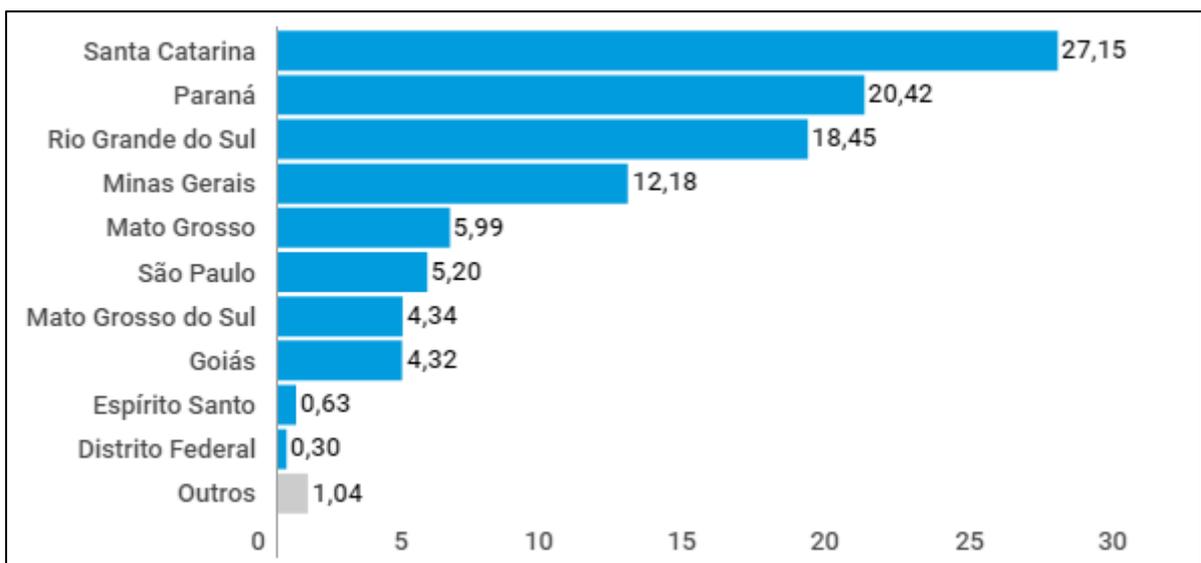
De acordo com Nascimento (2020), uma pesquisa publicada pelo National Pork Board, programa patrocinado pelo Serviço de Marketing Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em 2018, “o consumo de carne suína respondeu por 40,1% do consumo per capita mundial; a carne de boi, por 21,4%; a carne de frango, por 33,3% e a de ovino, por 5,3%”. A pesquisa também destacou os principais produtores de carne suína, a China em primeiro lugar (43,87%), União Europeia e Reino Unido em segundo (22,62%) e Estados Unidos em

terceiro (11,97%), os três países lideram o ranking, somando 78,46% da produção global.

Nascimento (2020) aponta o Brasil na quarta posição no ranking de produção de carne suína no mundo, com 3,88% da produção. A produção brasileira (649.382,28 mil toneladas), destes 16% têm destino internacional, sendo a região Sul do País a maior produtora e exportadora, sendo responsável por 66% da produção nacional e detentora de grande parte das exportações de carne suína, com destaque para o estado de Santa Catarina.

De acordo com a Embrapa (2020) a região sul também é apontada como principal produtora e exportadora de suínos, quem lidera o ranking é o estado de Santa Catarina. Conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Principais estados produtores de suínos.

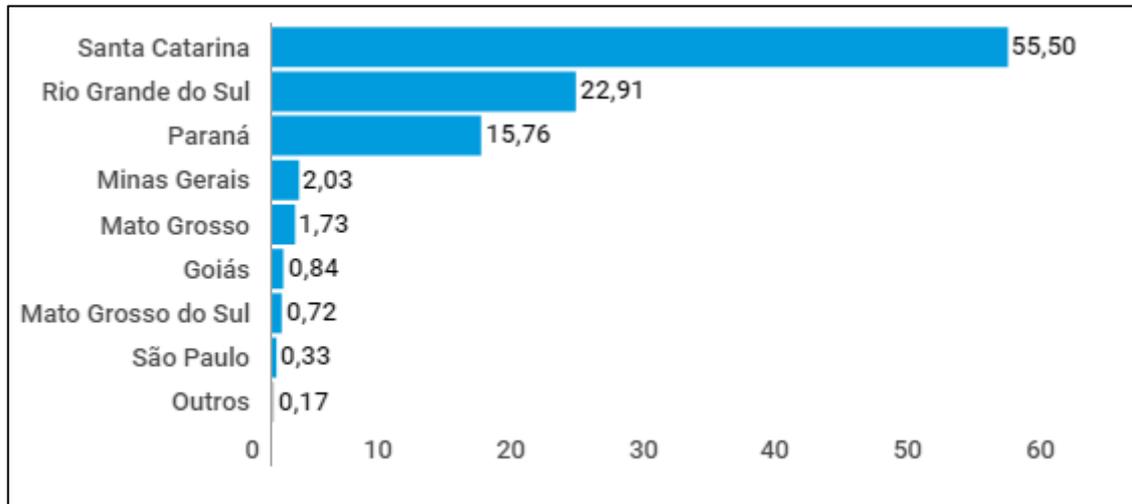


Fonte: EMBRAPA (2020).

Conforme dados apresentados pela Embrapa o estado de Santa Catarina detém 27,15% da produção, seguido pelo estado do Paraná com 20,42% da produção e em terceiro lugar o estado do Rio Grande do Sul 18,45% da produção de suínos no país.

Os estados da região sul do país também são apontados pela Embrapa (2020), como principais responsáveis pela exportação no país. Conforme dados apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Principais estados exportadores de suínos.

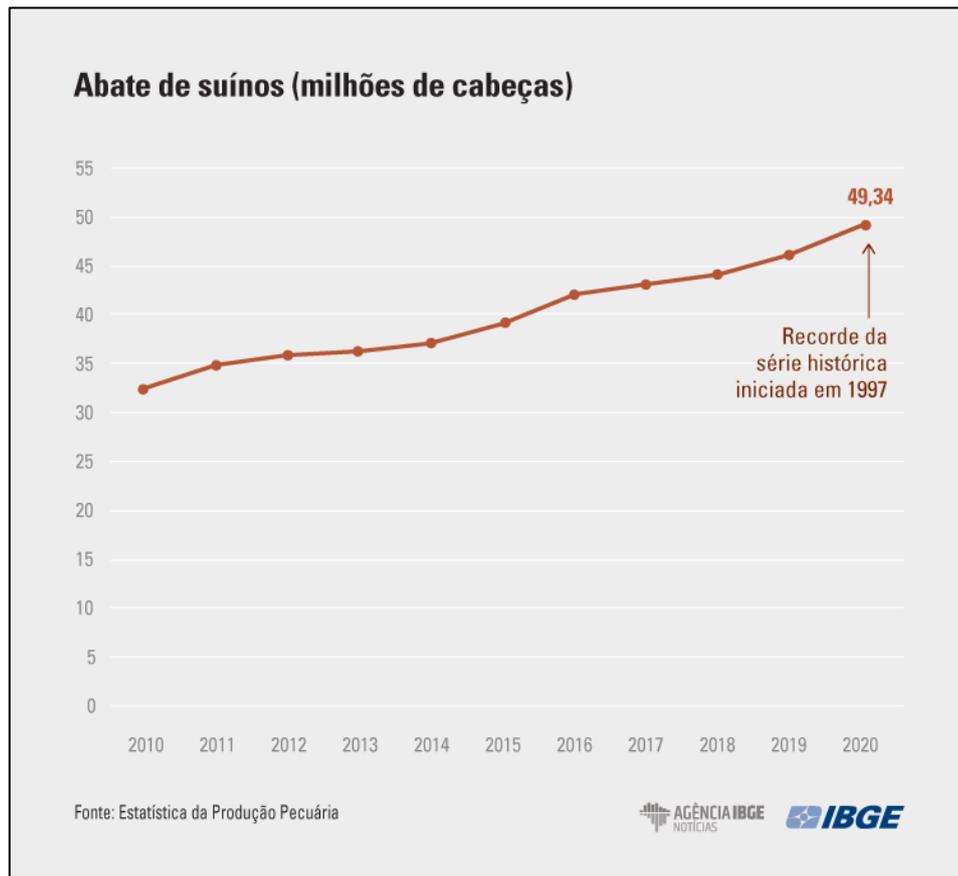


Fonte: EMBRAPA (2020).

De acordo com dados da Embrapa (2020), o estado de Santa Catarina lidera as exportações de suínos no país com 55,5%, seguido pelo estado do Rio Grande do Sul com 22,91%, e o estado do Paraná com 15,76%.

A pesquisa do IBGE (2020) mostra destaque para o abate de frangos e suínos em alta. O abate de suínos cresceu 6,4% em 2020, totalizando 49,3 milhões de cabeças abatidas. Conforme gráfico apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Abate de suínos segundo o IBGE de 2020.



Fonte: IBGE (2020).

Desde 1997, a atividade vem apresentando crescimento, em 2020 o abate de suínos bateu recorde da série histórica, com o abate 49,34 milhões de cabeças abatidas.

O sistema de criação do suíno pode ser composto por todas as etapas ou por etapas de produção separadas, conforme Guimarães et al. (2017 p. 93) quando são executadas todas as etapas, “sendo denominado ciclo completo (CC), ou pode executar apenas parte das etapas de produção, como a UPL, que produz leitões até a saída da creche, e a UT, que recebe os leitões de uma UPL e executa as fases de crescimento e de terminação”.

Os sistemas de criação de suínos podem ser classificados em diversos tipos; segundo Guimarães et al. (2017) o sistema extensivo é tipicamente caracterizado de pequenas criações, voltadas à subsistência e com nível baixo tecnológico e o semiextensivo caracteriza-se pela utilização de instalações, nas quais os animais

são separados conforme idade e sexo; com a realização de manejo reprodutivo por meio da seleção dos animais no plantel.

Conforme Guimarães et al. (2017), no Sistema confinado, busca-se o aumento de ganho de peso dos suínos em menos tempo que os demais sistemas. Assim, o manejo empregado é o de confinamento dos animais, em pequenos espaços e a alimentação com rações específicas para o ganho de peso e crescimento adequado a cada fase. O manejo sanitário exige mais rigor na execução, sendo cada atividade feita com planejamento prévio.

O sistema confinado conta com algumas vantagens quando comparado com os demais sistemas, como assistência técnica, mão de obra especializada e melhoramento genético dentre outros, para melhores resultados no produto final. Mas, o sistema também apresenta uma série de desvantagens apresentando altos custos, problemas de bem-estar animal e ainda gerando grande impacto ambiental devido à alta geração de resíduos contaminantes e poluentes.

De acordo com Guimarães et al (2017 p. 130) é possível afirmar que a tendência para a atividade “é a continuidade do crescimento do consumo de carne suína no mundo, especialmente no Brasil e na maioria dos países não islâmicos em desenvolvimento, cujo consumo per capita ainda é baixo e onde não há restrições religiosas a essa carne”. A agroindústria da suinocultura teve um salto de crescimento nas últimas décadas e apresenta números bastante expressivos para o setor, mostrando-se uma atividade economicamente forte e com grande tendência de crescimento devido ao aumento do consumo mundial de carnes e possibilidade de abertura para novos mercados.

A produção em grande escala de suínos contribuiu para o desenvolvimento de sistemas confinados, destinados para a reprodução, crescimento e desenvolvimento de suínos em pequenas áreas em um período de tempo curto. Porém os sistemas confinados exigem melhoramento genético, assistência técnica e produzem elevado volume de resíduos (dejetos), trazendo um alto custo para atividade, trazendo a necessidade de gestão adequada para a atividade e seus possíveis impactos ambientais no que diz respeito a produção em massa de dejetos.

## 2.2 Tratamento de Resíduos

Em regiões com alta concentração de suínos a produção de dejetos é muito elevada, o que exige a utilização de tratamentos para a diminuição destes resíduos e seus possíveis impactos ambientais. Segundo Ito, Guimarães e Amaral (2016), a suinocultura intensiva caracteriza-se por uma alta concentração de animais por área e uma produção de dejetos muito elevada, que se não tratados corretamente podem ocasionar graves problemas ambientais.

