

LUÍS THIAGO LUCIO

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA O  
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE  
ENTRE RIOS DO OESTE – PR: PRODUÇÃO CENTRALIZADA  
VERSUS PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA DE BIOGÁS.**

CASCVEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO - 2015

LUÍS THIAGO LUCIO

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA O  
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE  
ENTRE RIOS DO OESTE – PR: PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA  
VERSUS PRODUÇÃO CENTRALIZADA DE BIOGÁS.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo  
Coorientador: Dr. Helton José Alves

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO - 2015

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

L972e

Lucio, Luís Thiago

Estudo de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento energético do biogás no Município de Entre Rios do Oeste – PR: produção descentralizada versus produção centralizada de biogás./Luís Thiago Lucio. Cascavel, 2015.

77 p.

Orientador: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo

Coorientador: Prof. Dr. Helton José Alves

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1.Biogás. 2. Estudo de viabilidade. 3. Condomínios de agroenergia. 4.Energia na agricultura. I.Frigo, Elisandro Pires. II. Alves, Helton José. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

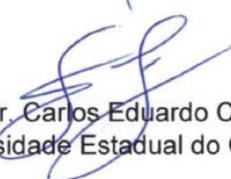
CDD 22.ed. 665.7

LUIS THIAGO LUCIO

**“Estudo de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento energético do biogás no município de Entre Rios do Oeste-PR: produção centralizada versus produção descentralizada de biogás”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:  Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

 Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

 Prof. Dr. Jonathan Dieter  
Universidade Federal do Paraná - UFPR/Palotina

Cascavel, 05 de março de 2015.

*À minha mãe, por ter me encorajado desde menino a acreditar que sou capaz de realizar todos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

À minha família por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu irmão e filho David Kesley Romano Carlos por ser meu amigo e companheiro sempre.

Aos grandes amigos, que independente de tempo e distância que os caminhos da vida nos impõem, estão sempre presentes, ainda que em pensamento.

À meu orientador e amigo Elisandro Pires Frigo, pelos conselhos e orientações que me passou nos últimos anos, os quais foram de grande valia para minha vida.

À meu coorientador e amigo Helton José Alves pelo apoio constante no desenvolvimento dos projetos de pesquisa.

Aos professores do Programa de Mestrado de Engenharia em Energia na Agricultura, pelos ensinamentos passados ao longo do curso.

À secretaria do Programa de Mestrado de Engenharia em Energia na Agricultura, em especial à Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt.

As minhas fiéis escudeiras, Alessandra Freddo, Aline Scarpetta e Larissa Sbalqueiro, pelo companheirismo e amizade eterna.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a minha formação profissional e pessoal.

**“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal,  
mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.”**

**Albert Einstein**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Macro localização do Município	14
Figura 2. Classificação das unidades de produção de acordo com o porte.	24
Figura 3: Classificação das unidades de produção de acordo com o sistema de produção.	24
Figura 4. Localização dos produtores de biogás e possíveis consumidores.	26
Figura 5. Variação da Altitude em Cada Trecho.	29
Figura 6. Localização do Gasoduto.	30
Figura 7. Localização das Rotas.	41
Figura 8. Comparativo do Tempo de Retorno para os Cenários Estudados.	46
Figura 9. Comparativo do Valor do Presente Líquido para os Cenários Estudados.	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diâmetros e Custos da Tubulação do Gasoduto	28
Tabela 2. Arranjo de Geração de Energia Elétrica para o Cenário 1	31
Tabela 3. Arranjo de Geração de Energia Térmica para o Cenário 1	32
Tabela 4. Arranjo de Produção de Biometano para o Cenário 1	33
Tabela 5. Relatório de Viabilidade Econômica para o Cenário 1	35
Tabela 6. Logística dos Dejetos e Biofertilizante	37
Tabela 7. Arranjo de Geração de Energia Elétrica para o Cenário 2	42
Tabela 8. Arranjo de Geração de Energia Térmica para o Cenário 2	43
Tabela 9. Arranjo de Produção de Biometano Veicular para o Cenário 2	43
Tabela 10. Indicadores de Viabilidade para o Cenário 2	45

LUCIO, Luís Thiago MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Agosto de 2014. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para o Aproveitamento Energético do Biogás no município de Entre Rios do Oeste (PR) – Produção Descentralizada versus Produção Centralizada de Biogás.** Professor Orientador Dr. Elisandro Pires Frigo. Professor Coorientador Dr. Helton José Alves.

