

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS, GESTÃO E
SUSTENTABILIDADE– PPGTGS (MESTRADO PROFISSIONAL)

LUANA DO PILAR MACHADO

**MODELO DE CLASSIFICAÇÃO PARA DESTINAÇÃO DE
DEJETOS SUÍNOS**

DISSERTAÇÃO

FOZ DO IGUAÇU – PR
2021



LUANA DO PILAR MACHADO

MODELO DE CLASSIFICAÇÃO PARA DESTINAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS

Dissertação apresentada ao **Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Gestão e Sustentabilidade** da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito final para a obtenção do título de **Mestre**.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Lazzarotto

Coorientador: Dr. Rodrigo Pastl Pontes

FOZ DO IGUAÇU - PR
2021



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

unioeste



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

FICHA CATALOGRÁFICA

Machado, Luana do Pilar

MODELO DE CLASSIFICAÇÃO PARA DESTINAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS / Luana do Pilar Machado; orientador(a), Emerson Lazzarotto; coorientador(a), Rodrigo Pastl Pontes, 2021. f.

Dissertação (mestrado profissional), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Gestão e Sustentabilidade, 2021.

1. Destinação de dejetos. 2. Tomada de decisão. 3. Modelo de classificação. I. Lazzarotto, Emerson. II. Pastl Pontes, Rodrigo. III. Título.



Unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

LUANA DO PILAR MACHADO

MODELO DE CLASSIFICAÇÃO PARA DESTINAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Gestão e Sustentabilidade - PPGTGS da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, aprovado pela banca examinadora:

Prof. Dr. Emerson Lazzarotto (orientador)
Professor do PPGTGS – Campus de Foz do Iguaçu

Prof. Dr. José Antônio Cescon
Professor do PPGTGS – Campus de Foz do Iguaçu

Prof. Dr. Breno Carneiro Pinheiro
Profissional da Instituição Centro Internacional de Energias Renováveis

Prof. Dr. Eduardo Cesar Dechechi
Coordenador do PPGTGS – Campus de Foz do Iguaçu

Foz do Iguaçu - PR, 12 de Agosto de 2021.



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus, pela força e coragem durante toda essa longa caminhada. O que seria de mim sem a fé que eu tenho nEle?

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim. Nunca mediram esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida. Agradeço o suporte e incentivo constantes.

Agradeço ao André Luiz Valença de Souza pela paciência e apoio constantes. Seu incentivo e confiança fizeram toda a diferença. Obrigada por sempre acreditar em mim e por não medir esforços em me ajudar.

Agradeço ao Orientador, Prof. Dr. Emerson Lazzarotto, pela oportunidade, apoio e orientação durante todas as etapas da pesquisa – e, também, ao Coorientador, Dr. Rodrigo Pastl Pontes, pela orientação e imenso suporte ao longo do processo de pesquisa.

Por fim, agradeço à Unioeste por ofertar o PPGTGS, um Programa de Mestrado Profissional com grande potencial de contribuição para o avanço das empresas e do mercado de trabalho na região.

RESUMO

MACHADO, P. L. (2021). *Modelo de classificação para destinação de dejetos suínos*. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Gestão e Sustentabilidade - PPGTGS, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.

O presente trabalho tem como objetivo propor um modelo de classificação com intuito de auxiliar o produtor rural na tomada de decisão referente à destinação dos dejetos suínos. Para isso, foram realizadas visitas em 30 propriedades rurais com produção de suínos (até 3000 cabeças) e aplicado um formulário com perguntas objetivas. Após a tabulação dos dados, foram definidas três destinações. Tais destinações são: Destinação 1 (D1) “Manutenção Esterqueira”, Destinação 2 (D2) “Vender os dejetos suínos” e Destinação 3 (D3) “Implantar um biodigestor”. Em seguida, foram escolhidas variáveis subdivididas em três macroáreas: econômico, social e ambiental. Realizaram-se testes estatísticos de correlação para validar a relevância das variáveis aplicadas nas três destinações em estudo. Concluiu-se que a macroárea social não possui correlação entre as demais variáveis e não há diferença significativa estatisticamente no estudo. Portanto, foi necessário redefinir as variáveis para uso do modelo de classificação, onde foram subdivididas em duas macroáreas: econômico e socioambiental. O modelo de classificação apresenta qual a melhor opção para destinação dos dejetos suínos com base nos dados inseridos e conforme as características de cada propriedade rural. Considerando tal objetivo, foram definidas entradas específicas (*inputs*) que alimentam o modelo de classificação. Com base nisso, o modelo realiza simulações para os três tipos de destinações, levando em conta as variáveis estipuladas e define qual a melhor destinação dos dejetos suínos (*output*). O modelo é uma ferramenta que auxilia na assertividade das destinações dos dejetos suínos e contribui com a atividade nas propriedades rurais. Além de fornecer informações adequadas ao produtor rural acerca dos custos e receitas envolvidos com o manejo dos dejetos suínos.

Palavras-chave: Destinação de dejetos, tomada de decisão, produção de suínos.

ABSTRACT

MACHADO, P.L. (2021). *Classification model for destination of swine waste*. Master's Dissertation – Post graduate Program in Technologies, Management and Sustainability - PPGTGS, State University of Western Paraná - UNIOESTE, Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil.

The present study aims to propose a classification model to assist the rural producer in decision making about the destination of swine manure. For this, visits were made to 20 rural properties with swine production (up to 3000 unity) and a form with objective questions was applied. After tabulation of the data, three destination situation swere defined. Such situation are: Destination 1 (D1) "Maintain current situation", Destination 2 (D2) "Sell swine waste" and Destination 3 (D3) "Deploy a biodigester". Then, variables were chosen subdivided into three macro areas: economic, social and environmental. Statistical correlation tests were performed to validate one of the variables applied in the three situations under study. It can be observed that the social macro area has no correlation between the other variables and there is no statistical difference in the study. Therefore, it was necessary to redefine the variables to use the classification model, where they were subdivided into two macro areas: economic and socio-environmental. The classification model will present the best option for the destination of swine waste based on the data entered and according to the characteristics of each rural property. Intended, specific inputs that supply the classification model were defined. Based on this, the model performs simulations for the three types of destinations, taking into account the stipulated variables and defining the best destination for swine manure (output). The model is a tool that helps to assert the destination of swine manure and contributes to the activity on rural properties. In addition to providing information to the rural producer about the costs and revenues involved with the handling of swine manure.

Keywords: Destination manure, decision making, swine production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. REVISÃO TEÓRICA	16
4.1. AGRONEGÓCIO	16
4.2. SUINOCULTURA	16
4.3. MANEJO DOS DEJETOS SUÍNOS	17
4.4. BIOGÁS.....	18
4.5. PRODUÇÃO DE BIOGÁS	20
4.5.1. Tipos de Biodigestores	22
4.6. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	24
4.7. PANORAMA DO BIOGÁS NO BRASIL.....	25
4.8. ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ANOVA.....	27
4.9. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO	27
5. METODOLOGIA	28
5.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	29
5.2. BANCO DE DADOS	31
5.3. DESTINAÇÕES DO DEJETO.....	31
5.4. VARIÁVEIS PREDEFINIDAS	32
5.4.1. Tratamento das Variáveis	32
5.4.1.1. Análise de viabilidade do pagamento de dejetos suínos	33
5.4.1.2. Viabilidade da implantação do biodigestor	41
5.4.1.3. Custo de manutenção das esterqueiras	44
5.4.1.4. Análise de correlação - ANOVA	44
5.5. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO.....	51
5.5.1. Receita da Venda dos Dejetos	57
5.5.2. Viabilidade econômica da implantação do biodigestor	58
5.5.3. Custo de manutenção lagoas/esterqueiras	59
5.5.4. Geração de receita	61
5.5.5. Risco ambiental	61



unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

5.5.6. Redução de Emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE).....	62
5.6. INTERFACE DO MODELO DE CLASSIFICAÇÃO	63
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
BIBLIOGRAFIA	77
APÊNDICE A – Formulário para visitas às propriedades.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção média de biogás no Brasil, por substrato e usos finais no ano de 2015.....	19
Figura 2: Processo de produção de biogás.	21
Figura 3: Biodigestor Indiano	22
Figura 4: Biodigestor Chinês	23
Figura 5: Biodigestor Canadense	24
Figura 6: Crescimento de plantas e volume de biogás no Brasil.	26
Figura 7: Etapas da Metodologia	29
Figura 8: Localização das propriedades	30
Figura 9: Curva de preço para os Cenários de Viabilidade.....	36
Figura 10: Gráfico de Dispersão da Manutenção Da Esterqueira (5 anos) e Níveis Ambientais.....	45
Figura 11: Gráfico de Dispersão da Venda de Dejetos (5 anos) e Níveis Ambientais .	46
Figura 12: Gráfico de Dispersão do VPL (5 anos) e Níveis Ambientais	47
Figura 13: Gráfico de Dispersão da Manutenção Esterqueira (5 anos) e Níveis Sociais	48
Figura 14: Gráfico de Dispersão da Venda de Dejetos (5 anos) e Níveis Sociais	49
Figura 15: Gráfico de Dispersão do VPL (5 anos) e Níveis Sociais	50
Figura 16: Fluxograma da Simulação de Venda de Dejetos	54
Figura 17: Fluxograma da Simulação de Implantação do Biodigestor	55
Figura 18: Fluxograma da Simulação de Manutenção Esterqueira.....	56
Figura 19: Tela inicial da interface	64
Figura 21: Simulação 1	67
Figura 22: Simulação 2	68
Figura 23: Simulação 3	70
Figura 24: Simulação 4	71
Figura 25: Simulação 5	73
Figura 26: Simulação 6	74
Figura 27: Simulação 7	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ferramentas de análise financeira	25
Tabela 2: Consumo de biogás dos GMG.....	33
Tabela 3: Potências de regime contínuo do GMG.	35
Tabela 4: Cálculo da necessidade diária de dejetos para cada cenário.....	37
Tabela 5: Cálculo da quantidade de caminhões	38
Tabela 6: CAPEX para cálculo de viabilidade de cada cenário.	39
Tabela 7: OPEX para cálculo financeiro.	40
Tabela 8: Resumo dos resultados da análise de viabilidade.....	40
Tabela 9: Produção de dejetos.....	41
Tabela 10: Produção de biogás.....	42
Tabela 11: Consumo de biogás do GMG 120kVA.	42
Tabela 12: CAPEX para cálculo de viabilidade de cada cenário.	43
Tabela 13: OPEX para cálculo financeiro.	44
Tabela 14: ANOVA para Manutenção Esterqueira (5 anos) e Ambiental.	45
Tabela 15: ANOVA para Venda Dejetos (5 anos) e Ambiental	46
Tabela 16: ANOVA para VPL (5 ANOS) e Ambiental.	47
Tabela 17: ANOVA para Manutenção Esterqueira (5 anos) e Social.....	48
Tabela 18: ANOVA para Venda Dejetos (5 anos) e Social.	49
Tabela 19: ANOVA para VPL (5 ANOS) e Social.....	50
Tabela 20: Regras de Classificação para Venda de Dejeito	58
Tabela 21: Regras de Classificação para Implantação Biodigestor.....	59
Tabela 22: Regras de Classificação para Manutenção Esterqueira	60
Tabela 23: Regras de Classificação para Risco Ambiental	62



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

unioeste



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANOVA	Análise de Variância
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Despesas de Capital)
CH ₄	Metano
CO ₂	Gás Carbônico
EBA	<i>European Biogas Association</i> (Associação Européia de Biogás)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
GMG	Grupo Motogerador
h	Horas
h/dia	Horas por dia
H ₂	Hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice de Preços para o Consumidor Amplo
Kg	Quilo
Km	Quilômetros
Km ²	Quilômetros Quadrados
Km/h	Quilômetros por Horas
kVA	Kilovoltampere
kW	Kilowatt
mm	Milímetros
m ³	Metros Cúbicos
m ³ /h	Metros Cúbicos por Hora
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
Nm ³ /dia	Normal Metro Cúbico por Dia
NH ₃	Amoníaco
OPEX	<i>Operational Expenditure</i> (Capital Utilizado)
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PIB	Produto Interno Bruto
R\$/kWh	Reais por Kilowatt Hora
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)
VPL	Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

Considerando que o Brasil é um dos principais países no setor agroindustrial, é evidente a preocupação com o tratamento dos resíduos gerados no processo de criação dos animais e a conciliação entre o desenvolvimento do setor e a sustentabilidade (SANTOS, 2014).

O plantel de suínos brasileiro é de 39,95 milhões de cabeças, com 49,9% deste montante concentrado na região sul, estando 7,13 milhões de cabeças no estado do Paraná, 6,88 milhões em Santa Catarina e 5,92 milhões no Rio Grande do Sul (IBGE, 2019). Além do crescimento do número de animais nos últimos anos, a suinocultura brasileira tem recebido expressivos investimentos que permitiram uma grande evolução tecnológica em toda a cadeia produtiva (FAVA, 2016).

Neste cenário, um ponto de alta relevância diz respeito à destinação incorreta dos dejetos produzidos pela criação de suínos, que tem causado grandes problemas ambientais. A suinocultura representa uma atividade de grande potencial poluidor, devido à composição química dos dejetos, principalmente na criação em confinamento (DOS SANTOS & DA SILVA, 2019).

Muitos são os processos de tratamento para os dejetos provenientes da criação de suínos. A escolha do processo a ser adotado dependerá de fatores como: características do dejetos (quantidade de dejetos e de nutrientes), do local, operacionalização e recursos financeiros disponíveis (CARDOSO, OYAMADA, & SILVA, 2015).

No Brasil, a forma mais disseminada, devido ao baixo custo de implementação, operação e manutenção é o armazenamento dos dejetos em esterqueiras e o tratamento por lagoas de estabilização. Porém, para agregar valor e potencializar o reaproveitamento dos substratos gerados, tem-se utilizado a compostagem e biodigestores (COUTO, 2018).

O armazenamento de dejetos por esterqueiras oferece menor custo de implantação, porém há problemas com odores, área de implantação e lançamento dos gases de efeito estufa (GEE) diretamente na atmosfera (AFONSO, 2019). Por outro lado, o sistema de tratamento por biodigestores, possibilita o sequestro de carbono e



contenção dos gases gerados, principalmente o metano, biocombustível que pode ser utilizado como fonte de energia em diversas aplicações, de modo a agregar valor ao produtor rural (SOUSA, 2020).

Apesar de a suinocultura representar uma das atividades de maior importância no Brasil, o produtor deve associar a atividade com medidas sustentáveis. Deste modo, algumas estratégias vêm sendo aplicadas, como a implementação de sistemas de tratamento dos dejetos e posterior utilização dos subprodutos formados (composto orgânico, efluente líquido e biogás), que tem se mostrado cada vez mais viáveis economicamente aos produtores e satisfatórias a respeito da relação com o meio ambiente (COUTO, 2018).

Portanto, tendo em vista a grande concentração e o aumento da produtividade do setor suinícola, e considerando o alto potencial poluidor da atividade ao meio ambiente, este estudo propõe um modelo de classificação com intuito de auxiliar o produtor rural na tomada de decisão referente à destinação dos dejetos suínos, uma vez que existe a necessidade de destinação correta, a possibilidade de agregação de valor e retorno financeiro.

2. JUSTIFICATIVA

A correta destinação dos dejetos provenientes da suinocultura, gerados nas propriedades rurais, é crucial para a sustentabilidade da atividade em questão. Neste contexto, este trabalho propõe a criação e a utilização de um modelo de classificação que poderá auxiliar os produtores rurais no manejo dos dejetos suínos.

O alto potencial poluidor dos efluentes gerados na criação de suínos é um tema de alta relevância do ponto de vista socioambiental, por isso a busca pela mitigação dos impactos inerentes ao negócio é crescente. Em consonância, o modelo proposto leva em consideração as melhores alternativas de destinação, de modo a minimizar os impactos citados.

Por fim, os constantes aumentos dos custos envolvidos nos processos agroindustriais têm gerado grandes dificuldades aos setores presentes na cadeia, podendo muitas vezes inviabilizar as atividades dos pequenos produtores rurais. Sob esta ótica, o modelo aqui proposto analisa as questões econômicas, propondo agregação de valor ao tratamento dos resíduos gerados, podendo proporcionar uma nova fonte de renda ao produtor, corroborando assim, com a sustentabilidade da atividade de suinocultura.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Propor um modelo de classificação para destinação dos dejetos suínos com ênfase em pequenos produtores.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as dificuldades de destinação dos dejetos suínos nas pequenas propriedades;
- Realizar análise de viabilidade econômica para a venda dos dejetos suínos;
- Identificar as variáveis relevantes para o modelo de classificação;
- Criar um modelo de classificação com três destinações do dejetos.

4. REVISÃO TEÓRICA

4.1. AGRONEGÓCIO

Araújo (2010) definiu agronegócio como o conjunto de todas as operações e transações envolvidas desde a fabricação dos insumos agropecuários, das operações de produção nas unidades agropecuárias, até o processamento, distribuição e consumo dos produtos agropecuários.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento afirma que, o agronegócio brasileiro corresponde a 22% do PIB nacional, o que equivale a R\$918 bilhões. Em relação à produção de carnes, o país ocupa posição importante nas exportações de proteína bovina, suína e aves (KRABBE, 2013).

No que se refere à carne suína, destaque para a demanda pelo produto, uma vez que é uma das mais consumidas no mundo, ficando atrás somente da carne bovina e da carne de frango (GUIMARÃES, 2017). No ano de 2016, os maiores consumidores de carne suína foram a China, com 54,07 milhões de toneladas, a União Europeia, com 20,06 milhões de toneladas e os Estados Unidos com um consumo de 9,45 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2018).

Neste contexto, o setor agropecuário apresenta elevado potencial econômico, possibilitando assim inúmeras oportunidades de negócio ao setor, principalmente àquelas empresas que apresentam proposta de valor que estejam em congruência com as reais necessidades do produtor rural (MAURI, 2017).