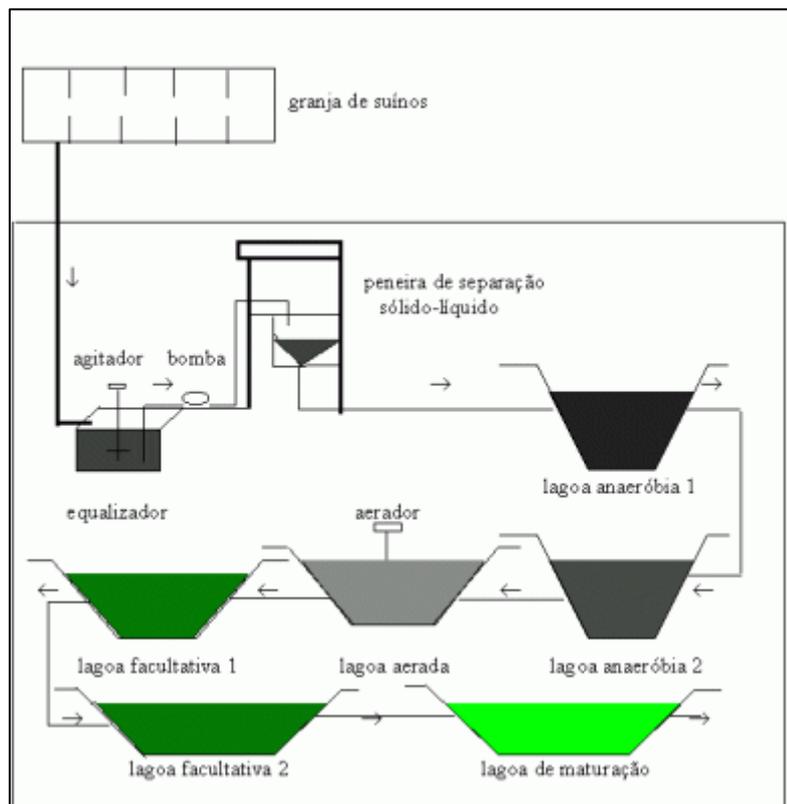
Para Cardoso, Oyomada e Silva (2015, p. 131) argumentam que “o aumento da produção suinícola veio o incremento de dejetos, que ganha cada vez mais importância no contexto ambiental, uma vez que a poluição provocada pelo manejo inadequado pode acarretar graves problemas ao meio ambiente”.

Conforme estudos de Cabral et. al (2011 p. 02) o “potencial poluidor desses resíduos exigem tratamentos específicos estabelecidos por leis de proteção ambiental”. Conforme Ferreira et al., (2014 cap. 19, p. 821) o “tratamento de dejetos, para cumprir seu objetivo final e ser efetivo, necessitará converter os dejetos em material inofensivo ao manuseio e ao meio ambiente”.

Para Kunz, Higarashi e Oliveira (2005) o manejo inadequado dos resíduos oriundos da atividade da suinocultura como o extravasamento de esterqueiras, aplicação excessiva no solo, podem ocasionar sérios problemas de contaminação de rios (como a eutrofização), de lençóis subterrâneos (o aumento da concentração do íon nitrato é um exemplo), do solo (patógenos e excesso de nutrientes, dentre outros) e do ar (como emissões gasosas), destacando assim a importância do manejo adequado para um menor impacto ambiental e a busca por uma atividade mais sustentável.

Os dejetos podem passar por dois processos: armazenagem ou tratamento. Para Cardoso, Oyomada e Silva (2015 p.136) no processo de armazenagem os dejetos são armazenados em depósitos por um tempo determinado, “com o objetivo de fermentar a biomassa e reduzir os patógenos”. No processo de tratamento, são desenvolvidos vários procedimentos, visando “reaproveitar os dejetos de forma a minimizar os riscos de poluição ambiental e potencializar o aproveitamento dos nutrientes para fins de adubação agrícola”. A Figura 4 apresenta a captação e processo de armazenagem de dejetos da suinocultura.

Figura 4 - Captação e armazenagem de dejetos da suinocultura.



Fonte: CULTURAMIX (2012).

De acordo Cardoso, Oyomada e Silva (2015) diversos tipos de tratamentos que visam minimizar os resíduos deixados pelos dejetos estão disponíveis, sendo as principais técnicas de tratamento de dejetos costumam combinar processos físicos e biológicos. Os principais tratamentos para dejetos são lagoas de decantação, esterqueiras, bioesterqueiras, biodigestores, compostagem e cama sobreposta ou biológica.

O tratamento de dejetos pode envolver processos físicos e químicos. De acordo com Cardoso, Oyomada e Silva (2015) os tratamentos físicos caracterizam-se pela passagem do dejetos por um ou mais processos físicos, separando a parte sólida e líquida. Esta separação das partes pode ocorrer por processo de decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO 2002).

Para Cardoso, Oyomada e Silva (2015) o tratamento biológico ocorre pela degradação biológica do dejetos por meio de micro-organismos aeróbios e anaeróbios, ao final apresentando um material estável e isento de organismos

patogênicos. No caso de dejetos sólidos é possível fazer o tratamento biológico utilizando o processo de compostagem e em dejetos líquidos pode-se utilizar processos de lagoas de decantação. Uma das vantagens conferidas pelo tratamento biológico é que este tipo a utilização futura como fertilizantes (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Ainda segundo Cardoso, Oyomada e Silva (2015) a suinocultura não se mostra sustentável do ponto de vista ambiental, mas já dispõe de algumas técnicas e processos de manejo para os dejetos produzidos por esta atividade que minimizam os impactos negativos ao meio ambiente, possibilitando a busca pela sustentabilidade. Um dos caminhos apontados para a redução e reutilização dos resíduos oriundos da suinocultura, são a produção de biogás, podendo ser utilizado como fonte de energia e o biofertilizante amplamente usado em lavouras.

Segundo Avaci (2013) o biogás proveniente da suinocultura apresenta-se como uma fonte de energia renovável, sendo uma alternativa para suprir futuras necessidades energéticas e ainda contribui para a diminuição de impactos ambientais decorrentes da atividade.

De acordo com Araújo, Montenegro e Maranguape (2016), o tratamento dos dejetos produzidos na atividade da suinocultura deve ser analisado sob várias perspectivas, sendo elas:

- Preservacionista: Eliminar ou minimizar a elevada quantidade de dejetos gerados nas propriedades, de forma a reduzir ou a extinguir o seu potencial poluente e evitar, assim, a degradação do meio ambiente;
- Agronômica: Utilizar os dejetos como fertilizante disponível nas propriedades, como complemento às necessidades de adubação mineral para melhorar as condições do solo e aumentar a produtividade das lavouras;
- Sanitária: Promover o tratamento adequado dos dejetos, com a finalidade de reduzir o potencial poluidor de transmissão de patógenos e, com isso, melhorar a produtividade dos rebanhos de suínos (FERREIRA et al., 2014).

Os sistemas confinados da suinocultura apresentam grande quantidade de dejetos e podem ocasionar diversos impactos ambientais se não forem tratados de forma correta, buscando minimizar seu potencial poluidor. Diversas alternativas são apresentadas como, esterqueiras, biodigestores, compostagem, entre outros. Estes

tratamentos apresentam vantagens e desvantagens, sendo necessário uma avaliação do qual melhor se adapta ao número de animais e quantidade de dejetos produzidos.

### **2.3 Tipos, Vantagens, Desvantagens, Consequências**

Para Ferreira et al., (2014, cap. 19, p. 821) a suinocultura precisa de um programa racional de controle de dejetos, para a correta utilização, considerando cinco etapas: produção, coleta, armazenagem, tratamento, distribuição e utilização dos dejetos. A seguir, são apresentados os principais tipos de tratamentos utilizados para minimizar os impactos da suinocultura, assim como suas vantagens e desvantagens, respectivas consequências para o ambiente.

#### **2.3.1 Biodigestor**

Ferreira et al., (2014, cap. 19, p. 821) define o biodigestor como “um reator biológico que degrada os dejetos animais em condições anaeróbias (ausência de oxigênio), produzindo um efluente líquido (biofertilizante) e gerando o biogás”.

Segundo Araújo, Montenegro e Maranguape (2016) o biodigestor trata-se de um tanque revestido e coberto por manta impermeável, apresentando vedação em toda a sua estrutura, com exceção dos tubos de entrada e saída, possibilitando um ambiente anaeróbio. “O processo de biodigestão ocorre no interior de um biodigestor que é uma estrutura formada por uma câmara fechada, na qual é colocado o material orgânico para decomposição” (ARAÚJO, MONTENEGRO E MARANGUAPE, 2016 p. 05)

Os biodigestores são constituídos, segundo Mago (2009), por “um tanque de digestão (ou câmara) e por um gasômetro (campânula), o primeiro serve para armazenar e digerir a biomassa e o segundo para armazenar o biogás produzido pela digestão anaeróbia” (OLIVEIRA et. al., 1993; OLIVEIRA, 2004).

Segundo Mago (2009 p.53) os biodigestores operaram em dois modos, o contínuo ou batelada; no modo contínuo “são alimentados com matéria orgânica durante o funcionamento simultaneamente à retirada do produto decomposto (ou

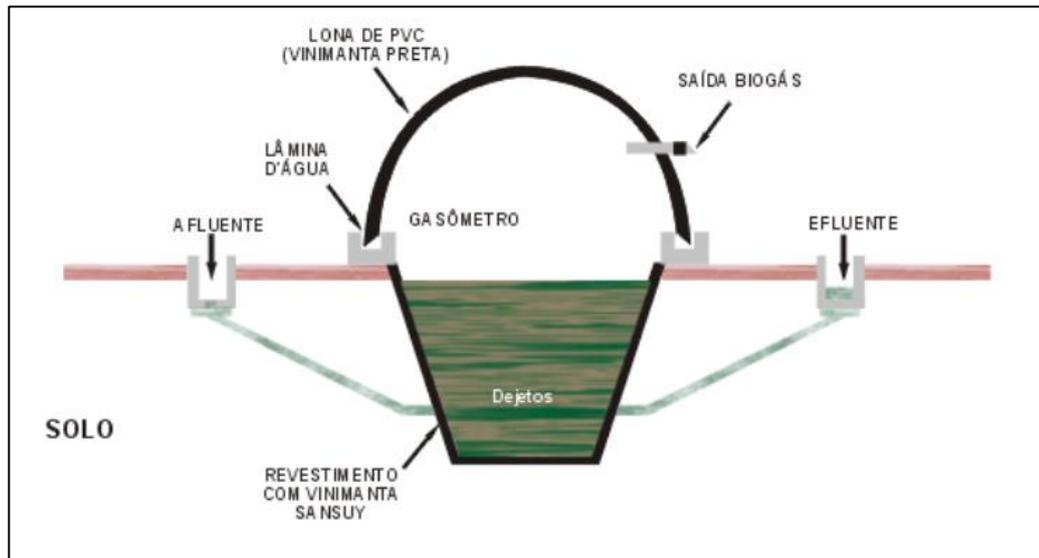
estabilizado)”, no modo de batelada, o biodigestor é alimentado apenas uma vez, no “início do período de funcionamento, sendo descarregado quando for notável a finalização da produção de biogás” (NOGUEIRA, 1986 apud HENN, 2005). A utilização de biodigestores contínuos para Araújo, Montenegro e Maranguape (2016 p.06), tem a vantagem de estes poderem “ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de substrato orgânico a ser processado, ocorra a saída de material já tratado”.

Pereira *et al.* (2015) destaca a grande utilização de biodigestores no tratamento de dejetos de animais, sendo amplamente disseminado pelo mundo em diversos países, desenvolvidos e em desenvolvimento. Para Avaci *et al.* (2013) é possível apontar o processo de digestão anaeróbia como um processo natural, a partir da atuação de bactérias anaeróbias que atacam as estruturas da matéria orgânica para produzir compostos como metano, dióxido de carbono e água, dando origem ao biogás.

Segundo Kostaneski (2018) destaca que os biodigestores são uma boa alternativa para o tratamento desses resíduos, pois além da redução da carga orgânica e obtenção do biofertilizante, também é possível a geração de energia por meio do biogás produzido que pode ser coletado, armazenado e utilizado na forma elétrica, térmica ou veicular, tornando-o um processo vantajoso quando comparado com as demais técnicas que liberam metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para a atmosfera.