## RESUMO

O aumento acentuado da população nas últimas décadas resultou no crescimento acelerado da demanda de produção de alimentos. Diante deste cenário, a atividade agropecuária, e em especial a suinocultura, teve que se adaptar a essa nova realidade de mercado por meio da potencialização da produção a partir do desenvolvimento de novas técnicas de confinamento, onde a densidade de animais por unidade de produção aumenta significativamente. Em consequência, esta maior concentração de animais por unidade produtiva corrobora para intensificação da contaminação orgânica do meio ambiente. Todavia, o tratamento sanitário desta biomassa residual em sistemas de biodigestão anaeróbia possibilita a transformação desse passivo ambiental em um ativo econômico, uma vez que este processo de tratamento possibilita a geração de dois produtos com valor econômico - biogás e biofertilizante. Embora esta solução seja ambientalmente viável, do ponto de vista econômico nem sempre é possível, devido aos custos do tratamento desta biomassa, com fins de aproveitamento energético. Diante desta problemática, um arranjo que se demonstra viável economicamente é a implantação de condomínios de agroenergia, uma vez que este sistema possibilita o ganho de escala na produção de biogás e possibilita a diversificação do uso desta fonte renovável de energia. Neste contexto, o presente trabalho buscou, por meio de um estudo de viabilidade técnica e econômica, identificar qual o melhor cenário para formação de condomínios de agroenergia, trabalhando a logística da biomassa residual e o transporte de biogás por meio de dutos. A aplicação da metodologia proposta no trabalho para o município de Entre Rios do Oeste (PR) demonstrou que o melhor cenário para produção de biogás com fins energéticos é a produção descentralizada, visto que os arranjos analisados demonstram um **“Payback”** descontado de 9 anos para energia elétrica, 10 anos para energia térmica e 7 para biometano veicular, enquanto no cenário de geração de biogás centralizada **“Payback”** descontado é de 15 anos para energia elétrica, 10 anos para biometano veicular e não recupera no arranjo de energia térmica. Além disso, a geração descentralizada apresenta menores custos operacionais e não possui restrições legais para sua operacionalização.

**Palavras-Chave:** Estudo de Viabilidade; Biogás; Condomínios de Agroenergia; Energia na Agricultura.

LUCIO, Luís Thiago MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. August 2014 **Technical and Economic Feasibility Study for Energy Use of Biogas in the city of Entre Rios do Oeste (PR) - Decentralized Biogas Production versus Biogas Centralized Production.** Advisor Professor Dr. Elisandro Pires Frigo. Co-Advisor Professor Dr. Helton José Alves.

## **ABSTRACT**

The increase in population in recent decades has resulted in accelerated growth of food production demand. In this scenario, agricultural activity, especially swine, had to adapt to this new market reality through the production empowerment, developing new confinement techniques where the animal density per unit increases significantly. Consequently, this higher animals concentration per production unit confirms the intensification of organic contamination in the environment. However, the sanitary treatment of this residual biomass in anaerobic digestion systems enables the transformation of this environmental liability into an economic asset, once this treatment process enables the generation of two products with economic value - biogas and biofertilizers. Although this solution is environmentally feasible, from the economic point of view it is not always possible due to the costs of biomass treatment with energy purposes. Faced with this problem, an arrangement that demonstrates economically viable is the implementation of agricultural energy cooperatives, once this system allows scaling up the biogas production and enables the diversification of the use of this renewable energy source. In this context, this study aims, through a technical and economic feasibility analysis, identify the best scenario to implement agricultural cooperatives, focused on the residual biomass logistics and on the biogas transportation through pipelines. The methodology proposed in the work involving the municipality Entre Rios do Oeste (PR) has shown that the best scenario to produce biogas for energy purposes is the decentralized generation one, once the analyzed arrangements show a 9 years payback for electricity, 10 years for thermal energy and 7 years for vehicle biomethane, while in the biogas production centralized scenario the payback is 15 years for electricity, 10 years for vehicle biomethane, and there no payback for thermal energy arrangements. In addition, decentralized generation has lower operating costs and there is no legal restrictions on its operation.

**Keywords:** Feasibility Study; Biogas; Cooperatives; Energy in Agriculture.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>2</b>
1.1.2 Objetivo Geral .....	2
1.1.3 Objetivos Específicos .....	2
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Biomassa Residual Animal e Energia</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Suinocultura e Meio Ambiente</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Biodigestores</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4 Biogás</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 Transporte de biogás</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6 Aproveitamento Energético do Biogás</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7 Ganhos econômicos</b> .....	<b>13</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Área de estudos</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Cenários de Viabilidade</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Levantamento de informações</b> .....	<b>16</b>
3.3.1 Levantamento do Plantel de Animais.....	16
3.3.2 Estimativa da Produção de Biogás .....	16
3.3.3 Análises Geográficas .....	17
3.3.4 Dimensionamentos .....	18
3.3.4.1 Dimensionamento dos Sistemas de Biodigestão .....	18
3.3.4.2 Dimensionamento do Gasoduto .....	18
3.3.4.3 Dimensionamento de Sistemas de Aplicação do Biogás.....	20
3.3.5 Levantamento de Custos .....	20
3.3.6 Análise Econômica Financeira .....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 Cenário 1 de Viabilidade</b> .....	<b>27</b>