Na suinocultura, por exemplo, de acordo com previsões do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (2020) estima-se que o Brasil irá aumentar suas exportações de carne suína em 20% em relação a 2019. Num futuro próximo, a suinocultura será tão importante para a balança comercial do país quanto são hoje o frango e a carne bovina (MAURI *et al.*, 2017).

4.2. SUINOCULTURA

A produção de carne suína vem apresentando uma significativa expansão, em razão do aumento da demanda nacional e internacional. A suinocultura tornou-se uma das

áreas de mercado mais atraentes para se investir no Brasil, devido às suas possibilidades quanto à produtividade e rentabilidade (GASTARDELO & MELZ, 2014).

No Brasil, a suinocultura é uma atividade de suma importância para a economia. No ranking mundial, o país ocupa a posição de quarto maior produtor, ficando atrás apenas da China, União Europeia e dos Estados Unidos. Essa posição de destaque deve-se aos investimentos realizados neste importante segmento da agroindústria brasileira, na profissionalização dos produtores, nos custos de produção e na oferta, ajustada a demanda interna e externa, conforme dados da Embrapa (2018).

Para o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (2017), Santa Catarina é responsável por 969 mil toneladas de carne suína, Paraná com 778 mil toneladas e o Rio Grande do Sul com 741 mil toneladas, sendo estes responsáveis por cerca de 67% da produção nacional. Diante disso, a região Sul do Brasil destaca-se como a maior produtora de suínos no país, sendo composta por pequenos produtores que incentivam a geração de emprego e renda.

4.3. MANEJO DOS DEJETOS SUÍNOS

Segundo Oliveira (2011), o manejo inadequado de dejetos de suínos, principalmente na forma líquida, pode causar grandes impactos e altos índices de contaminação das águas e solo.

Dados de Cervi, Esperancini e Bueno (2010) indicam que o tratamento dos dejetos suínos por meio de biodigestores para o uso do biogás, pode gerar a redução de emissões de gases do efeito estufa e ser tratado como mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL.

Estima-se que um suíno, na faixa de 15 a 100 Kg de peso, produz de 4,5% a 8,5% de seu peso corporal em dejetos, compostos de urina, fezes e água desperdiçada. Deve-se avaliar esse volume de dejetos produzidos diariamente para poder planejar a sua atividade e realizar um tratamento adequado (SCHULTZ, 2007), (GUSTAVO & GUIMARÃES FILHO, 2012).

A prática mais adotada pela suinocultura brasileira é a armazenagem dos dejetos em lagoas/esterqueiras e posteriormente aplicação em pastagens. Contudo, dependendo

do volume de aplicação, o solo não consegue mais absorver essa demanda, que muitas vezes supera a recomendação dos órgãos ambientais fiscalizadores (VIVAN, 2010) e (GUSTAVO & GUIMARÃES FILHO, 2012). O uso de dejetos suínos como fertilizante exige conhecimentos específicos e consideráveis investimentos em armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos produtores (SERPA FILHO, 2012). Considerando a grande importância econômica e social deste sistema produtivo, tecnologias e formas de tratamento estão sendo desenvolvidos para gerar subprodutos menos impactantes e com possibilidade de agregação de valor. O entendimento das atividades suinícolas é indispensável para gerir de forma mais eficiente as variáveis existentes na propriedade, que são: ambiental, social e econômica (DOLMAN, 2012).

4.4. BIOGÁS

A biodigestão de materiais orgânicos é um processo fermentativo em que a matéria orgânica complexa é degradada a compostos mais simples, sendo uma maneira eficiente de tratar quantidades consideráveis de resíduos e reduzir o seu poder poluente. Esse processo ocorre por meio da ação de diversos grupos de microrganismos, principalmente os que não necessitam de oxigênio para o seu crescimento, conhecidos como microrganismos anaeróbios, que interagem simultaneamente até a formação dos produtos finais (CIBIOGÁS, 2018).

O composto de gases proveniente desse processo é chamado de biogás, sendo constituído principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), contendo também pequenas quantidades de hidrogênio (H_2), amônia (NH_3) e outros gases (CIBIOGÁS, 2018).

Por meio de diversos tipos de biomassa e de resíduos, a produção de biogás mostra-se relativamente simples, com capacidade de adaptação a diferentes sistemas produtivos e escalas, o que lhe rende grande poder de abrangência geográfica. A aplicação dessa energia demonstra grande potencial, seja para uso térmico, elétrico ou veicular com o biometano, além disso, o biogás mostra-se como recurso de importância ambiental, econômica e social.

O uso de bioenergia no mundo tem aumentado em ritmo acelerado nas últimas décadas, e a produção e uso do biogás também segue nesse crescimento. A União Europeia apresenta a maior taxa de crescimento de produção e uso de biogás e biometano. Segundo a *European Biogas Association* – EBA (2018) o número de plantas de biogás atingiu o valor de 17.662 plantas em 2016.

No Brasil, conforme dados oficiais da EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2017), a participação do biogás na oferta de energia cresceu de 0,01% em 2010 para 0,05% em 2015. Em 2015 havia 126 plantas de biogás instaladas, onde, juntas produziram 1.373 Nm³ /dia de biogás, cujos dados de produção por substrato estão ilustrados na Figura 1.

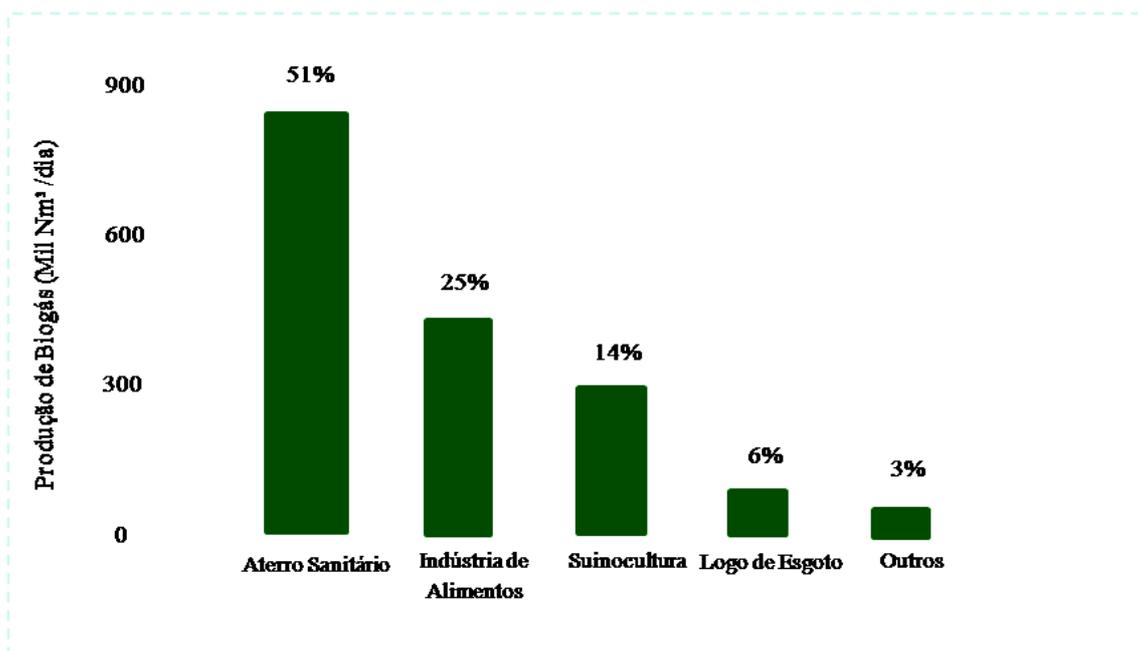


Figura 1: Produção média de biogás no Brasil, por substrato e usos finais no ano de 2015.
Fonte: Adaptado de (SANTOS M. M., 2016).

Segundo Loch & Destefani (2019), a utilização de novas tecnologias nos setores de produção está desempenhando um papel relevante no que se refere à minimização de impactos ambientais. O que não difere na atividade de suinocultura, considerando a implementação de biodigestores como alternativa de tratamento dos dejetos.

De acordo com Coldebella (2006), a inserção de biodigestores para o tratamento

dos dejetos da suinocultura em propriedades rurais torna-se financeiramente viável se o biogás e o biofertilizante forem utilizados da maneira correta. A utilização na própria produção, como fonte de energia elétrica, permite atingir o princípio básico da sustentabilidade, no qual os pilares ambientais, sociais e financeiros são atendidos (CRUZ, WANDER, & SOUSA, 2007), (LOCH & DESTEFANI, 2019).

4.5. PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A degradação de matéria orgânica ocorre naturalmente na natureza, mas pode ser controlada e induzida de acordo com o interesse humano. Os procedimentos de degradação são divididos em aeróbicos (que se dão na presença de oxigênio) e anaeróbicos (que se realizam na ausência de oxigênio).

A biodigestão constitui o nome popular dado ao processo de degradação anaeróbia de matéria orgânica, por meio da ação de diversos microrganismos. O biogás é gerado pela biodigestão de várias matérias primas orgânicas e na sua composição contém metano (50-75%), gás carbônico (25-50%) e pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e outros gases, bem como umidade (MAFACIOLLI, 2014).

A biodigestão é uma sequência de etapas bioquímicas de conversão de matéria orgânica dentro do biodigestor, na ausência de oxigênio, para a formação de biogás. A Figura 2 ilustra as quatro etapas do processo de produção do biogás.

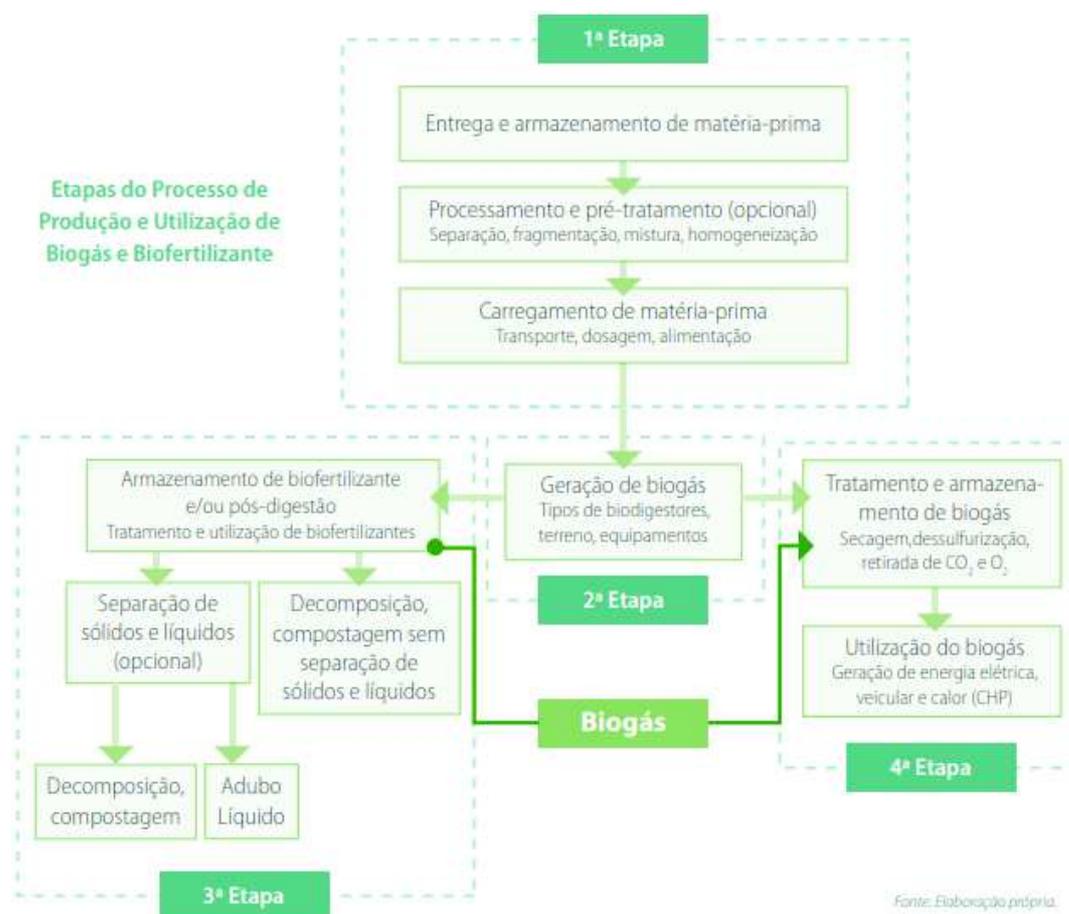


Figura 2: Processo de produção de biogás.
Fonte: Adaptado SENAI (2016).

A primeira etapa envolve os processamentos iniciais da matéria-prima antes da digestão. Ocorre a entrega e armazenamento do substrato para utilização no biodigestor. Alguns substratos exigem um pré-tratamento como trituração, mistura, separação, homogeneização e, em alguns casos, higienização (SENAI, 2016).

A segunda etapa constitui a biodigestão propriamente dita, na qual o material será degradado anaerobicamente para a geração do biogás. A terceira etapa envolve o substrato digerido no processo de fermentação, o biofertilizante, que normalmente é utilizado como adubo líquido.

A quarta e última etapa compreende o tratamento, armazenamento, distribuição e utilização do biogás. Por apresentar em sua mistura o ácido sulfídrico, o biogás necessita de tratamento antes do seu aproveitamento como fonte energética, por apresentar em sua

composição o ácido sulfídrico (MAFACIOLLI, 2014).

4.5.1. Tipos de Biodigestores

Existe atualmente uma gama muito grande de modelos de biodigestores, sendo cada um adaptado a uma realidade e uma necessidade de biogás. Os biodigestores mais utilizados em propriedades rurais são: modelo indiano, modelo chinês e modelo canadense (MARTINKOSKI, 2017).

O modelo indiano (Figura 3) se caracteriza por conter um gasômetro dentro da câmara de fermentação. Sua estrutura é composta de uma parede central que serve para dividir o tanque de fermentação de duas câmaras, para assim permitir que o material possa circular no interior da câmara (FRIGO, 2015).

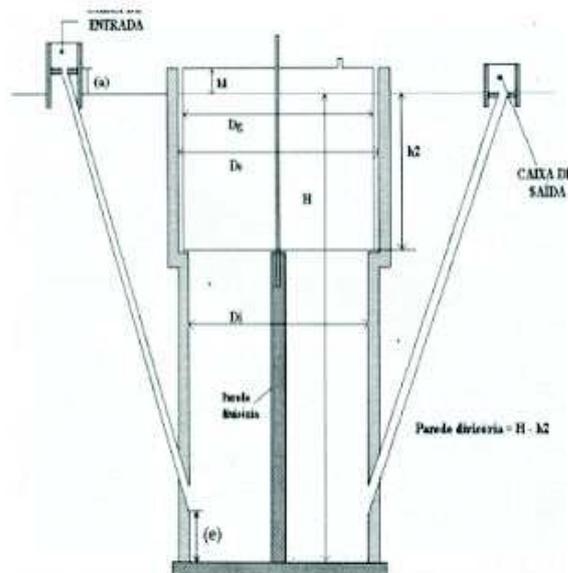


Figura 3: Biodigestor Indiano

Fonte: Adaptado (DOS SANTOS, GUIMARÃES, & GONÇALVES, 2017).

Segundo Resende (2017), o modelo chinês (Figura 4), é considerado o modelo mais rústico do ponto de vista construtivo. Ele é construído em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço e os custos relativos à sua construção são menores. Sua estrutura é formada por uma câmara cilíndrica em alvenaria para a fermentação, com teto encurvado, objetivando o depósito do biogás, o que torna sua construção mais difícil

que a do modelo indiano. O modelo do biodigestor chinês não é recomendado para propriedades de grande porte, devido à pressão interna, uma pequena parcela do biogás é liberada na atmosfera (DOS SANTOS, GUIMARÃES, & GONÇALVES, 2017).

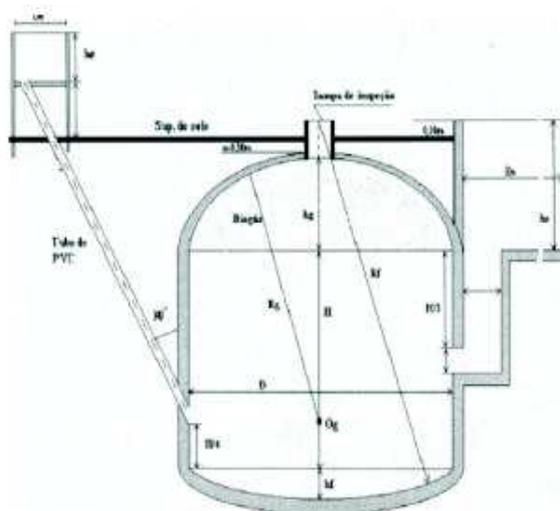


Figura 4: Biodigestor Chinês

Fonte: Adaptado (DOS SANTOS, GUIMARÃES, & GONÇALVES, 2017)

O modelo Canadense (Figura 5), também chamado de biodigestor de fluxo tubular, é um biodigestor contínuo horizontal de simples construção, que possui uma tecnologia moderna. Ele é constituído por duas partes: a superior, denominada campânula (ou campana), destinada a reservar o biogás produzido pela fermentação anaeróbica, e a parte inferior, denominada fossa, destinada à mistura líquida (excremento de animais mais água) que entra no sistema. Enquanto ocorre a produção de biogás, o material plástico maleável infla-se, acumulando o biogás. O biodigestor canadense é o mais utilizado no Brasil, sendo facilmente encontrado em propriedades rurais (JUNQUEIRA, 2014), (RESENDE, 2017).