Os principais modelos de biodigestores são o indiano, chinês e o canadense, sendo o canadense mais utilizado recentemente na suinocultura. De acordo com Frigo *et al.* (2015 p.62) o modelo canadense diferencia-se dos demais modelos pelo formato horizontal, “apresentando uma caixa de carga feita em alvenaria e com largura maior que a profundidade, possuindo, então, uma maior área de exposição ao sol, possibilitando em uma grande produção de biogás e também evitando o entupimento” (CASTANHO & HARRUDA, 2008). A seguir, na Figura 5 apresentado um biodigestor canadense, principal modelo utilizado na suinocultura.

Figura 5 - Modelo canadense principal modelo utilizado pela suinocultura.



Fonte: FRIGO *et al.* (2015).

De acordo com Kunz e Oliveira (2006) ainda após a utilização de biodigestores deve ser tomado cuidado com o efluente líquido que sai do sistema, pois este ainda não pode ser descartado nos corpos receptores, sendo uma fonte de poluição muito alta considerando o teor de nitrogênio e fósforo.

### 2.3.1.1 Biogás

“O biogás é produzido através de digestão anaeróbia, composto basicamente por metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ )” (AVACI *et al.*, 2013, p. 457). De acordo com Mago (2009), o biogás é uma mistura gasosa e combustível, obtido através da degradação da matéria orgânica pela ação de bactérias em meio anaeróbio, podendo ser produzido a partir de diversos tipos de resíduos de biomassa.

De acordo com Mago (2009) as composições dos gases variam de acordo com o tipo de substrato utilizado no processo de digestão anaeróbia, sendo levada em consideração a composição de cada tipo de dejetos. A equivalência do biogás com outros combustíveis é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Equivalência do biogás a outros combustíveis.

<b>Equivalência do biogás</b>	
1 m <sup>3</sup> de biogás	0,62 m <sup>3</sup> de gás natural
	0,26 m <sup>3</sup> de propano
	0,20 m <sup>3</sup> de butano
	1,6 kg de lenha
	0,6 L de gasolina
	6,5 kWh de eletricidade

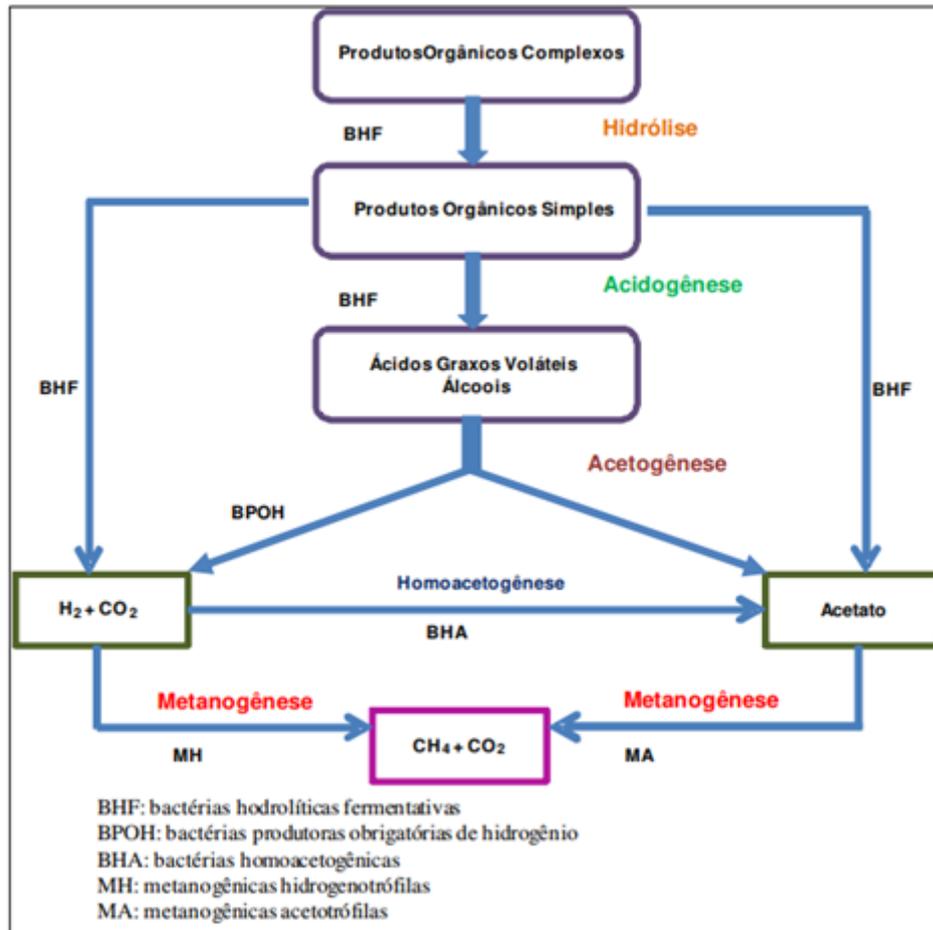
Fonte: Adaptado, CCE (2000) apud MAGO (2009).

Segundo Lancinha (2016) a digestão anaeróbica é o processo biológico responsável pela degradação da matéria orgânica por microrganismos, em condições anaeróbicas, ou seja, com ausência de oxigênio (O<sub>2</sub>). O processo de digestão apresenta quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese, metanogênese.

- Hidrólise: Nesta primeira fase as bactérias hidrolíticas convertem os polímeros complexos (lípidos, polissacáridos, proteínas e ácidos nucleicos), em monómeros (ácidos gordos, monossacáridos, aminoácidos e purinas).
- Acidogênese: Ocorre após a hidrólise, onde os produtos gerados são fermentados para formar ácidos orgânicos voláteis (AOV), principalmente ácido láctico, propanóico, butanóico e valérico. O pH ácido maximiza a atividade das bactérias acidogênicas, porém valores de pH baixos diminuem a atividade das bactérias metanogênicas.
- Acetogênese: Os AOV, produzidos na etapa anterior, e os ácidos gordos, monossacáridos, aminoácidos e purinas, produzidos na hidrólise, são convertidos em ácido acético. Nesta fase, atuam dois tipos de bactérias intervenientes: as bactérias sintróficas, produtoras de H<sub>2</sub>, e as bactérias homoacetogênicas, consumidoras de H<sub>2</sub>. As bactérias homoacetogênicas produzem acetato, a partir de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>.
- Metanogênese: Nesta fase as bactérias metanogênicas, consomem o acetato, H<sub>2</sub> e algum CO<sub>2</sub>, para produzir CH<sub>4</sub>. Estas bactérias são estreitamente anaeróbicas.

Na Figura 6 são apresentados a sequência em que ocorre a digestão anaeróbica da matéria.

Figura 6 - Sequência da digestão anaeróbica da matéria orgânica.



Fonte: Adaptado, MANOUIR (1991); BELLI F<sup>o</sup> (1995) apud MAGO (2009).

Para Kunz e Oliveira (2006) a geração de biogás por meio de resíduos animais além de ser dependente de alguns fatores como: a temperatura, pH, alcalinidade e do tipo de manejo adotado no sistema de produção de animais confinados (SPACs), também depende das características próprias do resíduo, ou seja cada tipo de resíduo terá uma composição diferente e por tanto uma produção diferente para cada substrato, a ser adicionado para o crescimento dos microrganismos no biodigestor, conforme dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais.

<b>Animal Peso vivo</b>	<b>Kg Esterco/Animal/dia</b>	<b>m<sup>3</sup> biogás/kg esterco</b>	<b>m<sup>3</sup> biogás/Kg SV</b>	<b>m<sup>3</sup> Biogás/animal/dia</b>
Bovino (500 kg)	10-15	0,038	0,094–0,31	0,36
Suíno (90 kg)	2,3-2,8	0,079	0,37–0,50	0,24
Aves (2,5 kg)	0,12-0,18	0,050	0,31–0,62	0,014

Fonte: OLIVEIRA (1993) apud KUNZ; OLIVEIRA (2006)

De acordo com estudo de Kunz e Oliveira (2006), os suínos produzem 2,3 - 2,8 kg de esterco por animal e 0,36 m<sup>3</sup> biogás por animal, considerando as características dos dejetos suínos.

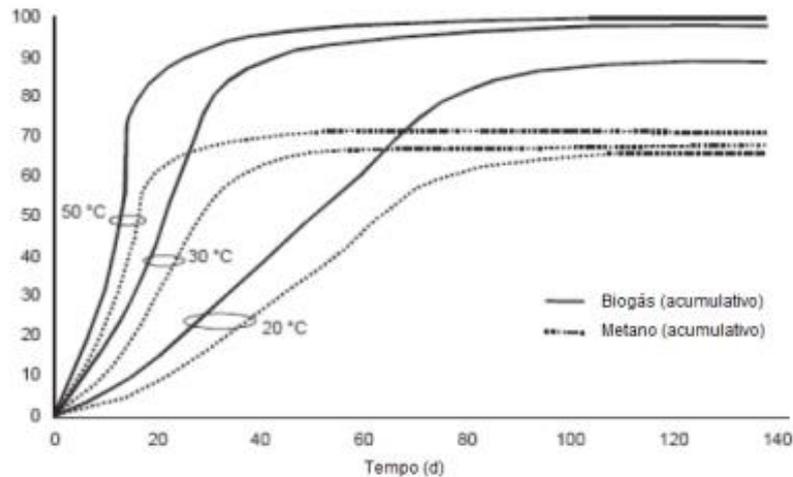
Tavares (2015) afirma que a temperatura tem grande influência no processo de digestão anaeróbia e conseqüentemente na produção de biogás. A temperatura pode afetar diretamente no processo biológico, principalmente no metabolismo dos microrganismos. O autor também aponta duas faixas de temperatura com condições ótimas para a produção de biogás (metano). A primeira é a faixa mesofílica que está entre 20°C – 40°C, com temperatura ótima entre 30°C – 35°C. E a segunda faixa é a termofílica entre 50° – 60°C.

Com base nos resultados obtidos por Amorim, Lucas Junior e Resende (2004) as estações do ano podem influenciar na produção de biogás, antecipando ou retardando o início da produção. As estações de verão e outono apresentaram valores maiores, enquanto nas estações de inverno e primavera, esses valores foram menores, quando considerados o mesmo período de retenção e produção total de biogás.

Porém, as produções podem ser consideradas semelhantes, o que as diferencia é a maior porcentagem de metano na composição do gás. Resultados semelhantes são apresentados por Soares (2017), com produção maior de metano na estação do verão.

De acordo com Lancinha (2016) e com a Figura 7 o regime termófilo é mais eficiente, porém acaba sendo mais difícil de controlar pois as bactérias termofílicas são mais sensíveis a possíveis variações de temperatura, de carga orgânica e à presença de tóxicos, e também necessitam de uma maior quantidade de energia, apresentando assim um balanço energético menos favorável em relação ao regime mesófilo. Na Figura 7, o regime termófilo tem maior volume acumulado de biogás e CH<sub>4</sub>, em um período de tempo menor, devido à mais rápida degradação anaeróbia nesta faixa de temperatura maior.

Figura 7 - Produção de biogás e de metano relativa, em função da temperatura.



Fonte: SEADI et al. (2008) apud LANCINHA (2016).

Para Avaci *et al.* (2013) o biogás, resultante da digestão anaeróbia de biomassa residual da suinocultura, é considerado uma fonte com grande potencial para a produção de energia, podendo ser uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética brasileira para uma futura redução da dependência de combustíveis fósseis, levando em conta também a contribuição para a diminuição do efeito estufa que poderá originar créditos de carbono que podem ser comercializados gerando retorno financeiro ao produtor.

Os sistemas de produção da suinocultura para Kunz e Oliveira (2006 p. 32) “geram grandes quantidades de dejetos que podem ser tratados convertendo-se matéria orgânica em biogás, que é uma fonte alternativa de energia, para alimentação de geradores de eletricidade”. Segundo Avaci *et al.* (2013), o biogás proveniente da suinocultura apresenta-se como uma fonte de energia renovável e ainda contribui para a diminuição de impactos ambientais decorrentes da atividade. Conforme estudos de Avaci *et al.* (2013, p. 457) a “recuperação do biogás através da digestão anaeróbia é vista como forma ideal de tratamento de resíduos da biomassa”.