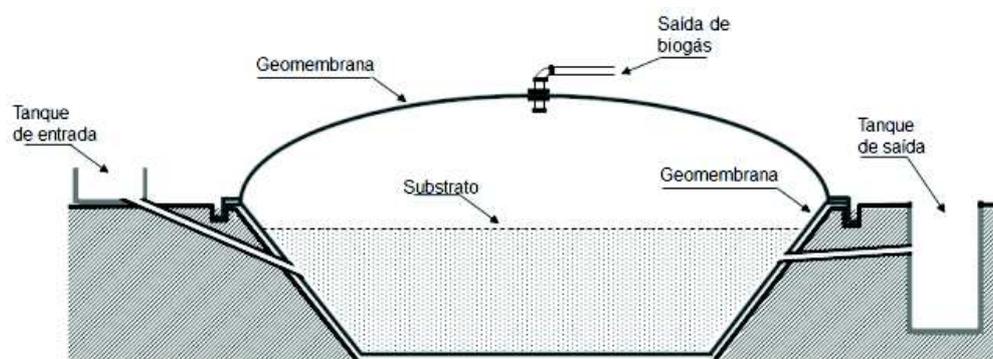


Figura 5: Biodigestor Canadense
Fonte: Adaptado (NOGUEIRA, 2016).

4.6. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

A análise financeira é indispensável para o entendimento competitivo de um empreendimento, a qual busca compreender a melhor alocação de recursos, para que se maximize os resultados de tal empreendimento. Na análise financeira, deve-se considerar os riscos que devem ser mitigados, bem como, os custos, a relação com o macroambiente e o contexto no qual o empreendimento está inserido (LEMES Jr., RIGO, & CHEROBIM, 2010), (SCHERER, 2017).

Segundo Cavalcanti & Plantullo (2008), para uma análise de projetos de investimento ideal, faz-se necessário o uso de um conjunto de técnicas (quantitativas, analíticas e estatísticas), bem como a composição de cenários presentes e futuros, além de fatores financeiros que possam interferir nos resultados do projeto.

As ferramentas de decisões econômicas mais utilizadas em uma análise de viabilidade econômica são: o *payback*, que é o tempo de recuperação do investimento realizado; o VPL, que é o valor presente líquido e a TIR, que é a taxa interna de retorno (LIRA, 2009), (VIEIRA, 2019). A Tabela 1 apresenta as três ferramentas em mais detalhes:

Tabela 1: Ferramentas de análise financeira

Técnicas	Definição	Critérios de Decisão
Payback Descontado	Cálculo do Tempo necessário para retorno do capital investido, considerando as variações do dinheiro ao longo do tempo baseado nas entradas de fluxo de caixa.	Quanto menor o tempo de recuperação do investimento, melhor
Valor Presente Líquido - VPL	Atualização a uma taxa de juros dos fluxos de caixa, somados posteriormente	O índice sendo maior que zero, o projeto é lucrativo. Quanto maior o VPL, melhor.
Taxa Interna de Retorno - TIR	É a taxa de juros que iguala o VPL de um projeto	Se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA) ¹ , o projeto é viável. Quanto maior a TIR, melhor.

Fonte: Adaptado de (VIEIRA, 2019). ⁽¹⁾TMA adotada: 6%.

Outras variáveis relevantes para análise de viabilidade financeira, estão relacionadas às receitas e aos custos do projeto. Tais variáveis são: CAPEX e OPEX.

A sigla CAPEX vem do inglês *Capital Expenditure* e significa Despesas de Capitais ou Investimentos em Bens de Capitais. O CAPEX envolve todos os custos relacionados à aquisição de equipamentos e instalações que visam a melhoria de um produto, serviço ou da empresa em si. CAPEX é a medida de base para calcular o Retorno sobre o Investimento em determinado projeto (CAMARGO, 2016).

Já a sigla OPEX vem do inglês *Operational Expenditure* e significa Despesas Operacionais e Investimento em Manutenção de Equipamentos. São os gastos cotidianos, como por exemplo despesas com funcionários, combustível, comercial, manutenção de equipamentos e com serviços terceirizados (CAMARGO, 2016).

4.7. PANORAMA DO BIOGÁS NO BRASIL

O aproveitamento do biogás como fonte energética vem ganhando espaço no Brasil e no mundo. Segundo a Associação Brasileira de Biogás e Biometano - ABiogás, em 2018, o Brasil é o país com o maior potencial de produção de biogás do planeta, cerca de 84,6 bilhões de metros cúbicos/ano.

Segundo pesquisa realizada pelo Centro Internacional de Energias Renováveis –

CIBiogás, 78% das plantas em operação no Brasil no ano de 2019 são classificadas como de pequeno porte, ou seja, produzem até 1 mi Nm³ de biogás por ano. Contudo, essas plantas representam apenas 9% do volume total de biogás produzido. O maior volume de biogás se concentra nas plantas de grande porte alcançando 77%, ainda que representando, apenas 6% do total brasileiro.

Entre os anos de 2018 e 2019 foi observado um aumento de 36% no volume de biogás produzido e 31% na quantidade de plantas em operação com aplicação energética do biogás no Brasil conforme Figura6. Isso representa 1,3 bi de Nm³/ano, que equivale a 1,5% do potencial nacional.

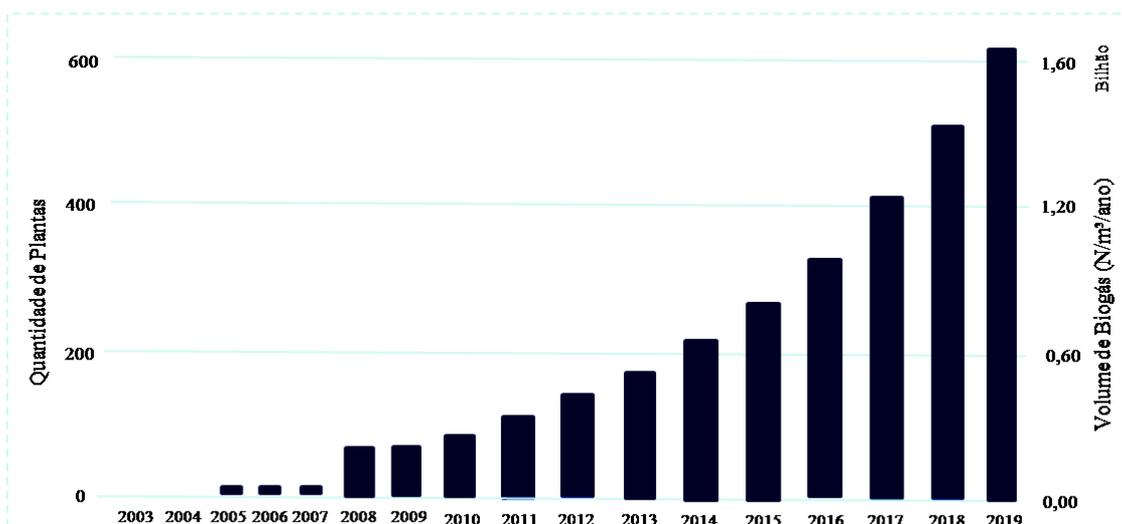


Figura 6: Crescimento de plantas e volume de biogás no Brasil.
Fonte: Adaptado de CIBIOGAS (2020).

Segundo a ABiogás, o potencial nacional de produção de biogás era de 84,6 bilhões de Nm³ /ano, no ano de 2018 considerando apenas os setores sucroenergético, agroindustrial e de saneamento. Relacionando esse potencial ao cenário atual de produção de 1,3 bi de Nm³/ano, a cadeia do biogás tem uma oportunidade de expansão de 98,5% no Brasil (CIBIOGAS, 2020).

4.8. ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ANOVA

A análise de variância – ANOVA é um método para avaliar a média de grupos ao mesmo tempo, sendo possível sua utilização em diversas áreas de estudo. Essa análise tem como objetivo verificar se existe diferença significativa entre as médias e se os fatores considerados têm influência sobre as variáveis em estudo (QUEIROZ, 2019).

Segundo Pczieczek (2019), a ANOVA, constitui um procedimento estatístico adequado para a avaliação de respostas quantitativas em experimentos planejados. A ANOVA é utilizada para aceitar ou rejeitar as hipóteses investigadas de um experimento cujo objetivo é analisar a variação média dos resultados dos testes e identificar quais são os fatores que realmente produzem efeitos significativos nas respostas de um determinado estudo.

A ANOVA permite também que grupos sejam comparados ao utilizar variáveis contínuas, sendo a análise um teste paramétrico com grupos independentes. A influência dos fatores constitui o aspecto onde se busca verificar a veracidade das hipóteses H_0 ou H_1 , em que os níveis dos fatores são iguais ou pelo menos um nível do fator é diferente, respectivamente (DEL FIACO, CAMPOS, & DA SILVA, 2016).

4.9. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO

Tecnologias para o tratamento dos dejetos suínos estão sendo desenvolvidas, levando em consideração o ponto de vista econômico e técnico a fim de otimizar os processos e dar alternativas para os produtores rurais de redução do impacto ambiental. Além do desenvolvimento de tais tecnologias, ainda é necessária a elaboração de modelos de classificação que representam a realidade da região rural e proporcionam informações confiáveis (MONTEIRO, 2015).

O uso de modelos de classificação além de dar suporte aos processos de tomadas de decisões estratégicas e operacionais, torna possível também compreender melhor o ambiente de estudo, levantar problemas, estabelecer estratégias e visualizar oportunidades (SANTOS L. D., 2015).

Segundo Willians (2012), a tomada de decisão pode ser compreendida como a habilidade do indivíduo para analisar múltiplas alternativas de respostas e escolher uma

direção ideal.

Peci e Sobral (2008) e Graf (2016) afirmam que o processo de tomada de decisão é composto por seis etapas. Tais etapas são:

- Identificação da situação - o processo de tomada de decisão é iniciado com a identificação da oportunidade ou problema, identificado através da disparidade entre o estado atual da organização e o estado almejado. A tomada de decisão depende, num primeiro momento, da adequada identificação do problema ou oportunidade;
- Análise e diagnóstico da situação - identificar objetivos a serem alcançados através da decisão e verificar a origem da situação. Os objetivos permitem a criação de alternativas para a resolução de problemas ou para o aproveitamento das oportunidades;
- Desenvolvimento de alternativas - verificar opções que respondam às necessidades da situação;
- Avaliação de alternativas - comparar e avaliar alternativas permitindo a seleção da melhor opção. Essa avaliação inicia por meio da identificação dos impactos de cada alternativa. Nesse sentido, verificam-se os impactos financeiros, em relação aos benefícios, aos ativos intangíveis, ao tempo, aos recursos e ao risco;
- Seleção e implementação da melhor alternativa - escolha da alternativa que melhor se adapta aos valores e objetivos da organização e que solucione o problema existente ou possibilite o aproveitamento da oportunidade da melhor forma possível;
- Monitoração e *feedback* - monitorar, através da coleta de informações, e avaliar a eficácia da decisão.

5. METODOLOGIA

A metodologia foi realizada conforme Figura 7 e está detalhada nos demais tópicos da seção.

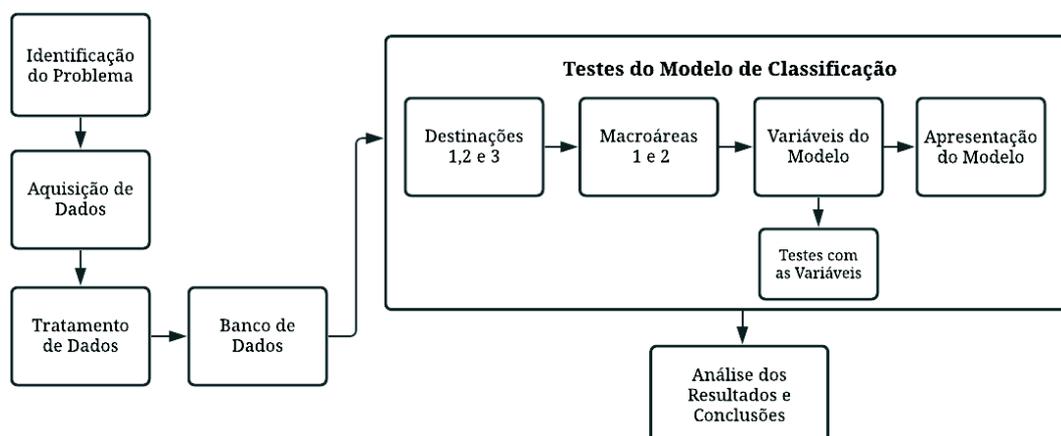


Figura 7: Etapas da Metodologia

Fonte: Autor (2020)

5.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Inicialmente foi realizada a identificação do problema, por meio de visitas em pequenas propriedades rurais, com até 3000 suínos. Ao todo, foram visitadas 30 propriedades, situadas na região oeste do Paraná (Figura 8), uma vez que esta é a área de maior concentração de produtores de suínos, representando 45% do estado (IBGE, 2015).

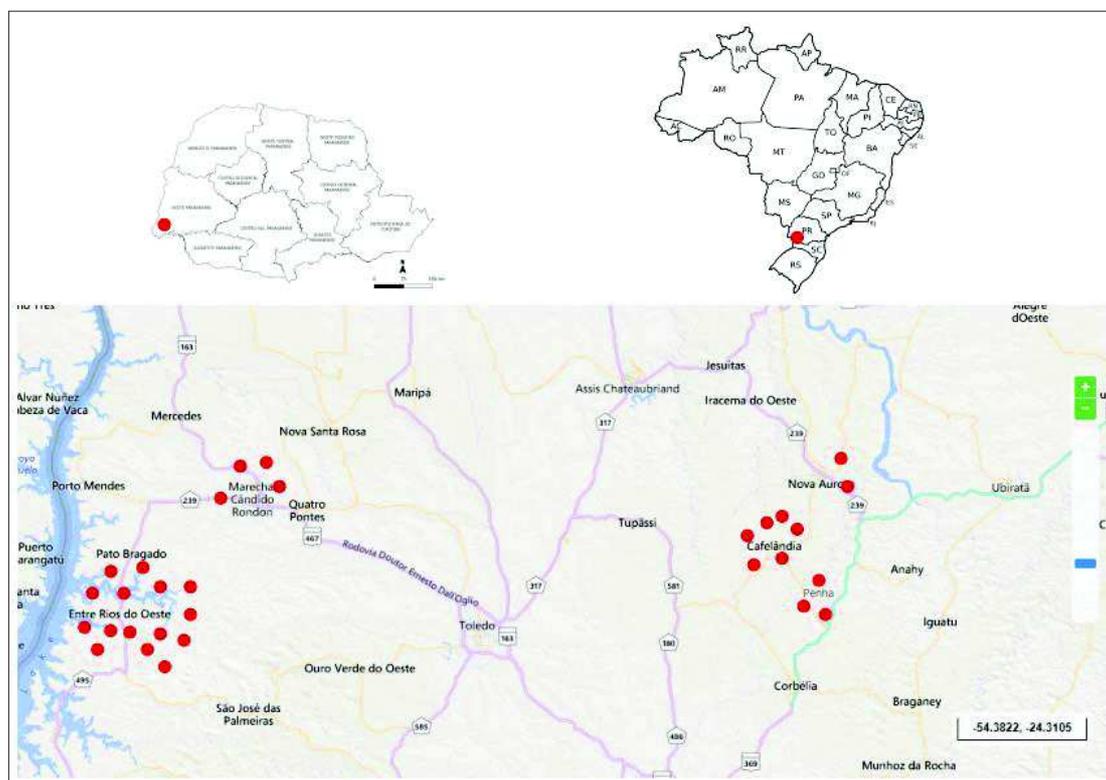


Figura 8: Localização das propriedades
Fonte: BiogasMap, (2020)

As propriedades foram selecionadas de forma aleatória observando a facilidade de contato. Com a realização das visitas, foi possível obter informações e dados referentes ao tratamento dos dejetos suínos em cada propriedade.

Para a realização desta etapa do trabalho, optou-se pela elaboração de um formulário composto por perguntas objetivas, a fim de verificar quais as necessidades e dificuldades dos pequenos produtores relacionadas ao tratamento dos dejetos suínos. As questões do formulário (Apêndice A) foram baseadas considerando os objetivos do projeto, uma vez que, existem questões relacionadas com as áreas socioambientais e econômicas. O formulário foi aplicado nas visitas às propriedades, que foram realizadas de forma informal, com intuito de compreender a realidade do produtor rural.

Todas as propriedades visitadas possuem criação de suínos em fase de terminação, que é a última fase do ciclo de vida produtiva dos animais. Essa fase se inicia aos 55 kg de peso e vai até o abate. Nas visitas realizadas, observaram-se tais características: posicionamento geográfico (latitude e longitude), quantidade de suínos, forma de

armazenamento dos dejetos suínos (e/ou tratamento), destinação dos dejetos, origem da água da propriedade e proximidade de rio ou nascente.

Após a aplicação do formulário, realizou-se a tabulação dos dados para análise de possíveis correlações entre as propriedades.

5.2. BANCO DE DADOS

Os dados brutos do estudo foram adquiridos por meio dos formulários aplicados nas visitas das propriedades. As informações contidas nos formulários foram compiladas utilizando software Excel e então criado o banco de dados.

A partir desse ponto, foram definidas três destinações diferentes para o dejetos e então escolhidas variáveis para testes preliminares. Em seguida, as variáveis predefinidas foram subdivididas em três macroáreas: econômico, social e ambiental. Todas as variáveis foram aplicadas para as três destinações em estudo.

As destinações do dejetos e as variáveis escolhidas estão descritos na seção seguinte.

5.3. DESTINAÇÕES DO DEJETO

Foram definidas três destinações diferentes para os dejetos suínos:

- **Destinação 1 (D1)** “Esterqueira”

Essa destinação representa que o produtor rural irá manter a esterqueira para tratamento dos dejetos suínos na propriedade. Não havendo alterações no tratamento implantado e tendo apenas o custo de manutenção das lagoas/esterqueiras.

- **Destinação 2 (D2)** “Vender os dejetos suínos”

Representa a venda dos dejetos suínos para empresas ou propriedades rurais interessadas. Nessa destinação, o produtor rural obtém renda extra com a venda dos dejetos e fica isento do passivo ambiental.

- **Destinação 3 (D3)** “Implantar biodigestor”

Essa destinação representa a implantação do biodigestor na propriedade para o tratamento dos dejetos suínos. O produtor rural faz um investimento para a implantação do biodigestor, consegue o tratamento adequado para os dejetos suínos e possui retorno financeiro com a geração de energia elétrica.

5.4. VARIÁVEIS PREDEFINIDAS

As variáveis foram subdivididas em três macroáreas: econômico, social e ambiental. Realizaram-se testes estatísticos de correlação para validar a relevância das variáveis aplicadas nas três destinações em estudo. As variáveis preliminares são:

Econômico:

- Receita da venda dos dejetos
- Receita com geração de energia elétrica
- Custo de manutenção lagoas/esterqueiras

Social:

- Geração de emprego
- Saneamento
- Renda Extra

Ambiental:

- Risco Ambiental
- Evitar Contaminação do Solo
- Redução de emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

5.4.1. Tratamento das Variáveis

Para validação das variáveis predefinidas, foi necessário realizar os cálculos de pagamento/venda dos dejetos suínos, a viabilidade econômica de implantação do

biodigestor, o custo de manutenção das esterqueiras e por fim, realizar o teste da ANOVA para obtenção da correlação entre as variáveis.

5.4.1.1. Análise de viabilidade do pagamento de dejetos suínos

Para analisar a viabilidade econômica para implantação da central de geração de energia e o pagamento pelos dejetos suínos, foram apresentados três cenários:

- Cenário 1 (C1): utiliza o grupo motogerador (GMG) de 120 kVA;
- Cenário 2 (C2): utiliza o GMG de 330 kVA;
- Cenário 3 (C3): utiliza o GMG de 420 kVA.

Adotaram-se esses cenários considerando que, cada potência do GMG necessita de uma quantidade diferente de combustível (biogás) e conseqüentemente será necessário um volume maior de dejetos, como também um maior volume para o biodigestor. Foi observada, também, a quantidade de energia elétrica produzida por cada GMG, visto que, quanto maior a produção de energia, maior será o faturamento considerado na análise de viabilidade financeira.

Segundo os fabricantes, o consumo de biogás dos GMG varia de acordo com a potência e o percentual de metano presente no biogás conforme Tabela 2.

Tabela 2: Consumo de biogás dos GMG.

GMG (Potência)	Metano 95%	Metano 70%	Metano 65%
	Consumo (m ³ /h)	Consumo (m ³ /h)	Consumo (m ³ /h)
120kva	30	43	47
330kva	62	89	97
420kva	76	109	118

Fonte: Dados fabricante (2019).

Para quantificar os volumes de dejetos suínos necessários para cada cenário, foram consideradas, inicialmente, as quantidades de biogás consumidas por cada GMG fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos.

O volume do biodigestor (V_{bio}), ou seja, a quantidade de biomassa que ocupa a câmara de digestão do biodigestor, em m^3 , é estimado a partir do número de suínos (N_{sui}) necessários para a produção de dejetos em uma granja, por meio da equação (1), o qual fornecerá o volume de biogás a ser consumido pelo GMG (MARTINS & OLIVEIRA, 2011), (VIEIRA, 2019),

$$V_{bio} = N_{sui} \cdot TRH \cdot V \quad (1)$$

onde, TRH é o Tempo de Retenção Hidráulica, em dias e V_{dej} é o volume médio diário de dejetos produzido por suíno na granja, em $m^3/\text{animal}/\text{dia}$.

O volume de biogás, $Q_{BiogásDia}$, em m^3 por dia, que alimentará o grupo motogerador (GMG), é estimado a partir do volume de biomassa, ou seja, volume do biodigestor (V_{bio}), por meio da equação (2), (MARTINS & OLIVEIRA, 2011), (VIEIRA, 2019),

$$Q_{biogásDia} = V_{bio} \cdot k \quad (2)$$

onde k é o índice de eficiência de produção de biogás no biodigestor, em m^3 biogás/ m^3 biomassa.

Assim, considerando a quantidade de biogás consumida nos GMG e a relação de volume de biogás por volume de substrato, que de acordo com ensaios laboratoriais, $1 m^3$ de substrato tem potencial de gerar $10 m^3$ de biogás (CIBIOGAS, 2018), calculou-se o montante necessário de dejetos suínos para atender a demanda.

Para quantificar a geração de energia elétrica, consideraram-se as potências de regime contínuo de acordo com a Tabela 3 dos GMG em kW. Estipulou-se que o tempo de operação será de 22h/dia para todos os GMG, considerando que 2h/dia será para possíveis manutenções dos geradores. Partindo do pressuposto que a planta irá operar em Geração Distribuída, a tarifa de energia elétrica considerada foi a tarifa convencional subgrupo B2 rural, que conforme a resolução homologatória nº 2559 de 18 de junho de 2019 da ANEEL é de 0,61 R\$/kWh.

Tabela 3: Potências de regime contínuo do GMG.

	Potência Total	Potência Contínua
Cenário 1	120 kVA	75 kW
Cenário 2	330 kVA	211 kW
Cenário 3	420 kVA	260 kW

Fonte: Dados do fabricante

Para a coleta do substrato a base do estudo é da utilização de caminhões tanque com volume de 15 m³ e bombas acopladas com capacidade de 125 m³/h de vazão com biomassa, tanto para carregamento como para descarregamento. Considerando as condições do terreno e o caminhão utilizado, foi estipulada como velocidade média de deslocamento do caminhão de 40 km/h e um raio médio de atuação de 10 km.

Foram avaliados os custos do transporte, por meio de informações de empresas especializadas. Considerou-se os dados relacionados à manutenção, operação e depreciação do veículo. Por fim, os dados foram tabulados levando em consideração cada fase do processo para coleta dos dejetos suínos.

Considerando a quantidade necessária para os GMG, dimensionou-se os biodigestores que atenderão a demanda da Central de Energia.

O sistema de biodigestão no C1, será composto por um biodigestor modelo lagoa coberta (canadense), com volume de 2.500 m³, profundidade de 4,5 metros, geomembrana PEAD inferior 1,00mm e geomembrana PEAD superior 1,25 mm.

Nos C2 e C3, serão utilizados dois biodigestores operados em paralelo, modelo lagoa coberta (canadense), totalizando um volume de 5.000 m³e agitação. Cada biodigestor deverá possuir volume de 2.500 m³, profundidade de 4,5 metros, geomembrana PEAD inferior 1,00mm e geomembrana PEAD superior 1,25 mm.

O sistema de agitação nos biodigestores operará de forma intermitente com o objetivo de otimizar a produção de biogás e o consumo de energia elétrica. Para o sistema de segurança, é necessário para cada biodigestor duas válvulas de alívio e um queimador tipo *flare* com combustão aberta, para evitar possíveis explosões (GONÇALVES, 2018).

Para a análise de viabilidade econômica, considerou-se o CAPEX e OPEX de cada cenário. Os dados foram obtidos por meio de contato com empresas especializadas de

cada ramo e posteriormente os valores obtidos foram tabulados em planilha.

Para o cálculo da receita da geração de energia elétrica, considerou-se que o sistema irá operar em caráter de Geração Distribuída (GD), portanto a tarifa de energia elétrica considerada refere-se aos consumidores rurais ligados em baixa tensão com valor da tarifa de 0,61 R\$/kWh.

Para se realizar as projeções, todas as receitas e economias bem como os custos e despesas operacionais dos três cenários sofreram variações anuais a partir do 2º ano de projeto pelo IPCA do ano de 2019 que foi de 4,31 % a.a., conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Após a tabulação dos dados do CAPEX, OPEX e receitas do projeto, obteve-se os resultados das ferramentas de análise de rentabilidade (VPL, TIR e *PAYBACK*), que foi realizada para um horizonte de 15 anos.

Para o cálculo do pagamento pelos dejetos suínos, foi necessário realizar simulações do valor de compra. Como a compra de dejetos não é comum, foram realizadas simulações para o valor unitário R\$/m³ para cada cenário e o *payback* considerado foi de um tempo máximo de 5 anos. Foi utilizada uma curva de preço partindo de R\$ 0,00 até R\$ 5,00 com variação de R\$ 0,50 conforme Figura 9 para cada um dos cenários.

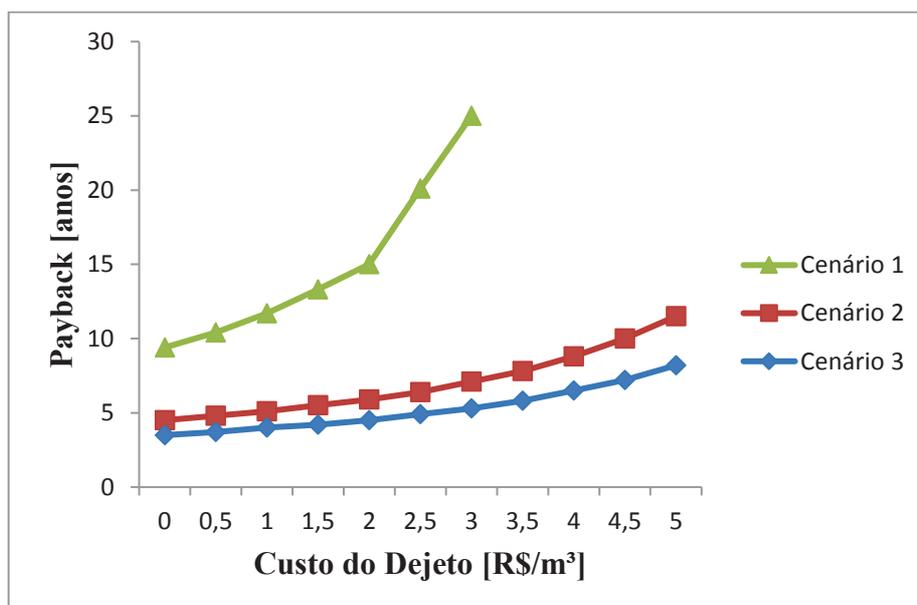


Figura 9: Curva de preço para os Cenários de Viabilidade

Fonte: Autor (2021).

De acordo com os dados de potência dos GMG e do consumo diário de biogás, foram calculadas as quantidades de dejetos necessários para os três cenários. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Cálculo da necessidade diária de dejetos para cada cenário.

Cenários	Potência [kW]	Consumo Biogás 60% [m ³ /h]	Consumo Diário de Biogás [m ³]	Necessidade diária de dejetos [m ³]
1	77	47	1034	103,4
2	211	97	2134	213,4
3	260	118	2596	259,6

Fonte: Dados da Pesquisa

Para calcular a quantidade de dejetos para cada cenário, inicialmente calculou-se a quantidade de biogás necessária por dia, através da seguinte equação (3).

$$CD_{Biogás} = CH_{Biogás} * h. \quad (3)$$

Sendo,

$CD_{Biogás}$: Consumo diário de biogás em m^3

$CH_{Biogás}$: Consumo horário de biogás em m^3/h

h : Número de horas trabalhadas por dia

Para dimensionar a quantidade de caminhões necessários para coleta dos dejetos suínos, foram realizados os seguintes cálculos:

Inicialmente foi calculado o tempo para atender uma carga do caminhão considerando o volume do tanque ($15 m^3$), a vazão da bomba (m^3/h) e a distância média das propriedades, conforme equação (4).

$$T = \frac{D}{V} * 2 + Tc + TD. \quad (4)$$

Sendo que:

D: Distância média entre as propriedades (10km^2)

V: Velocidade média

Tc: Tempo de carregamento ($0,12\text{h}$)

TD: Tempo de descarregamento ($0,12\text{h}$)

Em seguida, calculou-se o número de viagens para atender à necessidade diária de dejetos para cada cenário de viabilidade. O cálculo se deu por meio da razão entre a necessidade diária e o volume do tanque do caminhão.

Posteriormente, por meio da multiplicação do número de viagens e o tempo de carga (*T*), obteve-se a quantidade de horas de trabalho necessária para atender a demanda de dejetos.

A quantidade de caminhões foi obtida através da equação (5) abaixo.

$$NC = \frac{H}{TC} \quad (5)$$

Sendo que:

H: Horas necessárias para atender a demanda

TC: Tempo total de carregamento do caminhão

A Tabela 5 apresenta os resultados dos cálculos para a quantidade de caminhões necessária para suprir a demanda de coleta dos dejetos de cada cenário de estudo.

Tabela 5: Cálculo da quantidade de caminhões

Cenários	Nº de viagens	Horas de trabalho	Nº de caminhões	Tanque do Caminhão [m ³]	Vazão bomba [m ³ /h]	Distância média propriedades [km]
1	7	5,18	1	15	125	10
2	15	11,1	2	15	125	10
3	18	13,32	2	15	125	10

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 6 apresenta os custos para a aquisição dos caminhões, equipamentos, instalação do sistema de biodigestão, e demais valores para a análise de investimentos.

Tabela 6: CAPEX para cálculo de viabilidade de cada cenário.

Descrição	Cenário 1 (R\$)	Cenário 2 (R\$)	Cenário 3 (R\$)
Terraplenagem	16.500,00	16.500,00	16.500,00
Pavimentação	189.876,00	189.876,00	189.876,00
Obras civis	37.000,00	37.000,00	37.000,00
Biodigestor	185.238,00	370.566,00	370.566,00
Sistema de Tratamento	53.178,00	53.178,00	53.178,00
Lagoa de digestato	32.280,00	32.280,00	32.280,00
Flare (queimador de excesso)	12.600,00	25.200,00	25.200,00
Caminhão de coleta	409.000,00	818.000,00	818.000,00
Gasoduto interno	51.236,00	51.236,00	51.236,00
Ponto de conexão cabinado	71.400,00	71.400,00	71.400,00
GMG (grupo motogerador)	132.493,00	375.800,00	448.810,00
Painel de Comando	28.688,00	37.435,00	39.240,00
Painel de Proteção	38.080,00	58.190,00	58.190,00
Container	-	49.290,00	49.290,00
Projeto de Geração Distribuída	7.980,00	12.820,00	12.820,00
Aquisição de terreno	500.000,00	500.000,00	500.000,00
TOTAL	1.687.605,00	2.682.631,00	2.757.446,00

Fonte: Dados da pesquisa

Constata-se que, para o investimento total inicial (CAPEX), considerando os caminhões e a implantação do centro de biodigestão, varia entre R\$ 1.687.605,00 e R\$ 2.757.446,00. Na Tabela 7, apresenta-se o OPEX mensal, que inclui o custo operacional total dos veículos, pagamento aos produtores pela compra dos dejetos suínos e manutenção do biodigestor. Nota-se que ele corresponde a R\$ 14.539,65, R\$ 39.139,29 e R\$ 55.871,15 para os cenários C1, C2 e C3, respectivamente.

Tabela 7: OPEX para cálculo financeiro.

Descrição	Cenário 1 (R\$)	Cenário 2 (R\$)	Cenário 3 (R\$)
Consumo de Diesel (deslocamento)	6.132,00	13.140,00	15.768,00
Compra Dejetos	-	6.402,00	19.470,00
Motorista do caminhão 1	3.099,10	3.099,10	3.099,10
Motorista do caminhão 2	-	3.099,10	3.099,10
Operador da planta	1.549,55	1.549,55	1.549,55
Manutenção dos equipamentos (GMG)	3.092,00	6.055,00	6.055,00
Manutenção dos caminhões	667,00	1.334,00	1.334,00
Demanda Contratada	-	4.460,54	5.496,40
TOTAL MENSAL	14.539,65	39.139,29	55.871,15
TOTAL ANUAL	174.475,80	469.671,48	670.453,80

Fonte: Dados da pesquisa

Levando em consideração os dados expostos, realizou-se a análise de viabilidade econômica. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para os três cenários de projeto propostos segundo as ferramentas de viabilidade econômica.

Tabela 8: Resumo dos resultados da análise de viabilidade.

Análise de Viabilidade Econômica	Resultados		
	C1	C2	C3
Ferramentas			
VPL	R\$ 1.013.922,61	R\$ 5.222.340,95	R\$ 5.664.443,99
TIR	11,00%	23,10%	24,00%
<i>PAYBACK</i>	9,4 anos	5,1 anos	4,9 anos
Valor da compra dos dejetos (m ³)	R\$ 0,00	R\$ 1,00	R\$ 2,50

Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se, que nos cenários C2 e C3, os VPL's foram positivos e que as TIR's foram maiores do que a TMA adotada (6%). Observa-se no cenário C1 que, os resultados ficaram abaixo do esperado e mesmo sem utilizar o pagamento pelos dejetos o *payback* apresentou valor muito alto comparando aos demais cenários. Desse modo, considerando o pagamento pelos dejetos suínos, somente os cenários C2 e C3 apresentam viabilidade econômica, sendo que o cenário C3 foi o mais viável economicamente, permitindo ao empreendimento pagar mais pelo dejetos recebido. Por meio das simulações do pagamento

dos dejetos, concluiu-se que nos cenários C2 e C3 a compra do substrato não inviabiliza o projeto. O cenário C2 possibilita o pagamento de R\$ 1,00/m³ e *payback* de aproximadamente 5 anos. No cenário C3, para obter um *payback* de 5 anos é possível pagar pelo dejetos suíno um valor de R\$ 2,50/m³.

5.4.1.2. Viabilidade da implantação do biodigestor

A receita com a geração de energia será por meio de investimento com a implantação do biodigestor e do grupo de motogerador. A receita mensal será utilizada para pagamento do investimento e posteriormente será revertido em lucro para o produtor rural.

Para analisar a capacidade de produção de dejetos, foi considerado o plantel de suínos das propriedades rurais. A estimativa de produção de dejetos é obtida com base no peso médio dos animais e a produção diária de dejetos por suíno. Utiliza-se o peso do animal para estimar sua produção de dejetos (MARQUES & SILVA, 2014). A Tabela 9 expressa o volume de dejetos por animal na fase de terminação.

Tabela 9: Produção de dejetos.

Fase do Suíno	Volume de dejetos (m ³ /animal/dia)
Terminação	0,0046

Fonte: (TAVARES, DE OLIVEIRA, COLDEBELLA, & AMORIM, 2013).