### **2.3.2 Cama sobreposta ou biológica**

A cama sobreposta ou biológica, segundo estudos de Cardoso, Oyomada e Silva, 2015 p.138) define-se como “um local no qual o suíno defeca e cujas partes sólidas e líquidas infiltram-se e fermentam, resultando em um composto que pode ser usado como adubo ou para a compostagem”. “O sistema de criação de suínos sobre camas consiste no armazenamento dos dejetos na camada do substrato, o qual absorve por completo esses produtos” (BELLI FILHO et al., 2001 p.01).

O processo de cama sobreposta, segundo Ferreira et al. (2014), é conhecido também pelo nome de deep bedding, este sistema de criação de suínos caracteriza-se pelos animais ficarem sobre uma cama de maravalha e serragem, podendo ser utilizados outros materiais. Os dejetos produzidos pelos suínos são submetidos ao modelo de compostagem in situ, o processo tem como resultado o adubo orgânico, que pode ser comercializado.

. Para Belli filho et al. (2001) a principal vantagem na utilização desta metodologia em criação de suínos, pode ser apontada como a redução dos volumes dos dejetos produzidos, contribuindo para a redução da poluição ambiental.

### **2.3.3 Compostagem**

A compostagem de acordo com Cadis e Henkes (2014) consiste no processo de manejo de resíduos sólidos no qual a matéria orgânica é decomposta biologicamente, sob condições controladas, até atingir um estado no qual o material pode ser manuseado, transportado, armazenado e/ou aplicado ao solo sem oferecer riscos ao meio ambiente. O processo de tratamento dos dejetos por compostagem consiste, basicamente, na mistura dos dejetos brutos produzidos por suínos, em unidades de compostagem com maravalha, serragem ou palha.

“A compostagem funciona como local de armazenamento dos dejetos nos quais ocorre fermentação por ação bacteriana, resultando em material orgânico utilizado principalmente como adubo” (CARDOSO, OYOMADA E SILVA, 2015 p.138). Cadis e Henkes (2014) afirmam que a utilização do sistema de tratamento via compostagem para resíduos da suinocultura, apresenta crescimento na Europa (PAILAT et al., 2005).

A compostagem dos dejetos de suínos segundo Ferreira et al. (2014) desenvolveu –se na forma de um método alternativo de manejo e tratamento dos dejetos de suínos, modificando as características químicas, físicas e biológicas dos dejetos, apresentando como produto final adubo orgânico, ou seja, resíduos em forma composta, o que facilita a comercialização do produto final .

Cadis e Henkes (2014) relata em sua pesquisa que o tratamento de dejetos de suínos pelo processo de compostagem é considerado seguro, apresentando como vantagem a aplicabilidade em regiões de pequenas propriedades, com alta concentração de suínos e pouca área agrícola, tornando-se um tratamento viável para a maioria dos produtores.

### **2.3.4 Esterqueiras ou bioesterqueiras**

São os principais tipos de armazenamentos empregados para dejetos suínos. Para KUNZ et al. (2004 p.01) a armazenagem de dejetos suínos em esterqueiras se caracteriza como uma boa alternativa pelo baixo custo quando comparado com outras alternativas “visando impedir que o dejetos percole ou lixivie pelo solo e seja carregado para os cursos d’água subterrâneos e superficiais”

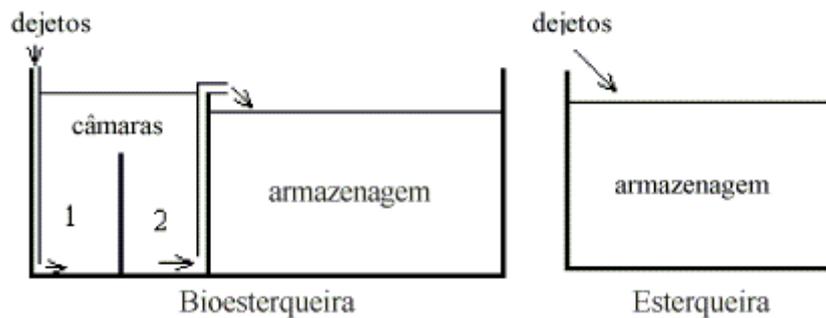
De acordo com Kunz et al. (2004) as esterqueiras se caracterizam como depósitos de dejetos líquidos suínos, que têm por objetivo principal sua armazenagem por um período mínimo de estocagem de 120 dias, levando a estabilização do dejetos se fornecido diariamente material para a fermentação até que ocorra a retirada.

Segundo Cardoso, Oyomada e Silva (2015) as diferenças entre esterqueiras e bioesterqueiras pode ser observadas a partir de que as esterqueiras são utilizadas para o armazenamento dos dejetos e o tratamento tem por objetivo a fermentação biológica da matéria orgânica. Já no caso das bioesterqueiras são consideradas uma adaptação das esterqueiras, diferenciando-se por um tempo de retenção dos dejetos maior, e a câmara de retenção é semelhante ao biodigestor.

De acordo com Belli Filho *et al.* (2001) esses sistemas devem armazenar os dejetos durante o período de 120 a 180 dias, em função das características do solo e do tipo de cultura a ser desenvolvida, ainda sendo possível o aproveitar o potencial

dos dejetos como fertilizantes para o solo. Para o autor experiências com protótipos dos dois tipos de instalações mostraram que as duas tecnologias apresentam resultado semelhante, apresentando diferenças apenas no custo de implantação (GOSMANN, 1997). Na Figura 8 são apresentadas as diferenças estruturais de uma bioesterqueira e uma esterqueira.

Figura 8 - Principais diferenças entre bioesterqueiras e esterqueiras.



Fonte: BELLI FILHO *et al.* (2001).

### 2.3.5 Lagoas de decantação

As lagoas de decantação são três tipos de lagoas pelas quais passam os dejetos, segundo Cardoso, Oyomada e Silva (2015) cada uma das lagoas possui uma função: sendo a lagoa anaeróbica responsável pela redução de micro-organismos patogênicos; a lagoa facultativa atua na redução de nitrogênio; e por fim, a lagoa aeróbica que tem como função reduzir nitrogênio e remover patógenos.

“Os dejetos são retidos juntamente com água para redução da carga orgânica por meio de ação bacteriana e decantação e em cada lagoa os resíduos são depositados no fundo de modo a retirar as impurezas da matéria orgânica” (CARDOSO, OYOMADA E SILVA, 2015 p.138).

O Quadro 1 a seguir apresenta algumas vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento.

Tipos de tratamentos	Vantagens	Desvantagens
<b>Biodigestor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de biogás e biofertilizante;</li> <li>• Valorização dos dejetos para uso agrônômico, por meio da fertirrigação;</li> <li>• Redução do poder poluente e do nível de Patógenos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de fermentação anaeróbica lento resultando em longo tempo de retenção dos sólidos;</li> </ul>
<b>Lagoas de decantação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção de patógenos e;</li> <li>• Construção, manutenção e operação de baixo custo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surgimento de odores desagradáveis nas lagoas anaeróbicas e pode ocorrer o crescimento de vegetação;</li> </ul>
<b>Esterqueiras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproveitamento dos dejetos como fertilizante e baixo custo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não ocorre separação de partes e o dejetos fica mais concentrado, exigindo maiores áreas para sua disposição final como fertilizante;</li> </ul>
<b>Bioesterqueiras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da carga orgânica do dejetos e;</li> <li>• Melhora da qualidade do esterco que serve como adubo para a lavoura;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo maior do que de uma esterqueira;</li> </ul>
<b>Compostagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhora da saúde do solo Mantém a temperatura e o nível de acidez do solo;</li> <li>• Aproveitamento agrícola da matéria orgânica e;</li> <li>• Economia de tratamento de efluentes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe o risco de atração de animais prejudiciais e de algum impacto visual negativo do recipiente e;</li> <li>• Requer monitoramento do sistema para se obter um composto de qualidade;</li> </ul>
<b>Cama sobreposta ou biológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedade do material que pode ser usado para cama (maravalha, serragem, sabugo de milho triturado, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, palha, etc.);</li> <li>• Redução quase total da água contida nos dejetos;</li> <li>• Melhor aproveitamento da cama como fertilizante agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de maior ventilação nas edificações para retirada do vapor de água;</li> <li>• Deve haver um nível sanitário dos animais que impeça a ocorrência de infecções por microbactérias;</li> </ul>

Fonte: Adaptado, CARDOSO, OYOMADA E SILVA (2015).

Vários tratamentos estão disponíveis como alternativas para o tratamento de dejetos, cada qual apresenta vantagens e desvantagens, devendo ser analisado o volume de dejetos gerados, assim como a viabilidade e custo benefício de cada tratamento que melhor atenda às necessidades da fase de produção.

## 2.4 Impactos Ambientais da Agroindústria Suinocultura

Para Ferreira et al. (2014), à medida que aumentam as preocupações com a manutenção e a qualidade do meio ambiente que vivemos, as organizações têm voltado suas atenções para os potenciais impactos de suas atividades, produtos e serviços, assim como os possíveis danos provocados por estes e como minimiza-los

e ou reduzi-los. Conforme Forneck e Klug (2015), afirma que a agropecuária intensiva das últimas décadas tem deixado diversos impactos socioeconômicos e ambientais principalmente no estado de Santa Catarina, um dos maiores produtores de suínos, dos quais podemos destacar a destruição e degradação dos recursos hídricos, sendo os mais afetados pelo setor de suínos.

Para Oliveira (2017) a suinocultura é vista pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, como uma atividade de grande potencial poluidor, devido à elevada concentração de contaminantes em seus efluentes, de forma individual ou combinada, são uma grande fonte de contaminação e degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo, se não forem geridos adequadamente. A produção de suínos, segundo Pereira, Demarchi e Budiño (2009) tem alta concentração de animais em seus rebanhos e o volume de dejetos pode exceder a capacidade de absorção de ecossistemas locais, podendo ser a causa de poluição e também está relacionado com alguns problemas de saúde relacionados com matéria orgânica, nutrientes, patógenos, odores e microrganismos gerados na atmosfera.

Segundo Ito, Guimarães e Amaral (2016), os impactos ambientais podem ser diversos, afetando recursos hídricos, poluição da água e solo, emissão de gases voláteis. Ferreira et al. (2014), afirma que os sistemas de tratamento são importantes ferramentas para a diminuição dos dejetos que vão entrar em contato com o meio ambiente. Geralmente em granjas de suínos, o principal destino dos dejetos líquidos é a fertilização agrícola, para isto se faz necessário a utilização de tratamento adequado, pois o manejo incorreto pode levar vários problemas ambientais.

Segundo Ferreira et al., (2014), os principais poluentes são: nitrato, cobre, zinco, lixiviação, odores de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e patógenos no ato de distribuir o dejetos, emissão pelo solo de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o escoamento de carga orgânica, fosfato e patógenos. Ainda para Silva, França e Oyamada (2015), a poluição tem como causa o lançamento direto do esterco de suínos sem tratamento nos córregos e rios, podendo ocasionar diversos desequilíbrios ecológicos e poluição, que tem como principais consequências a redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos. De acordo com o que afirma Avaci et al. (2013) os dejetos sem tratamento, ocasionam poluição de rios e emitam gases que contribuem para o aumento o efeito estufa.

De acordo com Cadis e Henkes, (2014, p. 121- 122) um dos principais problemas na utilização de dejetos da suinocultura em geral, como adubo orgânico é a aplicação inadequada, agravando o risco de poluição ambiental, ocasionando “à infiltração do nitrogênio no solo e o escoamento superficial do fósforo, e muitas vezes, dando o lançamento direto dos dejetos nos cursos d’água”. De acordo com Gusmão (2008) os principais riscos ambientais associados ao manejo inadequado dos resíduos da produção de suínos são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais riscos ambientais do manejo inadequado de resíduos suíno.