O volume de dejetos permite dimensionar o volume do biogás e do biodigestor. Para determinar o potencial de produção de biogás em suinocultura de terminação, utilizou-se como base valores obtidos pelo CIBiogás. Os valores de produção de biogás estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10: Produção de biogás.

Concentração de Metano	Prod. de dejetos (m ³ /animal/dia)	Prod. de biogás (m ³ biogás/animal/dia)	Prod. de biogás (m ³ biogás/m ³ dejetos)
60%	0,0046	0,12	26,08

Fonte: (CIBIOGAS, 2018).

Por meio dos valores do potencial de produção de biogás e os dados técnicos do grupo motogerador (GMG), é possível obter o potencial de geração de energia elétrica. Para esse estudo, foi considerado o GMG com potência 120 kVA e 75 kW de potência contínua. Reiterando, o consumo de biogás do GMG varia de acordo com a potência e o percentual de metano presente no biogás conforme Tabela 11.

Tabela 11: Consumo de biogás do GMG 120kVA

GMG (Potência)	Metano 95%	Metano 70%	Metano 65%
	Consumo (m ³ /h)	Consumo (m ³ /h)	Consumo (m ³ /h)
120kva	30	43	47

Fonte: Dados fabricante (2020).

A quantidade de energia elétrica produzida por dia foi obtida por meio da equação (6).

$$E = \frac{P * PB * PC}{C} \quad (6)$$

Sendo que:

E: Energia Elétrica (kWh/dia)

P: Plantel (suínos)

PB: Potencial de Biogás (m³/suíno.dia)

PC: Potência Contínua (kW)

C: Consumo do GMG (m³/h)

Considerando que a planta irá operar em Geração Distribuída (GD), a tarifa de energia elétrica considerada foi a tarifa convencional subgrupo B2 rural, que conforme a resolução homologatória nº 2559 de 18 de junho de 2019 da ANEEL é de 0,61 R\$/kWh. Para a análise de viabilidade econômica, considerou-se os valores da geração de energia e a tarifa de energia elétrica, onde é possível obter a receita do empreendimento. Considerou-se também o CAPEX e OPEX, que foram obtidos por meio de contato com empresas especializadas de cada ramo e posteriormente os valores obtidos foram tabulados em planilha.

Para se realizar as projeções de fluxo de caixa, todas as receitas e economias bem como os custos e despesas operacionais sofreram variações anuais a partir do 2º ano de projeto pelo IPCA do ano de 2019 que foi de 4,31 % a.a., conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Após a tabulação dos dados do CAPEX, OPEX e receitas do projeto, obteve-se os resultados das ferramentas de análise de rentabilidade (VPL, TIR), que foi realizada para um horizonte de 10 anos.

A Tabela 12 apresenta os custos para a aquisição dos equipamentos, instalação do sistema de biodigestão, e demais valores para a análise de investimentos.

Tabela 12: CAPEX para cálculo de viabilidade de cada cenário.

CAPEX	
Descrição	Valor
Biodigestor	R\$119.800,00
GMG 120kva	R\$132.493,00
Painel de Comando	R\$28.688,00
Painel de Proteção	R\$38.080,00
Terraplenagem	R\$16.500,00
Projeto de Geração Distribuída	R\$7.980,00
Civil	R\$28.000,00
Gasoduto	R\$20.000,00
Sistema de tratamento	R\$25.000,00
TOTAL	R\$ 416.541,00

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 13, apresenta-se o OPEX mensal, que inclui o custo operacional e manutenção do biodigestor.

Tabela 13: OPEX para cálculo financeiro.

Descrição	(R\$)
Manutenção dos equipamentos (GMG)	2.647,08
Destinação do Biofertilizante	-
TOTAL MENSAL	2.647,08
TOTAL ANUAL	31.764,96

Fonte: Dados da pesquisa

5.4.1.3. Custo de manutenção das esterqueiras

O custo com a manutenção das lagoas/esterqueiras foi calculado considerando a contratação de serviço terceirizado para coleta e destinação dos dejetos suínos. O valor considerado foi de R\$ 120,00 para uma carga de 10 m³ de dejetos suínos. O custo foi projetado para um horizonte de 10 anos. Esse valor sofrerá variação conforme o dado inserido do plantel dos suínos, considerando que quanto maior o plantel, maior será o custo para o produtor. O custo com a manutenção foi calculado conforme a equação (7).

$$CM = VD * VC * t. \quad (7)$$

Onde:

CM: Custo Manutenção (R\$)

VD: Volume de Dejeito (m³/dia)

VC: Valor da Carga (R\$/m³)

t: Tempo (dias)

5.4.1.4. Análise de correlação - ANOVA

Após a realização dos cálculos para obtenção das receitas e custos referentes às destinações, foi necessário realizar o teste da ANOVA para avaliar a correlação entre as variáveis.

A Figura 10 correlaciona a macroárea Econômico e a macroárea Ambiental. Os dados utilizados para os testes foram da Destinação 1 - Manutenção da Esterqueira no período de 5 anos. O eixo y diz respeito ao custo de manutenção das esterqueiras em 5

anos expresso em reais. No eixo x, apresenta-se a nota do quesito ambiental, relacionada à quantidade de dejetos produzidos nas propriedades. Esses valores foram calculados nas seções anteriores.

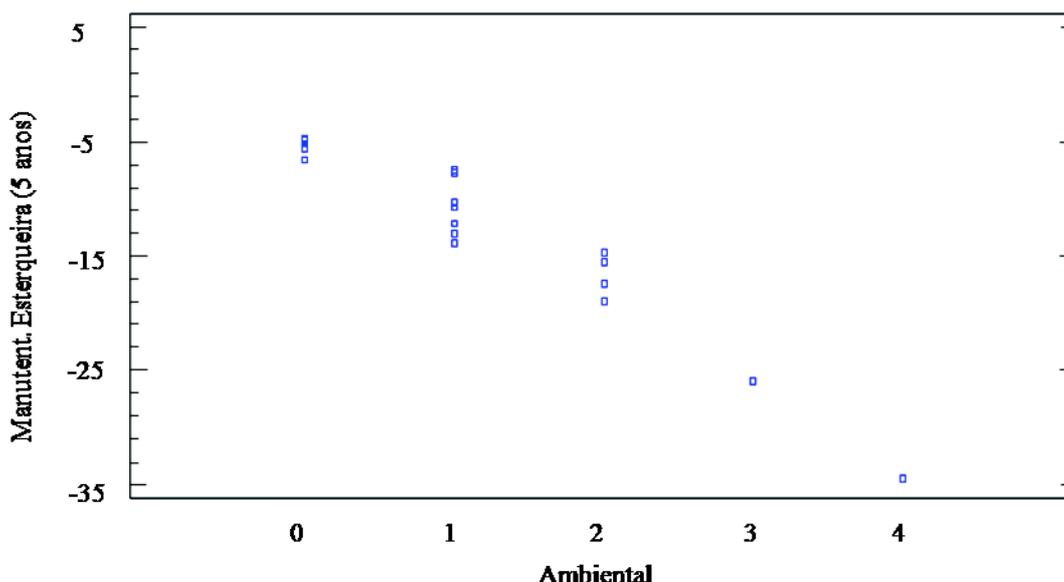


Figura 10: Gráfico de Dispersão da Manutenção Da Esterqueira (5 anos) e Níveis Ambientais
Fonte: Autor, (2020)

Tabela 14: ANOVA para Manutenção Esterqueira (5 anos) e Ambiental.

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Média</i>	<i>Razão - F</i>	<i>p-valor</i>
Entre Grupos	1,12E9	4	2,80E8	92,08	0,0000
Dentro dos Grupos	7,60E7	25	3,04E6		
Total (Corr.)	1,19E9	29			

A Tabela 14 ANOVA, decompõe a variância dos grupos em duas componentes: uma componente entre grupos e uma componente dentro dos grupos. A razão F que neste caso foi 92,08 é a razão entre a estimativa (entre grupos) e a estimativa (dentro dos grupos). Se o valor p do teste F for maior ou igual a 0,05, não há diferença estatisticamente significativa entre a média das classes, ao nível de 95% de confiança. Por meio da análise do gráfico e da Tabela ANOVA, observa-se que, na amostra estudada, há uma diferença significativa entre as classes.

A Figura 11 correlaciona a macroárea Econômica e a macroárea Ambiental. Os

dados utilizados para os testes foram da Destinação 2 – Venda de dejetos no período de 5 anos. O eixo y diz respeito à venda de dejetos em 5 anos expresso em reais. No eixo x, apresenta-se a nota do quesito ambiental, relacionada à quantidade de dejetos produzido nas propriedades.

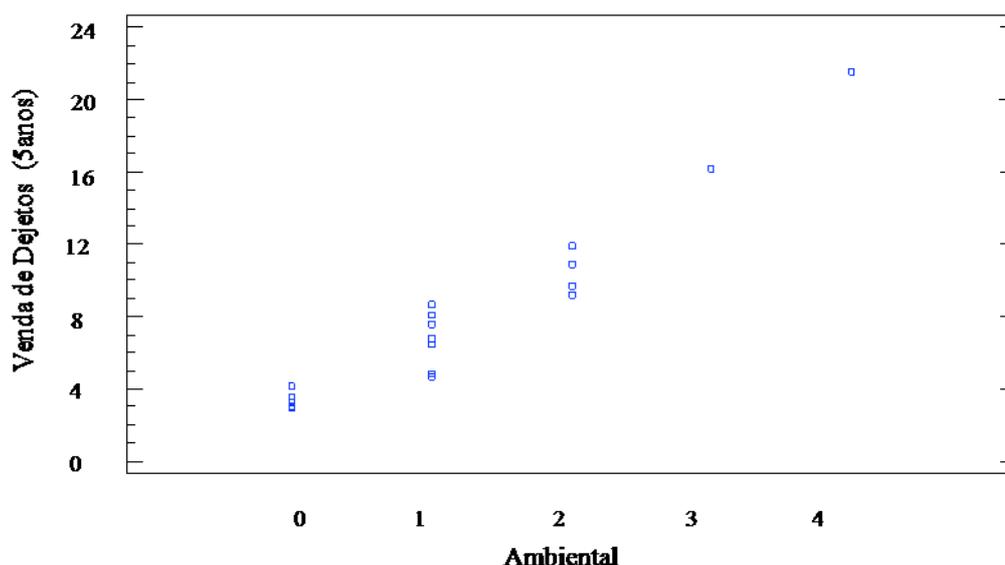


Figura 11: Gráfico de Dispersão da Venda de Dejetos (5 anos) e Níveis Ambientais
Fonte: Autor, (2020)

Tabela 15: ANOVA para Venda Dejetos (5 anos) e Ambiental

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Média</i>	<i>Razão - F</i>	<i>p-valor</i>
Entre Grupos	4,37E10	4	1,09E10	92,08	0,0000
Dentro dos Grupos	2,97E9	25	1,18E8		
Total (Corr.)	4,67E10	29			

Na Tabela 15 ANOVA, a razão F foi de 92,08. O valor p do teste F apresentou valor igual a 0,000 ao nível de 95% de confiança. Por meio da análise do gráfico e da Tabela ANOVA, observa-se que, na amostra estudada, há uma diferença significativa entre as classes.

A Figura 12 apresenta a macroárea Econômico e a macroárea Ambiental. Os dados utilizados para os testes foram da Destinação 3 – VPL no período de 5 anos. O eixo y apresenta o valor do VPL em 5 anos expresso em reais. No eixo x, apresenta-se a nota do quesito ambiental, relacionada à quantidade de dejetos produzido nas propriedades.

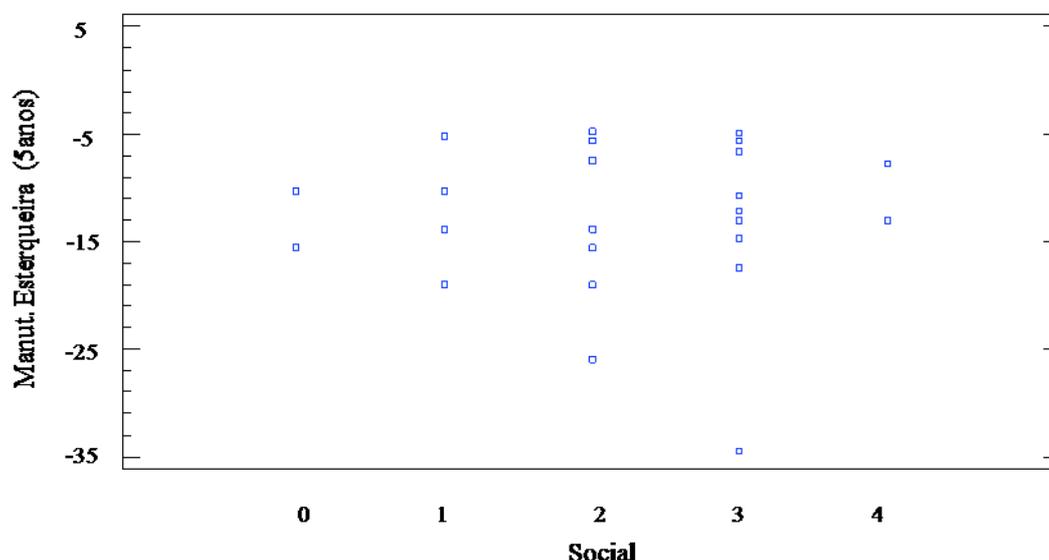


Figura 13: Gráfico de Dispersão da Manutenção Esterqueira (5 anos) e Níveis Sociais
Fonte: Autor, (2020)

Tabela 17: ANOVA para Manutenção Esterqueira (5 anos) e Social.

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Média</i>	<i>Razão - F</i>	<i>p-valor</i>
Entre Grupos	3,53E7	4	8,84E6	0,19	0,9411
Dentro dos Grupos	1,16E9	25	4,64E7		
Total (Corr.)	1,19E9	29			

A Tabela 17 ANOVA, apresenta a variância dos grupos em duas componentes: uma componente entre grupos e uma componente dentro dos grupos. A razão F que neste caso foi 0,19 é a razão entre a estimativa (entre grupos) e a estimativa (dentro dos grupos). Se o valor p do teste F for maior ou igual a 0,05, não há diferença estatisticamente significativa entre a média das categorias em estudo, ao nível de 95% de confiança. Por meio da análise do gráfico e da Tabela ANOVA, observa-se que, na amostra estudada, não há uma diferença significativa entre as classes.

A Figura 14 apresenta a correlação entre o aspecto Econômico e o aspecto Social. Os dados analisados dizem respeito à Destinação 2 – Venda de Dejetos no período de 5 anos. O eixo y apresenta o valor da venda dos dejetos em 5 anos expresso em reais. No eixo x, apresenta-se a nota do quesito social, relacionada à geração de emprego e renda extra.

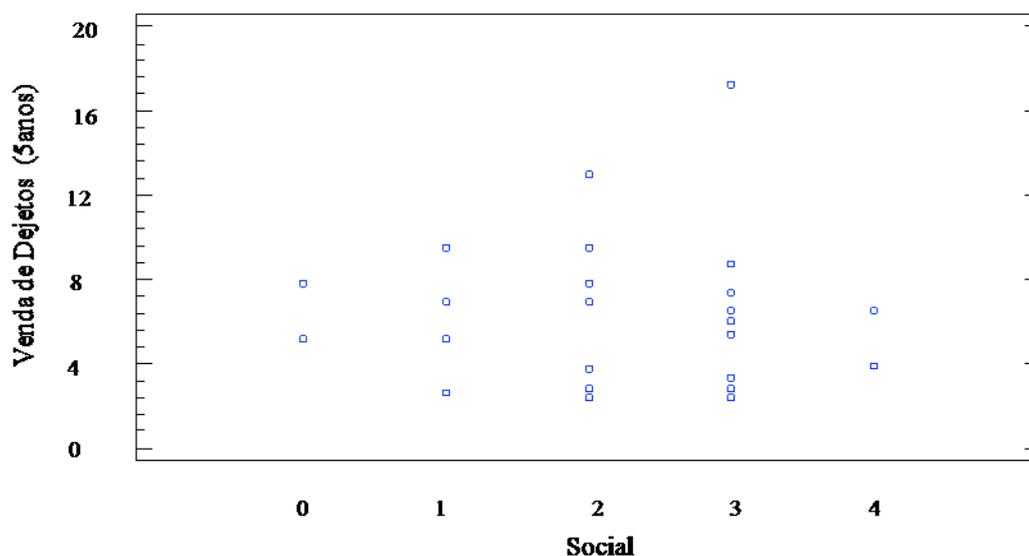


Figura 14: Gráfico de Dispersão da Venda de Dejetos (5 anos) e Níveis Sociais
Fonte: Autor, (2020)

Tabela 18: ANOVA para Venda Dejetos (5 anos) e Social.

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Média</i>	<i>Razão - F</i>	<i>p-valor</i>
Entre Grupos	1,38E9	4	3,45E8	0,19	0,9411
Dentro dos Grupos	4,53E10	25	1,81E9		
Total (Corr.)	4,67E10	29			

Por meio da análise da Tabela 18 ANOVA, é possível observar que a razão F foi de 0,19 e o valor p do teste F apresentou valor igual a 0,9411 ao nível de 95% de confiança. Considerando tais valores, observa-se que na amostra estudada, não há uma diferença significativa entre as classes.

A Figura 15 correlaciona a macroárea Econômico e a macroárea Social. Os dados utilizados para os testes foram da Destinação 3 - VPL no período de 5 anos. O eixo y diz respeito ao valor do VPL em 5 anos expresso em reais. O eixo x refere-se à nota do quesito social, relacionada à geração de emprego e renda extra.

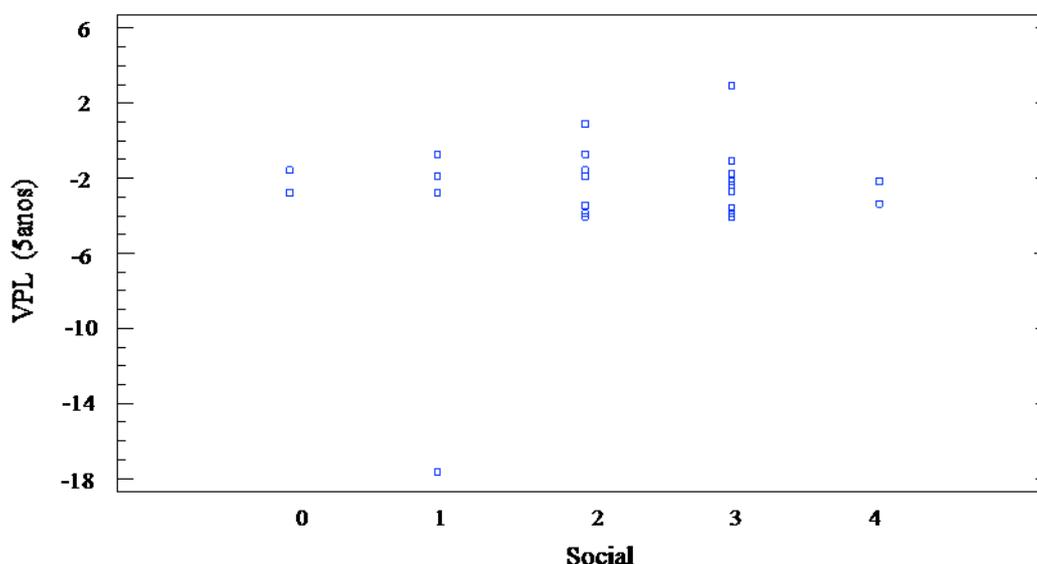


Figura 15: Gráfico de Dispersão do VPL (5 anos) e Níveis Sociais
Fonte: Autor, (2020)

Tabela 19: ANOVA para VPL (5 ANOS) e Social.

<i>Fonte</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>Média</i>	<i>Razão - F</i>	<i>p-valor</i>
Entre Grupos	3,59E11	4	8,98E10	0,86	0,5010
Dentro dos Grupos	2,60E12	25	1,04E11		
Total (Corr.)	2,96E12	29			

Na Tabela 19 ANOVA, a razão F foi de 0,86 e o valor p do teste F apresentou valor igual a 0,5010 ao nível de 95% de confiança. Por meio da análise do gráfico e da Tabela ANOVA, observa-se que, na amostra estudada, que não há uma diferença significativa entre as classes.

Foram realizados testes ANOVA para as destinações no período de 10 anos, mas não houve diferença nos resultados comparando com as destinações de 5 anos e então, optou-se em não apresentar os gráficos e tabelas das análises.

Após a análise dos resultados, é possível constatar que a macroárea Social não possui correlação entre as demais variáveis e não há diferença significativa estatisticamente no estudo. Entende-se que não há necessidade de trabalhar os dados dos diferentes níveis sociais separadamente.

Portanto, foi necessário reavaliar e redefinir as variáveis para uso do modelo de classificação, onde foram subdivididas em duas macroáreas: Econômico e Socioambiental. Na sequência, tais variáveis:

Econômico:

- Receita da venda dos dejetos
- Viabilidade econômica da implantação do biodigestor
- Custo de manutenção lagoas/esterqueiras

Socioambiental:

- Geração de receita
- Risco Ambiental
- Redução de emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

5.5. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO

Levando em conta o objetivo do modelo de classificação, que é apresentar qual a melhor opção para destinação dos dejetos suínos, foram definidas entradas específicas (*inputs*) que alimentam o modelo, estas dizem respeito às características da propriedade a ser analisada. A partir disso, o modelo realiza simulações para os 3 tipos de destinações, levando em conta as variáveis estipuladas na seção anterior e, por fim, define qual a melhor destinação dos dejetos suínos (*output*).

De maneira sucinta, o modelo coleta as informações inseridas, realiza as simulações para cada um dos tipos de destinação, calcula notas para as variáveis, determina a nota final de cada simulação e, por fim, indica qual a melhor estratégia para destinação do dejetos, utilizando a maior nota final.

Os dados a serem inseridos no modelo (*inputs*) seguem no Quadro 1.

Quadro 1: *Inputs* do modelo de classificação

INPUTS DO MODELO		
I_1	Plantel	Inserir (nº de suínos)
I_2	Existe possibilidade de venda de dejetos?	Inserir (Sim ou Não)
I_3	Qual valor de venda?	Inserir (Valor R\$/m ³)
I_4	Possui corpo hídrico próximo?	Inserir (Sim ou Não)
I_5	Possui área para aplicar biofertilizante?	Inserir (Sim ou Não)

Os *inputs* representados no Quadro 1 foram definidos levando em conta sua relevância para determinação do modelo, bem como os relatos dos produtores obtidos nas visitas às propriedades.

- **Plantel:** O plantel é qualquer grupo/lote de animais. Para o modelo de classificação sua relevância se dá por ter ligação direta com a quantidade de dejetos suínos produzidos na propriedade rural. Quanto maior o plantel, maior será a produção dos dejetos, a geração de biogás e a necessidade de destinação correta.
- **Existe possibilidade de venda de dejetos?:** Esse *input* considera uma situação em que empreendimentos de bioenergia realizam a compra dos dejetos suínos para geração de energia. Como este é um contexto incomum, considerou-se que em determinadas regiões possa não existir essa compra/comércio.
- **Qual o valor da venda?:** Com base no *input* anterior, o valor de venda varia conforme a região onde está a propriedade. Caso haja a venda dos dejetos, esse valor implica diretamente no faturamento do produtor rural.
- **Possui corpo hídrico próximo?:** Corpo hídrico é qualquer acumulação de água, tais como: rios, mares, córregos. No que se refere ao aspecto ambiental, esse *input* se torna relevante considerando que caso haja a presença de corpo hídrico na propriedade, a possibilidade de contaminação se agrava e o tratamento/destinação dos dejetos requer maior atenção.



unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

- Possui área para aplicar biofertilizante?: Esse *input* diz respeito às esterqueiras e ao biodigestor. Após os tratamentos de ambos, há a produção do biofertilizante que tem a necessidade de destinação, na maioria dos casos opta-se pelo lançamento em área agrícola. Caso a propriedade não possua área para aplicação, o custo dos tratamentos aumenta, levando em conta que será necessário contratar empresa terceirizada para fazer a retirada do biofertilizante.

As Figuras 16, 17 e 18 representam os processos do modelo de classificação divididos por cada simulação de destinação do dejetos.

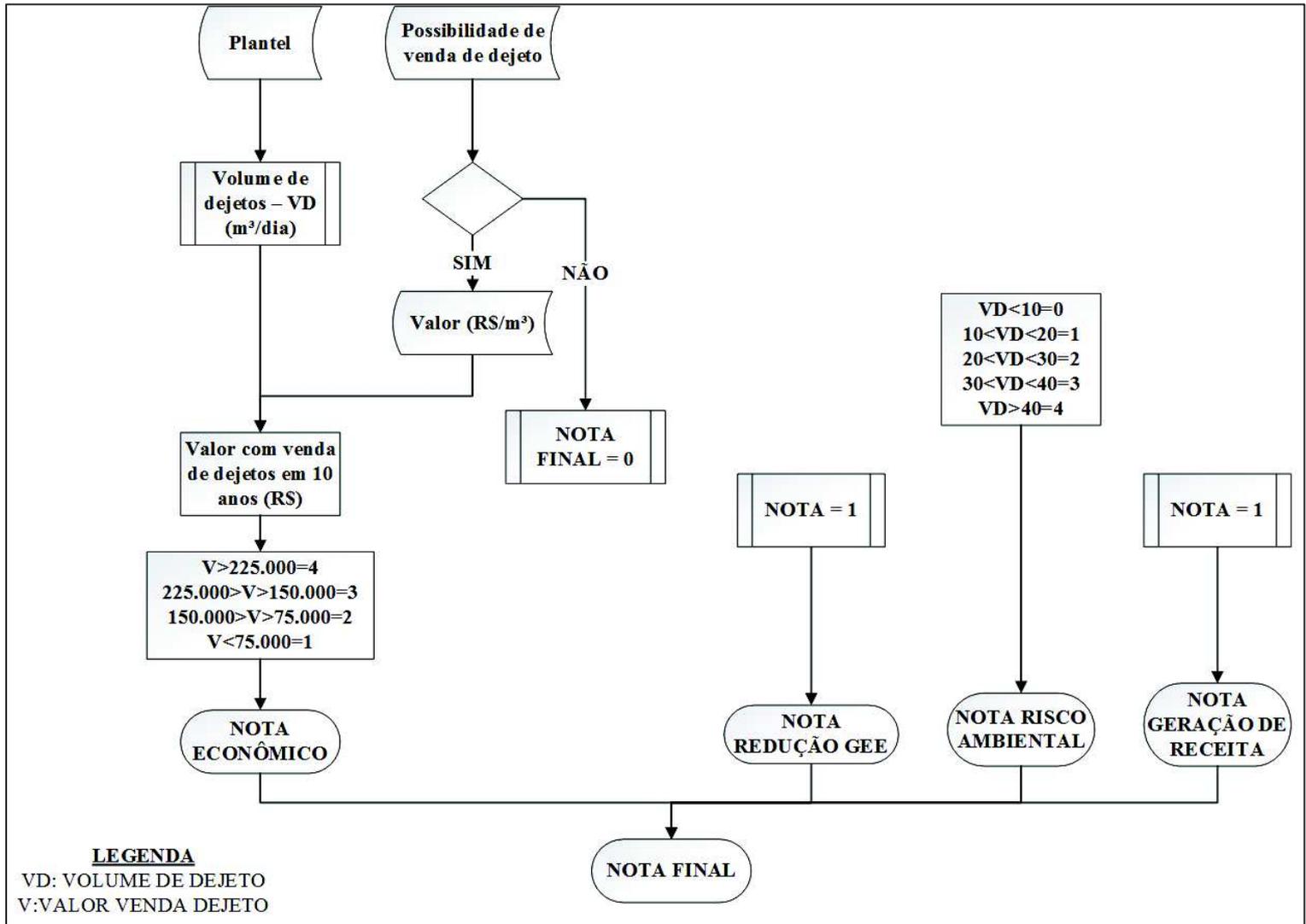


Figura 16: Fluxograma da Simulação de Venda de Dejetos
Fonte: Autor, (2021)

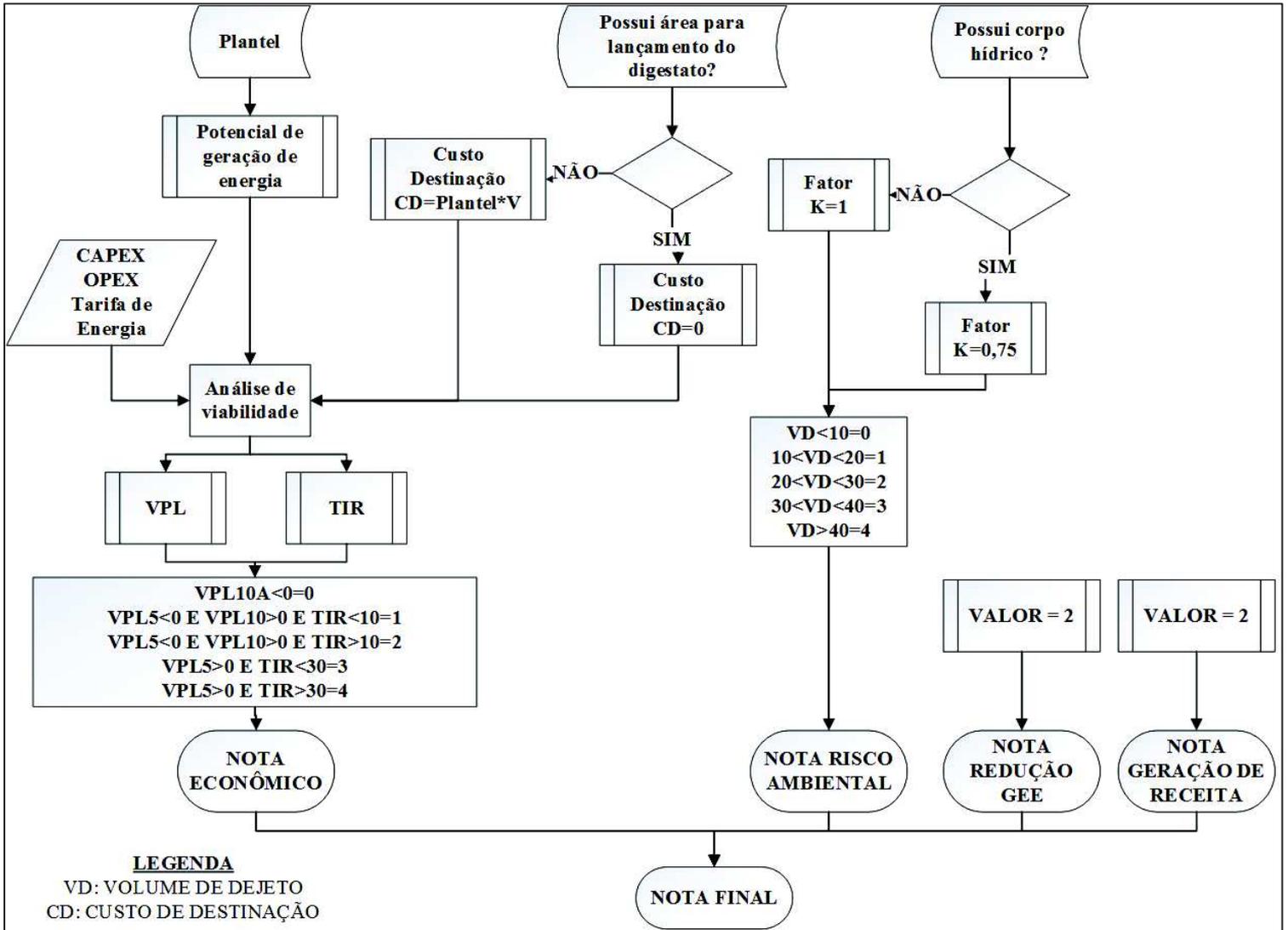


Figura 17: Fluxograma da Simulação de Implantação do Biodigestor

Fonte: Autor, (2021)

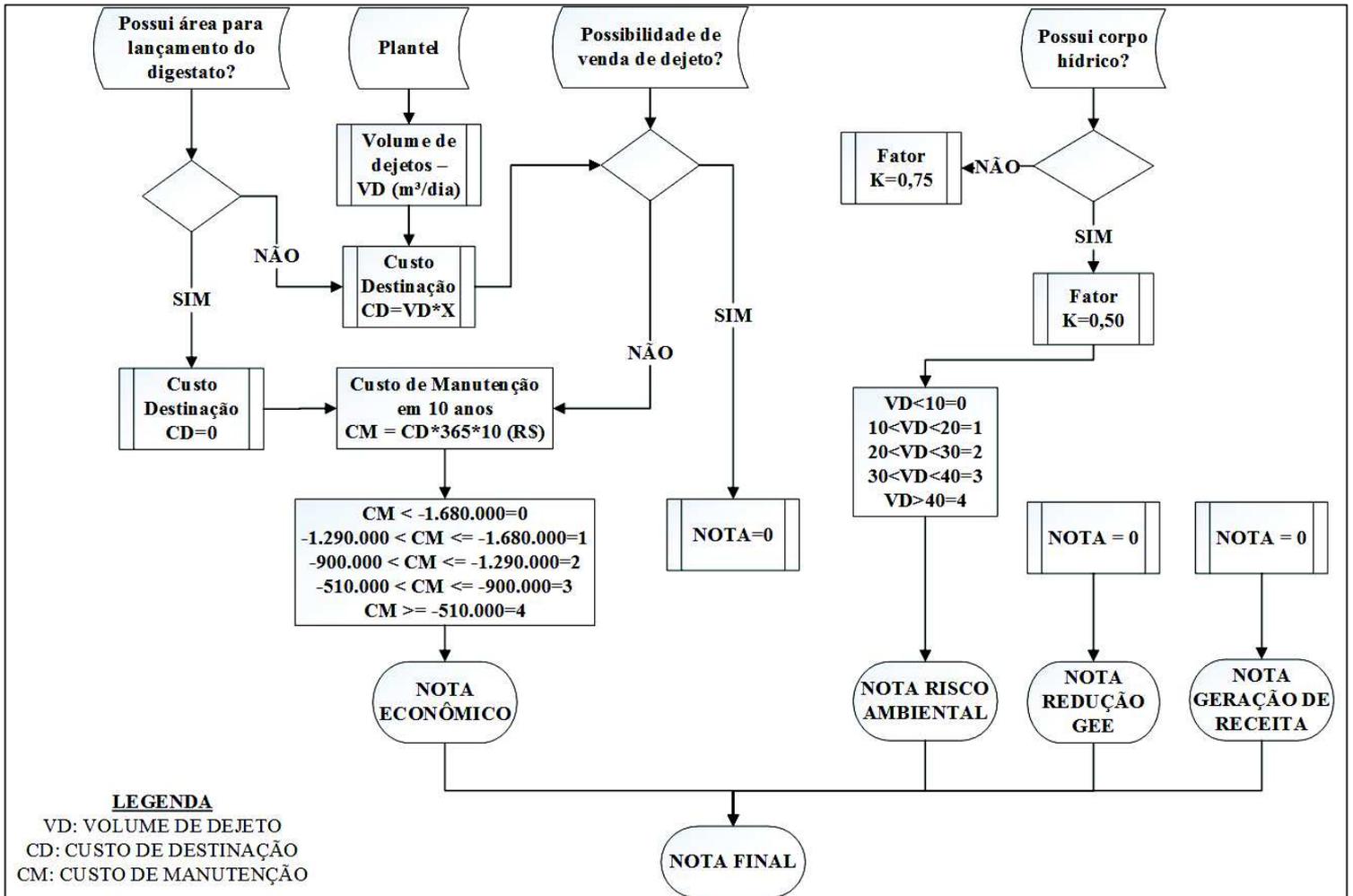


Figura 18: Fluxograma da Simulação de Manutenção Esterqueira
Fonte: Autor, (2021)

Os cálculos e regras de classificação de cada variável estão descritos e detalhados nas seções seguintes.