<b>Ambientes</b>	<b>Riscos</b>	<b>Fatores Fundamentais</b>
Solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Níveis tóxicos de nutrientes no solo;</li> <li>• Poluição do solo com metais pesados (Cu, Zn, Cd);</li> <li>• Destruição da vegetação por chuva ácida;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo inadequado dos dejetos;</li> <li>• Manejo inadequado das rações e dos dejetos;</li> <li>• Emissão de amônia;</li> </ul>
Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição da água superficial e subterrânea;</li> <li>• Redução do recurso água;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo inadequado dos dejetos;</li> <li>• Aumento no uso das fontes de água;</li> </ul>
Ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento global: emissão de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento na emissão de gás responsável pelo efeito estufa;</li> </ul>
Animais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da diversidade genética</li> <li>• Aumento da suscetibilidade às doenças</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de raças nativas Redução das resistências às doenças</li> </ul>

Fonte: DE HAAN; BLACKBURN (2003) apud MIRANDA (2005) apud GUSMÃO (2008).

A falta de tratamento de dejetos ou tratamento inadequado pode causar vários problemas ambientais, para o solo, água, ar e biodiversidade, por este motivo os devidos cuidados devem ser tomados no manejo e utilização dos dejetos como fertilizantes para o solo, sendo cumpridas todas as etapas necessárias para a estabilização correta do resíduo.

### 2.4.1 Solo

De acordo com Cadis e Henkes (2014) os resíduos da suinocultura, em geral, são utilizados como adubo orgânico, mas de forma inadequada, o que pode ocasionar diversos problemas de poluição ambiental, sendo alguns deles a infiltração do nitrogênio no solo e ao escoamento superficial do fósforo, quando não ocorre o lançamento direto dos dejetos nos cursos d'água. Conforme afirma Oliveira (2017) os dejetos quando não tratados e lançados diretamente no solo e nos mananciais de água podem causar graves desequilíbrios ambientais, um exemplo, a grande proliferação de moscas e borrachudos. “O uso incorreto desses dejetos, ou seja, usados como adubo puro no solo, pode trazer uma degradação deste, e consequente ao meio ambiente” (BARBOSA; LANGER, 2011, p. 88).

“Entre os principais componentes poluentes dos dejetos, principalmente de suínos, estão os macronutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P), e alguns microminerais como o zinco (Zn) e o cobre (Cu). A ação deteriorante do nitrogênio no solo ocorre em virtude da sua transformação em nitrato” (ANJOS et al 2004 apud BARBOSA; LANGER, 2011).

### 2.4.2 Água

Segundo Barbosa e Langer (2011, p. 88) os principais impactos causados do “uso inadequado dos dejetos de animais é a contaminação de cursos de água, que ocorre em razão da disposição imprópria dos dejetos em rios, córregos ou lagos, e também pelo escoamento superficial em pastagens e lavouras adubadas com esses dejetos”.

De acordo com Ito, Guimarães e Amaral (2016) os dejetos da suinocultura são causadores de impactos ambientais em recursos hídricos, ocasionando eutrofização, por exemplo, além de alterar a biodiversidade aquática. Ainda segundo o autor podem ser citados presença de organismos prejudiciais ao ser humano e aos animais, por exemplo, problemas com verminoses, morte de peixes e toxicidade de plantas entre outras. Para Cardoso Oyomada e Silva (2015) a poluição da água também pode ser manifestada por microorganismos fecais patogênicos, causando problemas de saúde (OLIVEIRA, 1993).

“A matéria orgânica, nutrientes (N e P) e bactérias fecais são os principais responsáveis pela contaminação das águas superficiais e do lençol freático” (OLIVEIRA, 2017 p. 04) e ainda podem ocasionar o favorecimento ao crescimento de algas.

### **2.4.3 Ar**

A emissão de gases pela suinocultura é um impacto ambiental que causa grande preocupação. “Em termos de suinocultura, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O são Gases do Efeito Estufa (GEE) considerados relevantes” (NUNES; MIRANDA, 2013, p.50). Para Borges, Morais e Mendoza (2019) os principais gases que reduzem a qualidade do ar em instalações da criação de suínos são; o metano (CH<sub>4</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o monóxido de carbono (CO) e a amônia (NH<sub>3</sub>), sendo o metano (CH<sub>4</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gases causadores do efeito estufa.

Oliveira (2017 p.01) afirma que os dejetos suínos tem grande poder poluente devido á “Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), concentração de nutrientes e microrganismos, vem exigindo a fixação de parâmetros cada vez mais rigorosos pela legislação ambiental, visando à preservação dos recursos naturais”.

Para Barbosa e Langer (2011) os dejetos produzidos nas propriedades rurais contribuem para a emissão de gases de efeito estufa. O metano (CH<sub>4</sub>) é apontado como um dos principais emissores de gases de efeito estufa e os animais são responsáveis pela emissão deste gás para a atmosfera através suas fezes e também pela respiração.

É importante tomar o devido conhecimento dos problemas que podem vir a ocorrer com a disposição inadequada de dejetos, como o efeito estufa, a redução da camada de ozônio e as mudanças climáticas. Outro fator a ser considerado é o mau cheiro ocasionado pela decomposição de matéria orgânica.

### **2.4.4 Animais**

A degradação biológica do material orgânico (fezes, urina, ração e outros), segundo Oliveira (2017) é responsável pela emissão de gases tóxicos que podem

afetar a saúde e o desempenho dos suínos, sendo os de maior interesse na suinocultura o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>) e hidrogênio sulfídrico (H<sub>2</sub>S).

De acordo com Gusmão (2008), a falta de tratamento adequado dos dejetos suínos pode ser considerada um fator que afeta a biodiversidade com a redução da diversidade genética e a perda de raças nativas, tendo como consequências o aumento da suscetibilidade a doenças e a redução das resistências às doenças (DE HAAN & BLACKBURN; 2003 apud MIRANDA; 2005).

Sem dúvidas a atividade da suinocultura pode ser considerada como grande geradora de resíduos, com destaque para o elevado volume de dejetos produzidos pelos animais confinados em pequenas áreas. Os dejetos oriundos da suinocultura se não devidamente tratados, são causadores de problemas ambientais de grandes proporções, a exemplo, contaminação de solo e corpos de água podem ser muito afetados, além da contribuição para a emissão de gases do efeito estufa, são alguns dos agravantes ambientais na atividade.

Os impactos ambientais que a atividade da suinocultura pode acarretar são diversos para o solo, água, ar e animais, mas podem ser evitados ou minimizados a partir de diversos tratamentos disponíveis como esterqueira, compostagem, biodigestores entre outros tratamentos, escolhendo o que melhor se adapta a realidade de produção e geração de dejetos.

### **3 METODOLOGIA**

A seguir será apresentada a metodologia da pesquisa e os processos metodológicos adotados no presente trabalho.

#### **3.1 Metodologia da Pesquisa**

O presente trabalho tem como metodologia adotada o estudo de caso para buscar os objetivos da investigação referente aos tratamentos de resíduos (dejetos) da suinocultura e seus possíveis impactos ambientais, assim como a busca por um processo sustentável.

A problemática tem caráter predominante qualitativo por meio de revisões literárias sobre a destinação de dejetos produzidos na atividade da suinocultura, impactos ambientais e busca por um processo de produção sustentável, afim do conhecimento de suas características, particularidades, pesquisa e desenvolvimento de inovações e rumos para o futuro. Além disso, possui uma abordagem quantitativa no que se refere na análise do potencial de geração biogás a partir de dejetos da suinocultura.

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória na área da suinocultura com a fim de reconhecer e esclarecer os processos envolvidos com o tratamento de dejetos e soluções ambientais para o resíduo altamente contaminante e ainda fazer uma análise dos possíveis problemas ambientais que podem ser ocasionados.

O método escolhido para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa é o investigativo e explicativo, com o estudo de caso por meio de uma revisão bibliográfica na área da suinocultura. A escolha permite fazer uma investigação a partir de materiais de livros, artigos, dissertações e teses nacionais e internacionais, a partir do qual será possível conhecer e as principais técnicas aplicadas no tratamento e manejo de dejetos suínos, assim como os possíveis impactos ambientais de cada técnica utilizada e ainda apontar soluções promissoras para o menor impacto do resíduo envolvido.

A Figura 9 sintetiza a classificação da pesquisa e as características adotadas no trabalho.

Figura 9 - Classificação da pesquisa de acordo com Yin (2010).

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	CARACTERÍSTICAS ADOTADAS NO TRABALHO		
Objetivo Geral	Bibliográfica	De laboratório	De campo
Natureza	Básica	Aplicada	
Problema	Qualitativa	Quantitativa	
Objetivos Específicos	Exploratória	Descritiva	Explicativa
Procedimentos Técnicos	Bibliográfica	Documental	<i>Ex-post-facto</i>
	Participante	Estudo de caso	Pesquisa-ação
	Experimental	Levantamento	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

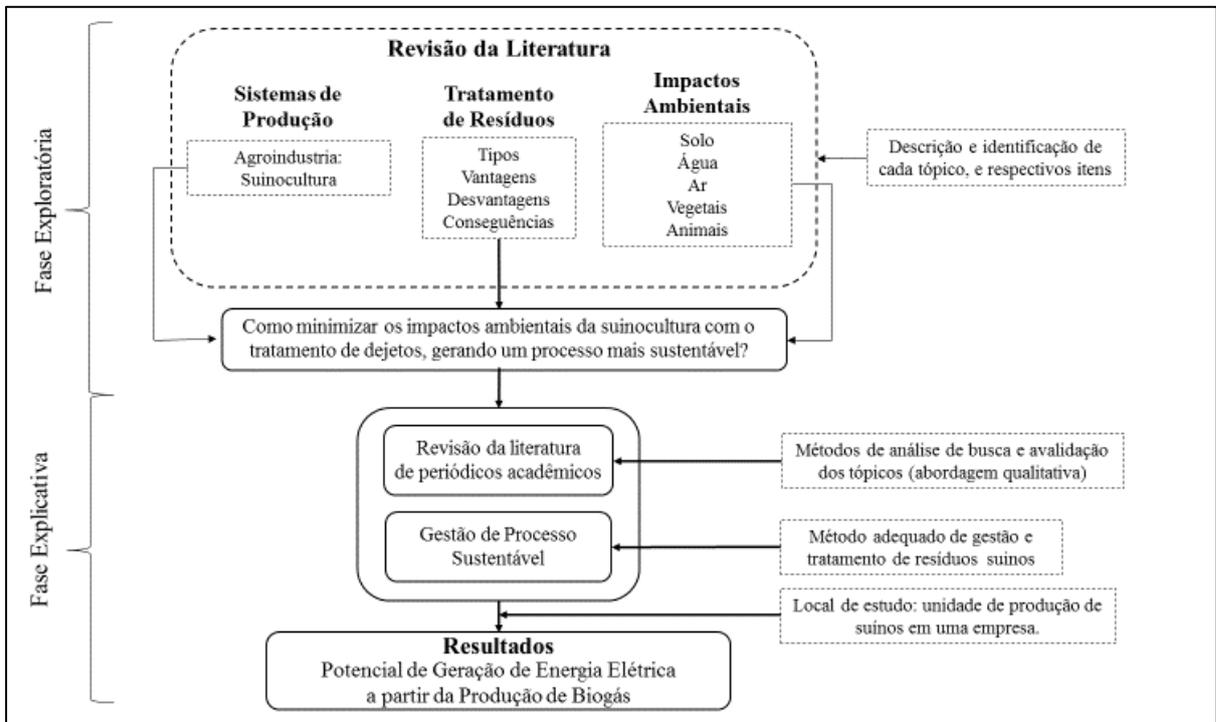
Os dados observados e levantados a partir da revisão bibliográfica serão utilizados para a análise e composição dos resultados do presente trabalho proposto.

### 3.2 Processos Metodológicos

Quanto aos procedimentos metodológicos ocorre em duas fases: Fase exploratória e a Fase explicativa. A primeira fase exploratória contempla uma revisão da literatura dos sistemas de produção, tratamentos de resíduos e os impactos ambientais no período de 2010 até a finalização da pesquisa (previsto para 2021/2). Nessa fase de investigação visa buscar responder à pergunta de pesquisa: “como minimizar os impactos ambientais da suinocultura a partir do tratamento dos desejos/resíduos, gerando um processo mais sustentável?”.

A segunda fase explicativa visa uma análise de busca e avaliação dos artigos científicos e periódicos nas bases de dados considerando a área de Gestão de processo sustentável e métodos mais adequados e utilizados nos tratamentos de dejetos. A Figura 10 apresenta e sintetiza os seguintes procedimentos metodológicos.

Figura 10 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

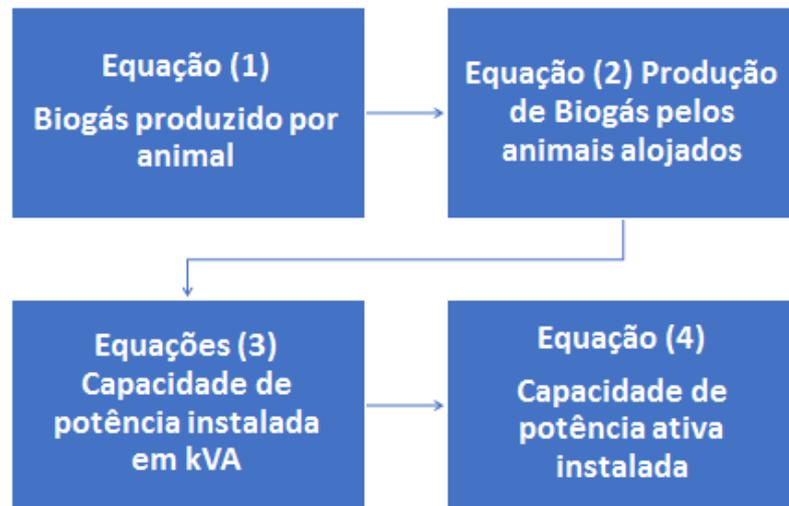


Fonte: Elaborado pelo autor(2021).

A unidade da empresa foi visitada para conhecer os processos realizados no processo de tratamento de dejetos utilizado na empresa. Os cálculos para estimar o potencial de geração de biogás na empresa a partir dos dejetos gerados, foram realizados com base nas equações utilizadas nos estudos de Monteiro (2019), cabe salientar que estes cálculos teóricos foram os que se mostraram adequados aos dados obtidos nas análises e resultados do trabalho.

Para este trabalho foram considerados a produção de esterco por animal, sem a presença de urina, ração, água, entres outros componentes que podem estar presentes alterando sua composição. Além disso, também foram considerados apenas animais adultos para estimar o potencial de produção de biogás, devido à presença de animais em diferentes fases de produção; lactação e gestação, utilizando-se a média de produção de esterco de suínos. Na Figura 11 são apresentadas as equações para o cálculo.

Figura 11 - Fluxograma das equações utilizadas para estimar o potencial de geração de biogás, segundo Monteiro (2019).



Fonte: Adaptado. Monteiro (2019)

As equações utilizadas foram referentes à quantidade de biogás produzido por animal, produção de biogás pelos animais alojados, capacidade de potência instalada em (kVA) e capacidade de potência ativa instalada. A partir da pesquisa na área de suinocultura e tratamentos de dejetos, e posteriormente com o cálculo com as equações de Monteiro (2019), torna-se possível atender os objetivos do presente trabalho.

### 3.3 Local de Estudo

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo da suinocultura e agroindústria há mais de 27 anos, está localizada no oeste catarinense e conta com uma estrutura de granjas próprias, parceiros integrados, fabricas de rações e indústria de alimentos, sendo considerada a maior produtora de suínos independente do Brasil. A empresa tem ao todo sete unidades produtoras de leitões (UPLs), estando presentes na sua maior parte no estado de Santa Catarina e uma unidade em Goiás, com um total de aproximadamente 31.500 matrizes e uma produção anual de 938.000 leitões desmamados. A empresa completou em 2020, a marca de dez anos como detentora da certificação ambiental ISO 14001:2015.

O estudo de caso será realizado em uma das Unidades Produtoras de Leitões Desmamados (UPDs) da empresa que está localizada no interior de Papanduva/SC, que conta com 8.200 matrizes e uma produção anual de 184.000 leitões desmamados.

A empresa apresenta diferentes tratamentos para dejetos em suas Unidades, sendo eles o biodigestor associado à esterqueira com destinação final para fertirrigação e o Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura (SISTRATES) da Embrapa, sendo pioneira na implantação. A UPD em que o estudo será realizado utiliza o tratamento pelo biodigestor e faz fertirrigação. A seguir são descritas as principais etapas do processo de tratamento do biodigestor associado à esterqueira utilizado na empresa.

### 3.3.1 Processo de tratamento do biodigestor associado à esterqueira

Neste item serão abordadas as principais etapas do processo de tratamento do biodigestor associado à esterqueira, processo utilizado na unidade do estudo de caso.

- Etapa 1: Na unidade onde o estudo foi realizado, o volume diário de dejetos líquidos por animal, considerando sua classificação como Unidade de Produção de Desmamados (UPD) são aproximadamente 11,4 litros por animal, a produção de dejetos líquidos também está associada ao volume diário de Consumo de Água por animal, sendo o consumo de 19,3 litros por animal, considerando água para limpeza e higienização das instalações. A produção diária de esterco em média para suínos é de 2,35 kg por animal confinado.

Figura 12 - Barracões da Unidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

- Etapa 2: A unidade tem 15 barracões que alojam fêmeas nas fases de gestação e maternidade, os dejetos produzidos pelos animais alojados em gaiolas suspensas, ficam armazenados nas canaletas por um período de sete dias em média, sendo considerado como tempo ideal para o melhor aproveitamento do gás metano ( $\text{CH}_4$ ) no processo de digestão anaeróbica no biodigestor. Após a liberação dos dejetos das canaletas estes são destinados ao Biodigestor I por meio de uma rede interligada de tubulação subterrânea.

Figura 13 - Alojamento em Maternidade de suínos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 14 - Alojamento em Gestação de Suínos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

- Etapa 3: A unidade utiliza para tratamento de dejetos dois biodigestores do modelo canadense contínuo, destinados à produção de biogás. Medindo aproximadamente 41.30m x 16m x 3.40m e 2.5m de altura, com capacidade de efluente líquido de aproximadamente 1.756m<sup>3</sup> e capacidade de armazenamento de gás de 1.340m<sup>3</sup>. Ao chegar ao biodigestor I o dejetos sofre o processo de digestão anaeróbica permanecendo neste por aproximadamente 4 a 5 dias, período necessário até a saída para o Biodigestor II, pois a alimentação dos biodigestores é contínua, sendo assim os dejetos vão sendo empurrados em direção à saída. O período de permanência nos biodigestores pode ser alterado devido ao volume de dejetos recebidos diariamente, podendo ser maior. O Biodigestor II recebe os dejetos que passaram por tratamento no Biodigestor I, onde novamente ocorrerá a digestão anaeróbica permanecendo neste até que o material esteja estabilizado, ocorrendo após a saída.

Figura 15 - Biodigestores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ao final do processo no biodigestor os dejetos seguem para a esterqueira onde permaneceram armazenados por um período mínimo de 120 dias, após este período pode ser feita a aplicação na lavoura como fertilizante.

Figura 16 - Esterqueiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

- Etapa 4: O biogás produzido no biodigestor pode ser armazenado em um gasômetro superior a câmara de digestão. O gasômetro contém um sistema de alívio de pressão quando a capacidade máxima de gás é atingida. O biogás produzido e armazenado pode ser direcionado por uma tubulação para um gerador para produção de energia elétrica, atualmente o gerador da unidade encontrasse estragado, assim o potencial energético do biogás produzido pela empresa não está sendo utilizado. A única forma de consumo do biogás produzido acontece por meio de um motor por combustão mecânica responsável por mandar os dejetos tratados para fertirrigação. Os principais consumos de energia na unidade são apresentados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Principais consumos de energia na UPD.

<b>Principais consumos de energia na UPD</b>	
Poços artesianos	Energia elétrica
Aquecimento de leitões por campanulas	Energia elétrica
Climatização de Barracões e motores de ração	Energia elétrica
Higienização e lavação das instalações	Energia elétrica

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Conforme detalhado na Tabela 3 acima, o maior consumo de energia está relacionado aos poços artesianos da unidade, seguido do aquecimento dos leitões, climatização e abastecimento de ração, a higienização e lavação das instalações apresenta consumo menos significativo.

## 4 ANÁLISES E RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados quanto ao Tratamento Sustentável dos Dejetos e Principais Benefícios Ambientais e Econômicas Pós-tratamento.

### 4.1 Tratamento Sustentável dos Dejetos

Para o tratamento sustentável dos dejetos na unidade de produção de suínos, a empresa conta com a infraestrutura de dois biodigestores, porém não está utilizando o biogás que produz, pois o gerador de 125 kVA está estragado, sendo está uma alternativa sustentável, pois o biogás poderia ser convertido em energia, podendo fazer uso da energia gerada para consumo próprio na unidade.

Com o plantel atual de 8.200 matrizes na unidade e a produção diária de dejetos líquidos é de aproximadamente 11,4 litros por animal alojado considerando a produção de dejetos suínos em cada sistema de produção, a unidade é classificada como Unidade de Produção de Desmamados (UPD), conforme Tabela 4.

Tabela 4. Consumo médio de água e produção média de dejetos em sistemas especializados de produção de suínos no Estado de Santa Catarina.

Sistema de Produção	Unidade	Consumo de Água		Produção de Dejetos	
		Diário	Anual	Diária	Anual
----- L / vaga de alojamento -----					
Unidade de Terminação	Suíno	8,3	2.850	4,5	1.526
Creche	Leitão	2,7	815	1,6	478
Unidade de Produção de Desmamados (UPD)	Matriz	19,3	7.056	11,4	4.162
Unidade de Produção de Leitões (UPL)	Matriz	26,5	9.675	15,6	5.696
Ciclo completo	Matriz	92,0	33.562	50,6	18.486
Wean-to-finish single stock	Leitão	6,9	2.405	3,7	1.299
Wean-to-finish double stock	Leitão	3,8	1.319	2,1	718
Machos	Macho	10,0	3.661	6,5	2.380

Fonte; IN-11(2021)

Conforme dados de tabela 4, uma Unidade de Produção de Desmamados (UPD), é composta pelo alojamento de matrizes, com uma produção de dejetos líquidos de 11,4 litros por animal e um consumo diário de água que deve ser considerado de 19,3 litros por animal, neste número considera-se a água utilizada para limpeza e higienização das instalações.

A produção de dejetos é caracterizada pelas fases de desenvolvimento dos animais, sendo considerada para suínos a produção média de 2,35 kg de esterco ao dia por animal, conforme as fases de desenvolvimento de suínos e produção de dejetos são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Produção de dejetos de suínos em diferentes fases de desenvolvimento.

Categoria de animais	Esterco (kg/dia)	Esterco+urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (L/dia)
Leitões na creche	0,35	0,95	1,4
Suínos de 25 a 100 kg	2,3	4,9	7
Porca: reposição, pré-cobrição, cobrição e gestante	3,6	11	16
Porcas em lactação com leitões	6,4	18	27
Machos	3	6	9
Média	2,35	5,8	8,6

Fonte: OLIVEIRA et al. (1993) apud GUSMÃO (2008).

A produção de suínos pode ocorrer em Ciclo Completo (CC), onde ocorrem todas as fases de desenvolvimento juntas ou pode ser dividida por etapas como é apresentada na Tabela 5. Cada fase de desenvolvimento do suíno tem uma produção específica de dejetos, sendo relativamente baixa em Leitões na Creche e maior na fase de lactação dos leitões, ou seja, leitões ainda alojados com a porca.

A produção diária de dejetos pelo atual plantel de 8.200 animais alojados, pode ser calculada segundo Mito (2018), pela Metodologia de Kunz (2006), de acordo com a seguinte equação.

$$Q = N^{\circ} \times PD$$

Cálculo do volume de efluentes gerados ao dia.

Onde:

$Q \text{ m}^3 \text{ dia} - 1$  volume total de dejetos produzidos ao dia.

$N^{\circ}$  número inteiro número de animais.

$PD \text{ m}^3 \text{ animal dia} - 1$  volume de dejetos produzidos por animal e categoria ao dia.

A equação da Metodologia de Kunz (2006) foi utilizada para calcular o volume de dejetos líquidos e o volume de esterco produzido diariamente na unidade. Os

resultados obtidos a partir do cálculo, considerando o plantel atual, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Produção de dejetos líquidos e produção de esterco na UPD.