5.5.1. Receita da Venda dos Dejetos

A variável Receita da Venda dos Dejetos considera uma situação em que empreendimentos de bioenergia realizam a compra dos dejetos dos pequenos produtores rurais para geração de energia elétrica. Como este é um contexto não usual, realizou-se estudo para a comprovação da viabilidade técnica e financeira desta prática, de modo a embasar a utilização desta possibilidade no modelo de classificação.

Para a determinação da nota referente à variável receita com venda de dejetos, o modelo tem como base os *inputs*: Existe possibilidade de venda dos dejetos? Qual o valor de venda?, ou seja, caso exista a possibilidade de venda e fazendo uso do valor de venda em R\$/m³ e tamanho do plantel da unidade, calcula-se a receita com venda em 10 anos, conforme a equação (8).

$$RV = VD * VV * t. \quad (8)$$

Onde:

RV : Receita da Venda (R\$/m³)

VD: Volume de Dejeito (m³/dia)

t: Tempo (dias)

VV: Valor de Venda (R\$/m³)

Posteriormente, é calculada a nota para a variável Econômica - Venda de Dejetos, conforme as regras abaixo e a Tabela 20:

- Se *RV* for > R\$ 225.000 então a Nota RVD será = 4.
- Se R\$ 150.000 < *RV* < R\$ 225.000 então a Nota RVD será = 3.
- Se R\$ 75.000 < *RV* < R\$ 150.000 então a Nota RVD será = 2.
- Se *RV* for < R\$ 75.000 então a Nota RVD será = 1.

Onde, Nota RVD é a nota da receita da venda de dejetos.

Tabela 20: Regras de Classificação para Venda de Dejeito

Econômico - Venda de Dejeito		
I2	RV (R\$)	Nota Econômica
NÃO	RV > 225.000	0
NÃO	225.000 > RV > 150.000	0
NÃO	150.000 > RV > 75.000	0
NÃO	RV < 75.000	0
SIM	RV > 225.000	4
SIM	225.000 > RV > 150.000	3
SIM	150.000 > RV > 75.000	2
SIM	RV < 75.000	1

Onde, I2 é o *Input 2*.

Os valores definidos para as regras de classificação foram determinados com base nos cálculos realizados para o pagamento dos dejetos suínos, utilizando a amostra em estudo. Os resultados obtidos variaram entre R\$ 59.000 e R\$ 432.000. Sendo assim, utilizou-se uma escala crescente de 75.000 para determinar as regras de classificação.

5.5.2. Viabilidade econômica da implantação do biodigestor

Os dados e valores considerados nessa variável foram obtidos por meio da análise de viabilidade econômica. As ferramentas de viabilidade econômica sofrerão alteração conforme os dados inseridos no modelo e apresentarão se a implantação do biodigestor é viável financeiramente. As regras de classificação consideradas no modelo foram baseadas nos valores do VPL em 5 e 10 anos e o valor da TIR, conforme apresenta-se abaixo e na Tabela 21:

- Se VPL10 for < 0 então a Nota será = 0
- Se VPL5 for < 0 e VPL10 for > 0 e TIR for < 10 então a Nota será = 1
- Se VPL5 for < 0 e VPL10 for > 0 e TIR for > 10 então a Nota será = 2
- Se VPL5 for > 0 e TIR for < 30 então a Nota será = 3

- Se VPL5 for >0 e TIR for >30 então a Nota será = 4

Tabela 21: Regras de Classificação para Implantação Biodigestor

Econômico – Implantação Biodigestor			
VPL 5 ANOS	VPL 10 ANOS	TIR	Nota Econômica
VPL 5A < 0	VPL 10A < 0	TIR < 10	0
VPL 5A < 0	VPL 10A < 0	TIR > 10	0
VPL 5A < 0	VPL 10A < 0	TIR < 30	0
VPL 5A < 0	VPL 10A < 0	TIR > 30	0
VPL 5A < 0	VPL 10A > 0	TIR < 10	1
VPL 5A < 0	VPL 10A > 0	TIR > 10	2
VPL 5A > 0	VPL 10A > 0	TIR < 30	3
VPL 5A > 0	VPL 10A > 0	TIR > 30	4

Na análise de viabilidade foi considerado o custo com a destinação do biofertilizante, que será avaliado conforme a propriedade rural. Caso o produtor possua área de aplicação para o biofertilizante, esse custo não será considerado no modelo. Na sequência, a equação (9) representa o custo com a destinação do biofertilizante.

$$CM = VD * VC * t \quad (9)$$

Onde:

CM: Custo Manutenção (R\$)

VD: Volume de Dejeito (m^3/dia)

VC: Valor da Carga (R\$/ m^3)

t: Tempo (dias)

5.5.3. Custo de manutenção lagoas/esterqueiras

As regras de classificação que foram consideradas para o modelo levaram em conta o custo de manutenção obtido na equação (7). Os valores estão apresentados com sinal negativo, pois é um custo a se pagar pelo produtor rural. Abaixo tais regras:

- Se o CM for $< \text{R\$ } -1.680.000$ então a Nota CM será = 0
- Se $\text{R\$ } -1.680.000 \leq \text{CM} < \text{R\$ } -1.290.000$ então a Nota CM será = 1
- Se $\text{R\$ } -1.290.000 < \text{CM} < \text{R\$ } -900.000$ então a Nota CM será = 2
- Se $\text{R\$ } -900.000 < \text{CM} < \text{R\$ } -510.000$ então a Nota CM será = 3
- Se o CM for $< \text{R\$ } -510.000$ então a Nota CM será = 4

Os valores definidos para as regras de classificação foram determinados com base nos cálculos realizados para a manutenção das esterqueiras, utilizando a amostra em estudo. Os resultados obtidos variaram entre $\text{R\$ } -285.000$ e $\text{R\$ } -2.000.000$. Sendo assim, utilizou-se uma escala crescente de 390.000 para determinar as regras de classificação. As regras de classificação estão descritas na Tabela 22:

Tabela 22: Regras de Classificação para Manutenção Esterqueira

Econômico - Manutenção Esterqueira			
I2	I5	CM (R\$)	Nota Econômica
SIM	SIM	$\text{CM} < -1.680.000$	0
SIM	SIM	$-1.680.000 \leq \text{CM} < -1.290.000$	0
SIM	SIM	$-1.290.000 \leq \text{CM} < -900.000$	0
SIM	SIM	$-900.000 \leq \text{CM} < -510.000$	0
SIM	SIM	$\text{CM} \geq -510.000$	0
SIM	NÃO	$\text{CM} < -1.680.000$	0
SIM	NÃO	$-1.680.000 \leq \text{CM} < -1.290.000$	0
SIM	NÃO	$-1.290.000 \leq \text{CM} < -900.000$	0
SIM	NÃO	$-900.000 \leq \text{CM} < -510.000$	0
SIM	NÃO	$\text{CM} \geq -510.000$	0
NÃO	SIM	$\text{CM} < -1.680.000$	4
NÃO	SIM	$-1.680.000 \leq \text{CM} < -1.290.000$	4
NÃO	SIM	$-1.290.000 \leq \text{CM} < -900.000$	4
NÃO	SIM	$-900.000 \leq \text{CM} < -510.000$	4
NÃO	SIM	$\text{CM} \geq -510.000$	4
NÃO	NÃO	$\text{CM} < -1.680.000$	0
NÃO	NÃO	$-1.680.000 \leq \text{CM} < -1.290.000$	1
NÃO	NÃO	$-1.290.000 \leq \text{CM} < -900.000$	2
NÃO	NÃO	$-900.000 \leq \text{CM} < -510.000$	3
NÃO	NÃO	$\text{CM} \geq -510.000$	4

Onde, I2 é o *Input 2* e I5 é o *Input 5*.

5.5.4. Geração de receita

O aspecto social se dá por meio da geração de receita que foi considerada levando em conta o mercado de trabalho envolvido na venda do dejetos, na implantação do biodigestor e a empresa terceirizada que fará a manutenção da esterqueira. Considerando que a implantação do biodigestor envolve uma cadeia maior do mercado de trabalho (fornecedores, companhia de energia, operadores), a nota de classificação é maior que os demais. As regras de classificação que foram consideradas para o modelo foram:

- Esterqueira: 0
- Venda de Dejetos: 1
- Implantação Biodigestor: 2

Neste contexto, o valor 0 é a situação mais desfavorável e 2 é a situação mais favorável.

5.5.5. Risco ambiental

O risco ambiental foi considerado levando em conta o grau de contaminação dos tratamentos estudados, bem como, a quantidade de dejetos produzidos nas propriedades. As lagoas/esterqueiras possuem alto risco ambiental considerando que pode haver a contaminação do solo e de corpos hídricos. Entre os principais impactos negativos da suinocultura pode-se destacar: a contaminação dos solos; a eutrofização de corpos d'água superficiais, a contaminação de águas subterrâneas e a liberação de gases contribuintes para o efeito estufa e aquecimento global (COUTO, 2018).

A nota final leva em consideração as regras de classificação, o dado inserido do *input*: (Possui corpo hídrico?), e os valores do Volume de Dejetos (VD). Se a informação inserida do *input* for negativa, as regras de classificação consideradas para o modelo serão:

- Se o VD for < 10 então a Nota VD será = 0
- Se $10 < VD < 20$ então a Nota VD será = 1
- Se $20 < VD < 30$ então a Nota VD será = 2

- Se $30 < VD < 40$ então a Nota VD será = 3
- Se o VD for > 40 então a Nota VD será = 4

Caso a informação inserida do *input* seja positiva, a nota final sofre uma alteração, considerando que possuindo corpo hídrico na propriedade, o risco de impacto ambiental se torna maior. As regras de classificação terão uma porcentagem de redução (Fator k), conforme abaixo:

- Esterqueira: 50% de redução
- Implantação Biodigestor: 25% de redução

Na simulação Venda de Dejeito não existe valor de redução, uma vez que, o dejeito será vendido e não terá impacto ambiental na propriedade rural.

Na Tabela 23, apresentam-se as condições para as notas finais do Risco Ambiental das três destinações.

Tabela 23: Regras de Classificação para Risco Ambiental

Risco Ambiental							
I4	VD (m ³ /dia)	NOTA AUX.	Fator K Bio	Fator K Esterqueira	NRA Bio	NRA Esterqueira	NRA Venda
NÃO	VD<10	0	1	0,75	0	0	0
NÃO	10<=VD<20	1	1	0,75	1	0,75	0
NÃO	20<=VD<30	2	1	0,75	2	1,5	0
NÃO	30<=VD<40	3	1	0,75	3	2,25	0
NÃO	VD>=40	4	1	0,75	4	3	0
SIM	VD<10	0	0,75	0,5	0	0	0
SIM	10<=VD<20	1	0,75	0,5	0,75	0,5	1
SIM	20<=VD<30	2	0,75	0,5	1,5	1	2
SIM	30<=VD<40	3	0,75	0,5	2,25	1,5	3
SIM	VD>=40	4	0,75	0,5	3	2	4

Onde, NRA é a Nota do Risco Ambiental.

5.5.6. Redução de Emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

A redução de emissão dos GEE foi considerada levando em conta os tratamentos estudados. Levando em conta que na Destinação 1 o tratamento é realizado com as

lagoas/esterqueiras, não existe a minimização das emissões dos gases poluentes, portanto sua nota é a menor comparando com os demais tratamentos. As regras de classificação que foram consideradas para o modelo foram:

- Esterqueira: 0
- Venda de Dejetos: 1
- Implantação Biodigestor: 2

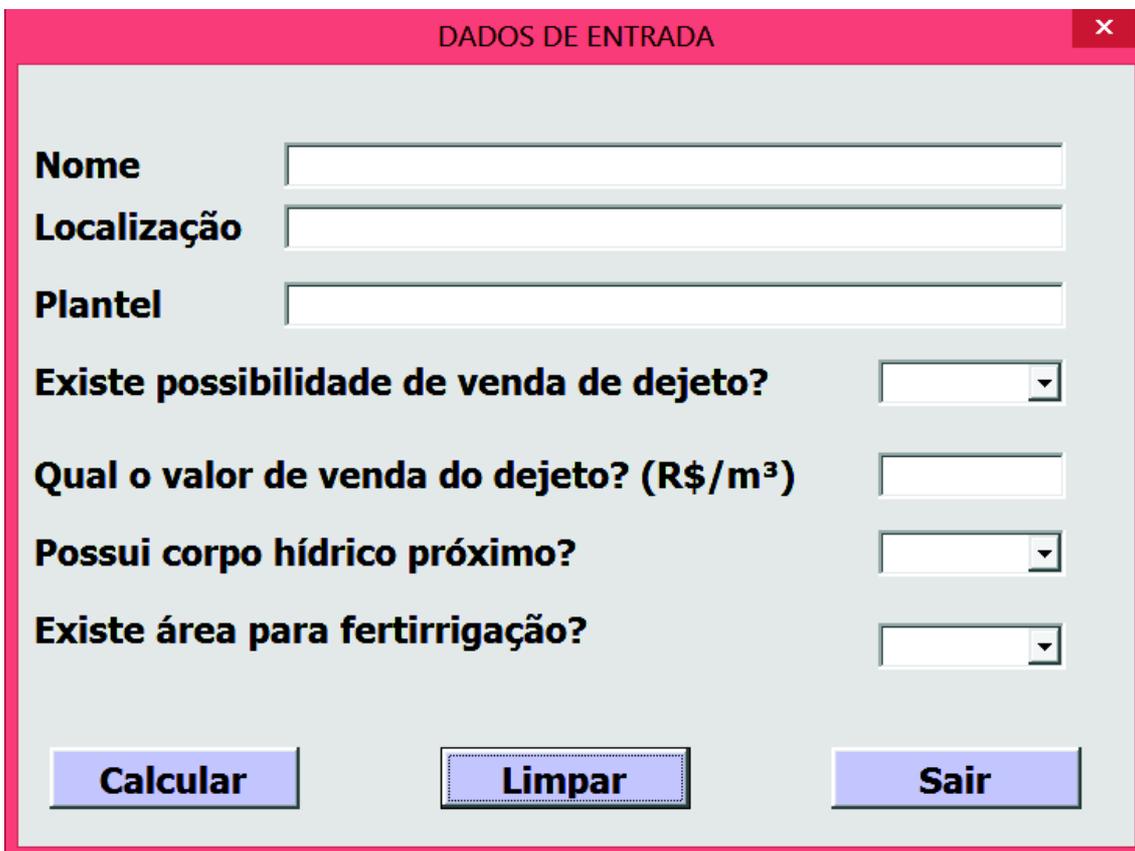
Considerando as regras acima, o valor 0 é a situação mais desfavorável e 2 é a situação mais favorável.

5.6. INTERFACE DO MODELO DE CLASSIFICAÇÃO

Para representar o modelo foi criada uma interface utilizando o *Visual Basic for Applications* (VBA). VBA é uma ferramenta que pode ser usada no Microsoft Excel para dar mais opções de controle e edição de uma planilha. Basicamente, o VBA atua como uma linguagem de programação à serviço do usuário, permitindo a criação de macros e a automatização de diversos processos dentro das planilhas e tabelas desenvolvidas no Excel.

A interface tem como objetivo coletar as informações dos *inputs*, lançar na planilha no qual foi desenvolvido o modelo e, por fim, expor os resultados obtidos.

Na Figura 19, apresenta-se a primeira tela da interface. Esta tela é responsável por coletar as informações iniciais com base nos *inputs* definidos anteriormente.



DADOS DE ENTRADA ✕

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejetos?

Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Calcular **Limpar** **Sair**

Figura 19: Tela inicial da interface

Fonte: Autor, (2021)

A Figura 20 apresenta a segunda tela da interface, onde exibe os resultados obtidos dos cálculos realizados pelo modelo. Nesta tela, apresenta-se também o resultado final, no caso, a melhor destinação para os dejetos suínos.

Implantação de Biodigestor		Venda de Dejetos		Manutenção da Esterqueira	
Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="3"/>
Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0,5"/>
Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>
Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>
Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="3,17"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Figura 20: Segunda tela da interface

Fonte: Autor, (2021)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas simulações no Modelo de Classificação para obtenção dos resultados. Foram inseridos dados genéricos, considerando propriedades em situações distintas. Os resultados obtidos nas simulações estão apresentados abaixo.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

unioeste



Pós-Graduação stricto sensu em
**Tecnologias, Gestão
e Sustentabilidade**

DADOS DE ENTRADA ×

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejetos?

Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Implantação de Biodigestor		Venda de Dejetos		Manutenção da Esterqueira	
Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="4"/>
Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>
Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>
Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>
Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="4,00"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Figura 21: Simulação 1
Fonte: Autor, (2021)

Observou-se na Figura 21, que para uma propriedade pequena (600 cb), a destinação mais adequada, segundo o modelo, é a Manutenção da Esterqueira. Esse resultado se dá, considerando que o produtor possui área para aplicação do dejetos, portanto, não teria o custo com a destinação dos dejetos por terceiros. Considerou-se também, que não há venda de dejetos na região da propriedade, o que não possibilitaria uma renda extra.

Observando a mesma propriedade (600cb) (Figura 22), mas com a alteração do *input* Existe possibilidade de venda do dejetos?, o modelo de classificação define a melhor opção de destinação como a Venda de Dejetos. Uma vez que, o produtor terá uma renda extra com a venda e ainda assim, estará destinando o dejetos de maneira correta.

DADOS DE ENTRADA ✕

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejetos?

Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Calcular

Limpar

Sair

Implantação de Biodigestor	Venda de Dejetos	Manutenção da Esterqueira
Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="2,33"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Voltar

Sair

Figura 22: Simulação 2
Fonte: Autor, (2021)

Considerando uma propriedade com 1500 animais, sem possibilidade de venda dos dejetos e possuindo área para aplicação do biofertilizante, a destinação mais adequada, segundo o modelo, é a Manutenção da Esterqueira (Figura 23). Apesar da quantidade de animais ser mais que o dobro da simulação acima, a implantação do biodigestor continua não sendo viável, uma vez que, o cálculo do VPL em um horizonte de 10 anos apresenta valor negativo.

DADOS DE ENTRADA ✕

Nome	<input type="text" value="Luana"/>
Localização	<input type="text" value="Cafelândia"/>
Plantel	<input type="text" value="1500"/>
Existe possibilidade de venda de dejetos?	<input type="text" value="NÃO"/>
Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)	<input type="text" value="2,00"/>
Possui corpo hídrico próximo?	<input type="text" value="SIM"/>
Existe área para fertirrigação?	<input type="text" value="SIM"/>

Implantação de Biodigestor		Venda de Dejetos		Manutenção da Esterqueira	
Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="0"/>	Econômico	<input type="text" value="3"/>
Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="0,5"/>
Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>
Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>
Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="0,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="3,17"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Figura 23: Simulação 3
Fonte: Autor, (2021)

A Figura 24 apresenta a simulação 4, onde o modelo de classificação define a melhor opção de destinação como a Venda de Dejetos. O valor de venda é relativamente baixo (R\$ 1,00), ainda assim, o produtor terá uma renda extra e não terá a necessidade de realizar o manejo dos dejetos.

DADOS DE ENTRADA ✕

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejetos?

Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Calcular

Limpar

Sair

Implantação de Biodigestor	Venda de Dejetos	Manutenção da Esterqueira
Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0,5"/>
Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="2,67"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,17"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Voltar

Sair

Figura 24: Simulação 4
Fonte: Autor, (2021)

Para a simulação 5, levou-se em conta o plantel com 2000 animais, possibilidade de venda dos dejetos com valor de R\$ 2,50 (Figura 25). O modelo de classificação apresentou a melhor destinação como sendo, Venda de Dejetos. Neste caso, as notas apresentaram-se maiores que na Figura 24, uma vez que, a quantidade de animais é maior, e conseqüentemente, o valor de venda e renda extra, também aumentará. Nota-se que a nota para Implantação do Biodigestor ficou próxima da Venda de Dejeito, (4,17 e 5,00) respectivamente. Entretanto, a implantação do biodigestor se mostra menos atrativa economicamente.

DADOS DE ENTRADA ✕

Nome	<input type="text" value="Luana"/>
Localização	<input type="text" value="Cafelândia"/>
Plantel	<input type="text" value="2000"/>
Existe possibilidade de venda de dejeito?	<input type="text" value="SIM"/>
Qual o valor de venda do dejeito? (R\$/m³)	<input type="text" value="2,50"/>
Possui corpo hídrico próximo?	<input type="text" value="SIM"/>
Existe área para fertirrigação?	<input type="text" value="SIM"/>

Implantação de Biodigestor		Venda de Dejetos		Manutenção da Esterqueira	
Econômico	<input type="text" value="1"/>	Econômico	<input type="text" value="3"/>	Econômico	<input type="text" value="0"/>
Risco Ambiental	<input type="text" value="1,5"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="2"/>	Risco Ambiental	<input type="text" value="1"/>
Redução GEE	<input type="text" value="2"/>	Redução GEE	<input type="text" value="1"/>	Redução GEE	<input type="text" value="0"/>
Geração de receita	<input type="text" value="2"/>	Geração de receita	<input type="text" value="1"/>	Geração de receita	<input type="text" value="0"/>
Nota Final	<input type="text" value="4,17"/>	Nota Final	<input type="text" value="5,00"/>	Nota Final	<input type="text" value="0,33"/>

A melhor destinação para esta simulação é:

Figura 25: Simulação 5
Fonte: Autor, (2021)

Observou-se na Figura 26, que para uma propriedade com 2000 cb, a destinação mais adequada, segundo o modelo, é a Implantação do Biodigestor. Esse resultado se dá, considerando que o produtor possui área para aplicação do dejetos e não há venda de dejetos na região da propriedade, o que não possibilitaria uma renda extra.

Observando a mesma propriedade (Figura 27), mas sem possuir área para aplicação dos dejetos, o modelo de classificação define que a melhor opção de destinação é a Manutenção da Esterqueira, uma vez que nesta condição o custo para destinação do digestato torna a implantação do biodigestor inviável economicamente.

DADOS DE ENTRADA
✕

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejecto?

Qual o valor de venda do dejecto? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Calcular

Limpar

Sair

Implantação de Biodigestor	Venda de Dejetos	Manutenção da Esterqueira
Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>
Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="1,5"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>
Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="4,17"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="2,33"/>

A melhor destinação para esta simulação é: Implantação de Biodigestor

The diagram illustrates a biogas production cycle. On the left, a pig is shown with an arrow pointing to a biogas digester. The digester is a cylindrical tank with a green liquid inside and a red gas outlet at the top. The gas goes to a purification tank, which is a smaller cylindrical tank with a red gas outlet at the top. The purified gas is then used to generate electricity, represented by a yellow lightning bolt icon labeled 'ENERGIA ELÉTRICA'. The bottom outlet of the digester leads to a pile of dark brown biofertilizer labeled 'BIOFERTILIZANTE'.

Voltar

Sair

Figura 26: Simulação 6
Fonte: Autor, (2021)



DADOS DE ENTRADA ✕

Nome

Localização

Plantel

Existe possibilidade de venda de dejetos?

Qual o valor de venda do dejetos? (R\$/m³)

Possui corpo hídrico próximo?

Existe área para fertirrigação?

Calcular
Limpar
Sair

Implantação de Biodigestor	Venda de Dejetos	Manutenção da Esterqueira
Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Econômico <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>
Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Risco Ambiental <input style="width: 50px;" type="text" value="1,5"/>
Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Redução GEE <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	Geração de receita <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	Nota Final <input style="width: 50px;" type="text" value="2,50"/>

A melhor destinação para esta simulação é: Manutenção da Esterqueira

Voltar
Sair

Figura 27: Simulação 7
Fonte: Autor, (2021)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal determinar um modelo de classificação com intuito de auxiliar o produtor rural na tomada de decisão referente à destinação dos dejetos suínos.

Com a realização das visitas, para levantamento do banco de dados, observou-se que os produtores não possuem informações suficientes acerca da destinação mais adequada dos dejetos. Considerando tal informação, percebe-se a necessidade de ferramentas/estudos que tragam embasamento aos produtores e auxiliem nas atividades da produção de suínos.

Considerando a preocupação crescente em desenvolver as atividades agropecuárias de modo sustentável, o estudo realizou os cálculos levando em conta as macroáreas econômica e socioambiental, garantindo assim, que a solução proposta não seja visando somente ganhos financeiros.

O banco de dados obtido no estudo, trouxe subsídios fundamentais para as análises e permitiu a realização do presente trabalho. Além disso, é possível utilizar tais dados para pesquisas com diferentes objetivos, podendo trazer maior desenvolvimento para a produção rural.

Para o modelo, foi considerada a possibilidade de venda dos dejetos suínos pelo produtor. Com base nos resultados obtidos dessa análise, destaca-se que é possível realizar a venda dos dejetos e, ainda assim, obter viabilidade econômica atrativa com os projetos. Tal resultado permite que trabalhos futuros sejam realizados considerando modelos de negócios que possibilitem essa prática.

O modelo foi desenvolvido para ser uma ferramenta intuitiva, podendo ser utilizada de maneira simples pelo público alvo, pequenos produtores. Os resultados obtidos por meio do modelo demonstram a importância da criação de tais ferramentas e podem ser utilizados como base para *softwares* ou aplicativos mais específicos, permitindo melhor interação com os usuários.

Por fim, conclui-se que o modelo desenvolvido atingiu o objetivo de auxiliar o suinocultor na atividade da produção rural e na assertividade do manejo dos dejetos suínos.

BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, E. R. (2019). Viabilidade econômica na construção e implantação de biodigestor e esterqueira na suinocultura. *PUBVET*, 162.
- ANEEL. (2019). *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Fonte: Resolução Homologatória N° 2.559, de 18 de Junho de 2019: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192559ti.pdf>
- ARAÚJO, M. J. (2010). *Fundamentos de agronegócio*. São Paulo: Atlas.
- BARROS, C., MONTEIRO, A. L., & PRADO, O. R. (2011). *O gerenciamento da empresa rural*. Fonte: Milkpoint: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-gerenciamento-da-empresa-rural-69847n.aspx>
- CAMARGO, R. F. (2016). *CAPEX x OPEX: entenda as principais diferenças e saiba o que levar em consideração na hora de escolher*. Fonte: <https://www.treasy.com.br/blog/capex-x-opex/>
- CARDOSO, B. F., OYAMADA, G. C., & SILVA, C. M. (2015). Produção, Tratamento e Usos dos Dejetos Suínos no Brasil. *Desenvolvimento em Questão*, 127-145.
- CAVALCANTI, M., & PLANTULLO, V. L. (2008). *Análise e Elaboração de Projetos de Investimento de Capital: Sob uma Nova Ótica*. Curitiba, PR.
- CERVI, R. G., ESPERANCINI, M. S., & BUENO, O. d. (2010). Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 831-844.
- CIBIOGÁS. (2018). *Conceitos básicos e digestão anaeróbia. Curso de Biogás: fundamentos e aplicações do CIBiogás*.
- CIBIOGÁS. (2020). *Nota Técnica: N° 002/2010 – Panorama do Biogás no Brasil em 2019*. Foz do Iguaçu.
- COLDEBELLA, A. (2006). Viabilidade do uso de biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. *Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)*. Cascavel, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.
- CRUZ, A., WANDER, A., & SOUSA, A. (2007). Viabilidade econômica do uso do biodigestor na suinocultura. *XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural–SOBER*.
- DEL FIACO, R., CAMPOS, V. B., & DA SILVA, P. A. (2016). Aplicação do Método Estatístico ANOVA Quanto à Percepção dos Usuários na Fila do Check-in em Aeroportos Públicos e Concessionados.

DOLMAN, M. A. (2012). Exploring variation in economic, environmental and societal performance among Dutch fattening pig farms. *Livestock Science* , 143-156.

DOS SANTOS, D. F., GUIMARÃES, W. F., & GONÇALVES, C. U. (2017). Biodigestores como alternativa à sustentabilidade ambiental no campo brasileiro: um balanço bibliográfico acerca dos modelos Indiano, Chinês e Batelada. *Revista Ciência Agrícola* , 35-39.

DOS SANTOS, D., & DA SILVA, V. (2019). A suinocultura e os impactos ao meio ambiente. *Ciência&Tecnologia* , 43-48.

EBA, E. B. (2018). *Statistical Report of the European Biogas Association*. Fonte: European Biogas Association; Belgium, Brussels.: https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/11/EBA_report2018_abridged_A4_vers12_220519_RZweb.pdf

EMBRAPA. (2018). Fonte: Atualidades da Suinocultura Brasileira, 2018.: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173144/1/final8757.pdf>

EPE, E. d. (2017). *Produção de biogás no Brasil cresce 30% em um ano*. Fonte: EPE: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257/EPE_IV%20FORUM%20BIOGAS_JOSE%20MAURO_2017_1710.pdf

FAVA, N. M. et al. Mapeamento da Suinocultura Brasileira. Brasília: *Sebrae/ABCS*, 378 p., 2016

FRIGO, K. a. (2015). Biodigestores: seus modelos e aplicações.

GASTARDELO, T. A., & MELZ, L. J. (2014). A suinocultura industrial no mundo e no Brasil. *Revista UNEMAT de Contabilidade* , 72-92.

GONÇALVES, M. N. (2018). Os efeitos da temperatura na produção de biogás em biodigestores. *Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica* . Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia.

GRAF, L. V. (2016). Gestão da propriedade rural: um estudo sobre a autonomia do jovem na gestão da propriedade rural. *Monografia (Graduação em Administração - LFE Negócios Agroindustriais)* . Lajeado, RS: Universidade do Vale do Taquari - Univates.

GUIMARÃES, D. a. (2017). Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. *Agroindústria/BNDES Setorial* 45 , 85-136.

GUSTAVO, S. B., & GUIMARÃES FILHO, L. P. (2012). Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do Rio Sangão-Santa Catarina. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*.

IBGE. (2015). *Produção da pecuária municipal*. Fonte:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf

JUNQUEIRA, S. L. (2014). Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado. *Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica)*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KRABBE, E. L. (11 de 2013). Fonte: Cadeia produtiva de suínos e aves.: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/979119/cadeias-produtivas-de-suinos-e-aves>

LEMES Jr., A. B., RIGO, C. M., & CHEROBIM, A. P. (2010). Administração financeira: princípios, fundamentos e práticas financeira. *Rio de Janeiro: Elsevier*.

LIRA, J. C. (2009). Análise econômica e balanço energético do biogás em granjas de suínos. *Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Engenharia Elétrica*.

LOCH, P., & DESTEFANI, R. G. (2019). Viabilidade Financeira para Implantação do Sistema de Biodigestores na Cidade de Villa Ocampo, Província de Santa Fé-Argentina. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*. , 171-190.

LOURENÇO, J. S. (2019). *Histórico e Evolução do Agronegócio Brasileiro*. Fonte: Sucesso no Campo: <<https://www.sucessonocampo.com.br/artigos/historico-e-evolucao-do-agronegocio-brasileiro/>>.

MAFACIOLLI, D. (2014). Produção de biogás através do processo de digestão anaeróbia utilizando dejetos de aves de postura com suplementação de glicerina bruta. *Trabalho de Conclusão de Curso*.

MARQUES, F. S., & SILVA, F. P. (2014). Método simplificado de identificação de potencial de produção de biogás. *II Simpósio de bioenergia e biocombustíveis do Mercosul*.

MARTINKOSKI, C. a. (2017). Portfólio bibliográfico da utilização de resíduos provenientes da suinocultura na geração de bioenergia.

MARTINS, F. M., & OLIVEIRA, P. A. (2011). Análise Econômica na Geração de Energia Elétrica a partir do biogás na suinocultura. *Engenharia Agrícola*, 477-486.

MAURI, G. N. (2017). Startups no agronegócio brasileiro: uma revisão sobre as potencialidades do setor. *Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE*, 107-121.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E.-M. (2017). *AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro*. Fonte: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>

MONTEIRO, M. K. (2015). Proposta de um Modelo Matemático para Mensuração dos Créditos de Carbono da Suinocultura Brasileira. *Revista de Gestão Social e Ambiental*.

82.

NOGUEIRA, A. C. (2016). Projeto de unidade de bioenergia e tratamento de resíduos de abatedouros de aves de corte. *Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*.

OLIVEIRA, L. A. (2011). Dejetos suínos: qualidade, utilização e o impacto ambiental. *In: Curso de Seminários Aplicados, Departamento de Ciência Animal da Escola Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia* .

PCZIECZEK, A. a. (2019). Análise estatística de propriedades mecânicas de argamassas com cinza volante e resíduo de borracha de pneus. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* . , 790-811.

PECI, A., & SOBRAL, F. (2008). Administração: teoria e prática no contexto brasileiro. *Pearson Prentice Hall*.

QUEIROZ, L. B. (2019). Uso do método ANOVA para análise de estruturas de pontes. *Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão* . Alagoas: Universidade Federal de Alagoas.

RESENDE, M. L. (2017). Dimensionamento de um biodigestor para o tratamento de dejetos bovinos em uma fazenda da zona rural de Lagoa da Prata-MG.

SANTOS, E. R. (2014). Agroindústria no Brasil: Um olhar sobre indicadores de porte e expansão regional. Brasil em desenvolvimento. Brasília, DF, Brasil.

SANTOS, L. D. (2015). Modelagem matemática para a cadeia de suprimento de dejetos de suínos para formação de biogás e biofertilizante: uma aplicação em Tupandi/RS. *Dissertação* . Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

SANTOS, M. M. (2016). Produção e uso do Biogás no Brasil. *Instituto de Energia e Ambiente (IEE), USP, São Paulo*.

SCHERER, L. (2017). Análise estratégica e financeira da produção de biogás a partir de dejetos suíno em Itaipulândia - PR. Cascavel, PR.

SCHULTZ, G. (2007). Boas Práticas Ambientais na Suinocultura. *SEBRAE/RS* .

SENAI. (2016). Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná. Curitiba, PR.

SERPA FILHO, R. a. (2012). Compostagem de dejetos de suínos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*.

SOUSA, A. (2020). Retorno de investimento de sistemas de tratamento de resíduos. *Ciência Animal Brasileira* .



TAVARES, J. M., DE OLIVEIRA, P. A., COLDEBELLA, A., & AMORIM, B. N. (2013). produção de dejetos na suinocultura em Santa Catarina: estudo de campo para a fase de terminação. *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS*.

USDA, U. S. (2020). *Exporter Guide – Brazil*. Fonte: <http://usdabrazil.org.br/pt-br/reports/exporter-guide-2019.pdf>

VIEIRA, F. P. (2019). Análise de Viabilidade Econômica do Biogás e do Biometano Provenientes de Dejetos Suínos: Um estudo de caso. *Tecnia*, 146-167.

VIVAN, M. a. (2010). Eficiência da Interação Biodigestor e Lagoas de Estabilização na Remoção de Poluentes em Dejetos de Suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 320-325.

WILLIAMS, A. M. (2012). Perceptual-cognitive expertise, practice history profiles and recall performance in soccer. *British Journal of Psychology*, 393-411.



APÊNDICE A – Formulário para visitas às propriedades

FORMULÁRIO COLETA DE DADOS

DADOS PROPRIEDADE

1. Nome da propriedade/proprietário (Contato)
2. Cidade
3. Tamanho da granja?
4. Qual o sistema da propriedade? (Familiar, cooperativa, associação)
5. Possui funcionários? Quantos?
6. Possui corpo hídrico próximo?
7. Possui rede de esgoto e de água?

DADOS DEJETOS

8. Volume diário de substrato (m³)
9. Possui biodigestor?
 - Se não, possui tratamento dos dejetos?