<b>Produção Dejetos Líquidos por Animal</b>	<b>Produção diária dejetos líquidos na UPD</b>
11,4 litros	93.480 litros
<b>Produção Esterco por animal</b>	<b>Produção diária de esterco na UPD</b>
2,35	19,270 kg

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

De acordo com os cálculos, a produção diária de dejetos líquidos foi de 93.480 litros e a produção de esterco foi de 19,270 kg. A produção de dejetos líquidos na unidade, foi calculada a partir da Tabela 4, considerando a classificação da unidade na categoria de uma UPD (Unidade Produtora de Desmamados). O cálculo da produção diária de esterco na unidade foi calculado a partir da Tabela 5, considerando a produção média de dejetos suínos por animal alojado.

O potencial de produção de biogás pode ser calculado considerando a produção de gás pela categoria animal e a produção diária de dejetos. A Tabela 7 apresenta a produção de gás por dejetos de animais semi-estabulados.

Tabela 7. Produção de gás por dejetos de animais semi-estabulados.

<b>Animal</b>	<b>Kg dejetos dia</b>	<b>M<sup>3</sup> de gás dejetos</b>	<b>M<sup>3</sup> gás dejetos animal dia</b>
Aves	0,09	0,550	0,0050
Bovinos	10	0,0400	0,4000
Equinos	6,5	0,0480	0,3100
Ovinos	0,77	0,0700	0,0500
Suínos	2,25	0,0640	0,1400

Fonte; FARRET (2014) apud MONTEIRO (2019).

Conforme dados apresentados na tabela 7, a produção diária de dejetos para suínos de 2,25 kg ao dia, sendo 1 kg de esterco produz 0,064 m<sup>3</sup> de gás ao dia. A quantidade de biogás produzida por animal pode ser calculada pela Equação (1) de Monteiro (2019).

#### **Equação (1):** Biogás produzido por animal

$$T \text{ Biogás/Animal} = m \text{ dejetos/dia} * f \text{ produção/animal}$$

Onde:

$$T = \text{quantidade produzida por animal}$$

$m = \text{dejetos produzidos ao dia}$

$f = \text{produção de dejetos por animal}$

Ou seja:

$$T \text{ Biogás} / \text{Animal} = 2,25 \times 0,064$$

$$T \text{ Biogás} / \text{Animal} = 0,14 \text{ m}^3 \text{ dia}$$

Para o cálculo de produção de biogás por animal foram utilizados como referência, os dados apresentados por Monteiro (2019) na Tabela 7. Considerando 2,25 kg de dejetos ao dia e 0,064 m<sup>3</sup> de gás a cada 1 kg de dejetos, sendo obtido o valor de 0,14 m<sup>3</sup> de gás ao dia por animal alojado.

Para obter a produção diária de biogás considerando o total de animais alojados Monteiro (2019) utilizou a equação (2):

**Equação (2):** Produção de Biogás pelos animais alojados.

$$T1 \text{biogás} / \text{dia} = T1 \text{biogás} / \text{animal} * N$$

Onde:

$T1 = \text{quantidade de biogás produzida por dia, a partir do produto de } T$

$T = \text{quantidade de biogás produzida por animal}$

$N = \text{quantidade de animais do local}$

Ou seja:

$$T1 \text{ Biogás} / \text{dia} = 0,14 \times 8.200$$

$$T1 \text{ Biogas dia} = 1,148 \text{ m}^3 \text{ dia}$$

De acordo com os dados obtidos na equação (2), considerando um plantel de 8.200 animais e a produção de 0,14 m<sup>3</sup> de gás por animal, a seguir são apresentados na Tabela 8, a produção diária de biogás na unidade e qual seria a produção em um período de 30 dias, ou seja, mensal.

Tabela 8. Produção diária de biogás ao dia e no período de 30 dias na UPD.

Produção diária de m <sup>3</sup> biogás	Produção período de 30 dias
1,148 m <sup>3</sup> dia	34.440 m <sup>3</sup> mês

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A produção diária de biogás na unidade calculada na equação (2) foi de 1.148 m<sup>3</sup> ao dia e se considerarmos um período de 30 dias, a produção seria de 34,440 m<sup>3</sup> ao mês.

De acordo com Monteiro (2019) ocorre uma perda equivalente á 30% do biogás produzido, por tanto temos redução da produção diária de biogás calculada de 1.148m<sup>3</sup> dia para 803,6 m<sup>3</sup> dia, conforme dados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Produção diária de biogás 100% e 70%, considerando perdas de 30%.

100%	70%
1148 m <sup>3</sup> dia	803.6 m <sup>3</sup> dia

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O valor considerando a perda de 30%, segundo Monteiro (2019) deve ser dividido por 24 horas, ou seja, o valor total de horas que podem ser gerados m<sup>3</sup> de biogás por dia.

$$\text{Biogás} / \text{hora} = 803.6 / 24$$

$$\text{Biogás/hora} = 33.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando um período de 24 horas como aponta Monteiro (2019) e a produção de biogás com perda de 30% a produção de 803,6 m<sup>3</sup> de biogás, é possível obter o valor de 33.48 m<sup>3</sup> por hora, ou seja, a cada hora seria produzida a referente quantidade de biogás.

O autor ainda afirma que a partir deste cálculo é possível identificar qual a capacidade de geração de energia elétrica por m<sup>3</sup>/h de biogás. O gerador que a UPD utiliza é de 125 kVA, sendo assim necessária a conversão para obter o consumo de biogás e a produção de kilowatts hora, os resultados da conversão são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Conversão de consumo m3 de biogás para gerador de 125 kVA.

Consumo	Gerador 30 kVA	Gerador 125 kVA
	10 m <sup>3</sup>	41,6 m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Para o cálculo da Capacidade de potência instalada em kVA e Capacidade de potência ativa instalada foram utilizadas as Equações (3) e (4) de Monteiro (2019).

**Equação (3):** Capacidade de potência instalada em kVA.

$$P \text{ kVA} = C_p \text{ biogás m}^3 \text{ hora} * C_{mg/Cbm}$$

$$P \text{ kVA} = 33,488 \text{ } 125/41,6$$

$$P \text{ kVA} = 100,6 \text{ kVA}$$

Onde:

*P kVA* potência instalada em kVA

*cmg* capacidade de geração do motor

*cbm* consumo de biogás pelo motor

*C<sub>p</sub> biogás m<sup>3</sup>/hora* capacidade de produção do biogás em m<sup>3</sup> por hora

A partir dos resultados obtidos na equação (3), de 100,6 kVA, pode ser calculada a capacidade de potência ativa instalada, conforme equação (4) de Monteiro (2019).

**Equação (4):** Capacidade de potência ativa instalada.

$$P \text{ kW} = P \text{ kVA} * FP$$

$$P \text{ kW} = 100,6 * 0,9$$

$$P \text{ kW} = 90,54 \text{ kW}$$

Onde:

*P kW é a potência instalada em kW*

*P kva potência instalada em kVA*

*FP fator de potência*

A partir das equações de Monteiro (2019) podem ser apresentados valores do potencial de geração de energia elétrica utilizando o biogás produzido nos biodigestores da UPD, segundo Tabela 11.

Tabela 11. Potencial de geração de energia elétrica a partir de biogás na UPD.

Por hora Kw	Por dia kW/h	Por mês kW/h
90,54	2.172,96	65.188,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A produção por hora de energia na unidade calculado foi de 90,54 kW, considerando um período de 24 horas a produção seria de 2.172,96 kW/h e ao mês de 65.188,8 kW/h, assim apresentando grande potencial de conversão do biogás para energia. A seguir são apresentados dados referentes ao consumo de energia na Unidade da Empresa no ano de 2021, os dados foram analisados e apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Consumo de Energia na UPD por mês em 2021.

Consumo de energia 2021 (kwh/mês)								
01/2021	02/2021	03/2021	04/2021	05/2021	06/2021	07/2021	08/2021	Consumo médio
39.961	42.070	47.041	45.959	44.395	63.492	58.383	83.641	53.117,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir dos dados analisados é possível obter o potencial de biogás gerado pelo plantel da unidade de 8.200 matrizes, utilizando o tratamento de dejetos em biodigestor. Além do biogás gerado é possível também conhecer a capacidade de geração de energia a partir do biogás dos dejetos animais. A unidade apresenta um consumo médio mensal de 53.117,75 kWh e a produção de energia por meio do biogás mensal calculada é de 65.188,8 kWh, sendo possível atender a unidade por meio da energia gerada pelo biogás.

## **4.2 Principais Benefícios Ambientais e Econômicas Pós-tratamento**

O tratamento adequado dos dejetos da unidade de produção de suínos pode promover diversos benefícios ambientais e econômicos para a empresa dos quais podem ser apontados os seguintes benefícios:

- Benefícios ambientais: a diminuição do impacto do grande volume de dejetos gerados com o tratamento, reduzindo riscos de contaminação ambiental de solo, água, fauna e flora, possibilitando a reutilização segura dos resíduos. Diminuição na emissão de gases do efeito estufa.
- Benefícios econômicos: os benefícios ambientais resultantes do tratamento podem ser revertidos em econômicos, a partir do tratamento é possível a conversão em energia elétrica para consumo próprio e adubo orgânico que pode ser comercializado.

A utilização de tratamentos para o grande volume de dejetos se torna uma necessidade para a atividade visando a diminuição de seus impactos ambientais, mas também se faz necessária para a diminuição de gastos com longos períodos de retenção destes resíduos e pode gerar retorno financeiro devido á possibilidade de reutilizar os resíduos.

## 5 CONCLUSÃO

A suinocultura é uma atividade que se desenvolveu de forma muito rápida em demanda do consumo mundial de carnes, juntamente com este crescimento desenvolveram-se sistemas confinados trazendo um agravante principalmente para a questão ambiental, a produção em grande volume de dejetos em pequenas áreas. Desde então, vários processos foram desenvolvidos para tentar diminuir seus impactos ambientais, dentre eles se destacam a compostagem, cama sobreposta, esterqueiras e bioesterqueiras, lagoa de decantação e biodigestores, dentre outros.

Para responder a pergunta de pesquisa “Como minimizar os impactos ambientais da suinocultura com o tratamento de dejetos, gerando um processo mais sustentável” foram realizadas pesquisas a fim de evidenciar cada processo de tratamento para dejetos utilizados na suinocultura, apresentando vantagens e desvantagens, sendo o biodigestor considerado uma alternativa que torna o processo mais sustentável permitindo tratar os dejetos e ainda se apresenta como um potencial alternativo na geração de energia e produção de fertilizante para a lavoura.

A partir das análises dos resultados na unidade do estudo de caso, observa-se que há um número elevado de animais confinados e grande produção de dejetos diariamente, sendo de grande preocupação a correta destinação e tratamento dos dejetos produzidos na unidade. A unidade utiliza como sistema de tratamento biodigestores produzindo dois produtos; o fertilizante destinado a fertirrigação utilizado em lavouras e; o biogás, que atualmente não é utilizado devido a problemas no gerador utilizado, ou seja, o potencial de geração de energia está sendo perdido.

O processo de tratamento dos dejetos produzidos na atividade da suinocultura na empresa, atende as perspectivas de Araújo, Montenegro e Maranguape (2016), elimina ou minimiza a elevada quantidade de dejetos gerados nas propriedades, de forma a reduzir ou a extinguir o seu potencial poluente e evitar, assim, a degradação do meio ambiente. Além disso, pode ser utilizados os dejetos como fertilizante disponível nas propriedades, como complemento às necessidades de adubação mineral para melhorar as condições do solo e aumentar a produtividade das lavouras, E também, promover o tratamento adequado dos

dejetos, com a finalidade de reduzir o potencial poluidor de transmissão de patógenos e, com isso, melhorar a produtividade dos rebanhos de suínos.

Desta forma o tratamento utilizado pode ser considerado uma alternativa sustentável para a atividade, porém como o gerador da unidade apresenta problema mecânico e atualmente não está em uso, como melhoria e melhor aproveitamento do biogás produzido, o gerador poderia ser encaminhado para conserto ou substituído por outro de igual ou maior potência. Assim, a unidade poderia usufruir de benefícios ambientais na redução de riscos de contaminação ambiental e emissão de gases, associados a benefícios econômicos na produção de energia para consumo próprio ou externo e a comercialização de biofertilizante.

A partir de conhecimentos teóricos e cálculos práticos para estimar a produção de dejetos na unidade, produção de biogás e potencial produção de energia, foi possível obter resultados precisos do processo utilizado na empresa. Com a atual produção de dejetos de 19,270 kg/dia e uma produção de biogás 803,6 m<sup>3</sup>/dia convertida em energia produz 90,54 kW em uma hora utilizando um gerador de 125 kVA e ao mês 65.188,8 kWh, podendo atender a demanda mensal média de energia de 53.117,75 kWh.

Desta forma é possível evidenciar o biodigestor como um tratamento mais sustentável para a suinocultura, visto que os dejetos gerados em grandes quantidades podem ser tratados diminuindo o risco de contaminação ambiental e emissão de gases. Além disso, é possível reutilizar os dejetos produzindo biogás para a conversão em fonte de energia e o biofertilizante de grande valor para utilização em lavouras na adubação.



## 6 REFERÊNCIAS

AMORIM, Ana C.; LUCAS JÚNIOR, Jorge de; RESENDE, Kléber T. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano.** Engenharia Agrícola, v. 24, p. 16-24, 2004. Disponível em: <  
<https://www.scielo.br/j/eagri/a/TmpxQ7Td9zM6mFjJ53rPr7M/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 30 Jan 22.

ARAUJO, Nazareno Sousa; MONTENEGRO, Ricardo Coêlho; MARANGUAPE, Jéssica Sousa. **USO DE TECNOLOGIAS NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.** 2016. VII Congea-Campina Grande. Disponível em:  
<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/XI-035.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

AVACI, Angelica B. *et al.* **Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura.** 2013. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n4/a15v17n4.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

AWASTHI, M. K., SARSAIYA, S., WAINAINA, S., RAJENDRAN, K., KUMAR, S., QUAN, W., & ZHANG, Z. (2019). **A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: Technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 111, 115-131.

BARBOSA, George; LANGER, Marcelo. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental.** 2011. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Langer/publication/267225736\\_Uso\\_de\\_biodigestores\\_em\\_propriedades\\_rurais\\_uma\\_alternativa\\_a\\_sustentabilidade\\_ambiental/links/568d1b7208aec2fdf6f66910/Usode-biodigestores-em-propriedades-rurais-uma-alternativa-a-sustentabilidade-ambiental.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Langer/publication/267225736_Uso_de_biodigestores_em_propriedades_rurais_uma_alternativa_a_sustentabilidade_ambiental/links/568d1b7208aec2fdf6f66910/Usode-biodigestores-em-propriedades-rurais-uma-alternativa-a-sustentabilidade-ambiental.pdf). Acesso em: 04 mar. 2021.

BELLI FILHO, Paulo *et al.* **Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos.** 2001. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - COMUNICADO

TÉCNICO. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662001000100032&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662001000100032&script=sci_arttext). Acesso em: 16 fev. 2021.

BORGES, Pedro Hurtado de Mendoza; MORAIS, Pedro Hurtado de Mendoza; MENDOZA, Zaíra Morais dos Santos Hurtado de. **QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO DE GASES ORIUNDOS DA SUINOCULTURA**. 2019. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.16 n.30. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2019b/quantificacao.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2021.

CABRAL, Juarez R. *et al.* **Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante**. 2011. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental versão On-line ISSN 1807-1929. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/09.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CADIS, Patricia; HENKES, Jairo Afonso. **GESTÃO AMBIENTAL NA SUINOCULTURA: SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS POR UNIDADE DE COMPOSTAGEM**. 2014. R. gest. sust. ambient., Florianópolis. Disponível em: [http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/2222](http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2222). Acesso em: 15 dez. 2021.

CARDOSO, Bárbara Françoise; OYAMADA, Graciela Cristine; SILVA, Carlos Magno da. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, Brasil, p.127-145, out. 2015. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3159>. Acesso em: 20 nov. 2019.

CULTURAMIX. **Dejetos de Suinocultura**. 2012. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/projetos/dejetos-de-suinocultura>. Acesso em: 04 mar. 2021.

EMBRAPA. **Estatísticas | Brasil | Suínos**: embrapa aves e suínos. Embrapa aves e suínos. 2020. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Disponível

em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/brasil>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FERREIRA, ADILSON HÉLIO et al. **Produção de suínos: teoria e prática**. Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), 1ª ed., Brasília/DF, 2014. Disponível em:

<https://www.bibliotecaagpatea.org.br/zootecnia/suinoicultura/livros/PRODUCAO%20E%20SUINOS%20TEORIA%20E%20PRATICA.pdf>

FORNECK, Elisandra; KLUG, João. **IMPACTOS SÓCIO AMBIENTAIS DA SUINOCULTURA NO OESTE CATARINENSE: DO VISÍVEL AO INVISÍVEL**. 2015. XXVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA. Disponível em:

[http://www.snh2015.anpuh.org/resources/anais/39/1428326734\\_ARQUIVO\\_Impactos socioambientaisdasuinoiculturanooestecatarinense.pdf](http://www.snh2015.anpuh.org/resources/anais/39/1428326734_ARQUIVO_Impactos%20socioambientaisdasuinoiculturanooestecatarinense.pdf). Acesso em: 29 dez. 2019.

FRIGO, Késia Damaris de Azevedo *et al.* **BIODIGESTORES: SEUS MODELOS E APLICAÇÕES**. 2020. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/12528>. Acesso em: 15 out. 2021.

GUIMARÃES, Diego *et al* (org.). **SUINOCULTURA: ESTRUTURA DA CADEIA PRODUTIVA, PANORAMA DO SETOR NO BRASIL E NO MUNDO E O APOIO DO BNDES**. 2017. Agroindústria | BNDES Setorial 45. Disponível em:

[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11794/1/BS%2045%20Suinoicultura%20-%20estrutura%20da%20cadeia%20produtiva%20C%20panorama%20do%20setor%20no%20Brasil%5B...%5D\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11794/1/BS%2045%20Suinoicultura%20-%20estrutura%20da%20cadeia%20produtiva%20C%20panorama%20do%20setor%20no%20Brasil%5B...%5D_P.pdf). Acesso em: 16 Jan. 2020.

GUSMÃO, Maria Margarida Falcão e Cunha de Campos. **PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE SUÍNOS EM SANTA CATARINA**. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91616>. Acesso em: 29 set. 2021.

IBGE. **Abate de bovinos cai 8,5% em 2020 e cresce o de suínos e frangos.** 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/30318-abate-de-bovinos-cai-8-5-em-2020-e-cresce-o-de-suinos-e-frangos>. Acesso em: 29 set. 2021

IN-11 Suinocultura Versão Agosto 2021. 2021. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/downloads/licenciamento-ambiental/instrucoes-normativas-1/in11/2572-in11-suinocultura>. Acesso em: 23 set. 2021.

ITO, Minoru; GUIMARÃES, Diego; AMARAL, Gisele. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades.** 2016. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9974>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

JESSICA YUKI DE LIMA MITO. Embrapa. **Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil.** 2018. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Biog%C3%A1sFert+-+Metodologia+para+estimar+o+potencial+de+biog%C3%A1s+e+biometano+a+partir+de+plant%C3%A9is+su%C3%ADnos+e+bovinos+no+Brasil.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.

KOSTANESKI, Patrícia Caroline. **COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E BIODIGESTORES NO MANEJO E TRATAMENTO DE DEJETOS EM EMPREENDIMENTOS DA SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR.** 2018. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3953>. Acesso em: 29 jun. 2020.

KUNZ, Airton *et al.* **Recomendações para uso de Esterqueiras para Armazenagem de Dejetos de Suíno.** 2004. MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO- COMUNICADO TÉCNICO. Disponível em: <file:///C:/Users/ADM/Desktop/arquivos%20tcc/Nova%20pasta/cot361.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2021

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando de. **TECNOLOGIAS DE MANEJO E TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS ESTUDADAS NO BRASIL. Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p.651-665, 2005. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/download/PRODUCAO%20ANIMAL%20X%20IMPACTO%20AMBIENTAL/leitura%20anexa%206.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás**. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/121642/1/Paginasdepolagr0320064p.2835.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2021.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LANCINHA, Suzanna Engrácio. **Produção de Biogás como Fonte Renovável de Energia a partir de Resíduos da Cultura do Milho**. 2016. 83 f. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia das Energias Renováveis- Universidade Nova de Lisboa, 2017. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/23423/1/Lancinha\\_2016.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/23423/1/Lancinha_2016.pdf) >. Acesso em: 30 Jan 22.

MAGO, Anigeli dal. **AVALIAÇÃO DE BIODIGESTORES COM O USO DE DEJETOS DE SUÍNOS, EM BRAÇO DO NORTE E EM CONCÓRDIA**. 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93209>. Acesso em: 28 ago. 2021.

MARTINS, Clitia Helena Backx; OLIVEIRA, Naia (org.). **INDICADORES ECONÔMICO-AMBIENTAIS NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE**. 2005. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO, SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: [http://cdn.fee.tche.br/documentos/documentos\\_fee\\_63.pdf](http://cdn.fee.tche.br/documentos/documentos_fee_63.pdf). Acesso em: 07 fev. 2021.

MONTEIRO, Airton José. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL (NRS) A PARTIR DA**

**BIOMASSA DOS DEJETOS DE SUÍNOS E BOVINOS.** 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20491>. Acesso em: 15 nov. 2021.

NASCIMENTO, Heloiza *et al.* **A produção e o consumo de carne suína no mundo** 2020. Disponível em: <https://www.suinoindustria.com.br/imprensa/a-producao-e-o-consumo-de-carne-suina-no-mundo/20200512-110921-k561>. Acesso em: 19 fev. 2021.

NUNES, Maria Luísa Appendino; MIRANDA, Késia Oliveira da Silva. **ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA SUINOCULTURA.** 2013. Disponível em: [http://www.cantareira.br/thesis2/ed\\_19/art4.pdf](http://www.cantareira.br/thesis2/ed_19/art4.pdf). Acesso em: 23 jan. 2021.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de. **SUINOCULTURA E IMPACTO NO SOLO.** 2017. Disponível em: <http://www.asemg.com.br/site/wp-content/uploads/2017/12/DEJETOS-SU%C3%8DNOS-E-IMPACTO-AMBIENTAL1.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2021.

PEREIRA, Edilaine Regina; DEMARCHI, João José Assumpção de Abreu; BUDIÑO, Fábio Enrique Lemos. **A QUESTÃO AMBIENTAL E OS IMPACTOS CAUSADOS PELOS EFLUENTES DA SUINOCULTURA:** 2009. Infobibos. Disponível em: [http://www.infobibos.com/artigos/2009\\_3/qambiental/index.htm](http://www.infobibos.com/artigos/2009_3/qambiental/index.htm). Acesso em: 04 mar. 2021.

PEREIRA, Murilo Sagrillo *et al.* **Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM.** 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/18064>. Acesso em: 07 fev. 2021.

SANTOS, Débora Teresinha dos; SILVA, Valeska Martins da. **A SUINOCULTURA E OS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE.** 2018. CIÊNCIA E TECNOLOGIA-UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA. Disponível em: <http://revistaeletronicaocs.unicruz.edu.br/index.php/CIENCIAETECNOLOGIA/article/view/8120>. Acesso em: 19 jan. 2021.

SILVA, Carlos Magno da; FRANÇA, Marcos Tertuliano de; OYAMADA, Graciela Cristine (org.). **CARACTERÍSTICAS DA SUINOCULTURA E OS DEJETOS**

**CAUSADOS AO AMBIENTE.** 2015. Connection Line. Disponível em:

<http://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/download/199/453#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20su%C3%ADnos%20acarrta,bem%20estar%20humano%20e%20animal..> Acesso em: 07 maio 2020.

SOARES, Clenoir Antonio. **Estudo da produção de biogás em escala real a partir de dejetos suínos.** 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, 2017. Disponível em: < <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1553/1/SOARES.PDF>, >. Acesso em: 30 Jan 22.

TAVARES, Sidnei Gregório. **Avaliação das variações da temperatura na produção de biogás em biodigestores Bioköhler durante inverno e primavera.**

2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) -

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

Disponível em; <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3249#preview-link0> Acesso em 30 Jan 2022.

YIN, R. (2010). **Estudo de caso: planejamento e métodos** (A. Thorell, Trad. 4ª ed.). Porto Alegre: Bookman.