4.1.1 Dimensionamentos e Custos do Cenário 1 .....	27
4.1.2 Indicadores de Viabilidade do Cenário 1 .....	33
<b>4.2 Cenário 2 de Viabilidade.....</b>	<b>36</b>
4.2.1 Dimensionamentos e Custos do Cenário 2.....	36
4.2.2 Indicadores de Viabilidade Cenário 2 .....	43
<b>4.3 Comparativo Cenário 1 e Cenário 2.....</b>	<b>46</b>
<b>5. Considerações Finais .....</b>	<b>49</b>
5.1 Considerações a Cerca dos Gargalos Científicos.....	49
5.2 Considerações Técnicas.....	50
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO I – FORMULÁRIO DE CAMPO .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO II – CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO III - VOLUMES E CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES E LAGOAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO IV – DESPESAS COM RECURSOS HUMANOS.....</b>	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento acentuado da população no último século resultou no crescimento da demanda por alimentos. Aliado a esse fato os atuais padrões de consumo vêm exigindo cada vez mais, técnicas de produção de alimentos em grande escala, para atender as necessidades alimentícias da população.

Diante desse cenário a atividade agropecuária, em especial, a suinocultura, se adaptou a essa nova realidade de mercado por meio da potencialização da produção a partir técnicas de confinamento, onde a densidade de animais por unidade de produção aumenta significativamente. Entretanto, a grande concentração de animais em uma unidade também concentra a produção de biomassa residual animal e, devido o seu grande potencial poluidor pode ocasionar contaminação do solo e das águas.

Nesse contexto a suinocultura vem enfrentando dificuldades para se adequar as normas e legislação ambiental vigentes, devido o volume de biomassa residual animal gerada no processo de produção e os elevados custos para tratar essa biomassa de forma adequada. Entretanto, o tratamento sanitário adequado dessa biomassa permite que o efluente final desse processo seja utilizado como biofertilizante na atividade agrícola, tornando um passivo ambiental em ativo econômico.

Os sistemas convencionais de tratamento sanitário de biomassa residual animal nem sempre se viabilizam de forma unitária por conta do custo de implantação e operação dos sistemas.

No entanto, uma alternativa para viabilização da implantação de sistemas de tratamento sanitário de biomassa residual animal que tem se demonstrado factível é a implantação de condomínios de agroenergia, a exemplo, o caso do Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar da Sanga Ajuricaba no município de Marechal Cândido Rondon (PR), o qual foi implantado pela Assessoria de Energias Renováveis da Itaipu Binacional por meio da Diretoria de Coordenação da referida instituição (BARICHELLO, 2012).

No que diz respeito à criação de condomínios de agroenergia, a formação dos arranjos ideais para cada projeto, ainda são muito incipientes, haja vista que o conceito é novo, e por este motivo carece de validação científica para definição das melhores soluções tanto no que tange aos aspectos técnicos quanto econômicos, pois a inviabilidade de implantação de projetos de aproveitamento energético de biogás originado da biomassa residual animal para unidades

de produção em pequena escala, se apresenta como um dos principais fatores inibidores do desenvolvimento de projetos de biogás.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou por meio de um estudo de viabilidade técnica e econômica do plantel e distribuição geográfica da produção de suínos do município de Entre Rios do Oeste – PR., identificar o melhor cenário econômico para implantação de um condomínio de agroenergia no município.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.2 Objetivo Geral

Identificar qual o melhor cenário econômico para implantação de um condomínio de agroenergia no município de Entre Rios do Oeste – PR., por meio da análise comparativa entre produção descentralizada e produção centralizada de biogás.

### 1.1.3 Objetivos Específicos

- Realizar a análise de viabilidade econômica de implantação de um condomínio de agroenergia com produção descentralizada de biogás com fins de aproveitamento do biogás na geração de energia elétrica, térmica e veicular.
- Realizar a análise de viabilidade econômica de implantação de um condomínio de agroenergia com produção centralizada de biogás com fins de aproveitamento do biogás na geração de energia elétrica, térmica e veicular.
- Realizar o comparativo de viabilidade entre os cenários de implantação do condomínio de agroenergia com produção descentralizada e centralizada de biogás.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Biomassa Residual Animal e Energia

A produção de animais em áreas reduzidas apresenta uma solução economicamente e ambientalmente viável principalmente para o pequeno produtor quando associada a técnicas de tratamento e reciclagem dos resíduos gerados pela atividade (ORRICO et al., 2007). Segundo Amorim et al. (2004), a produção de alimentos de origem animal para atender as demandas tem ocasionado aumentos na densidade populacional em unidades produtoras, além da regionalização dessas atividades.

Para Schuch (2012), biomassa é a quantidade total de matéria orgânica acumulada em um determinado espaço, ou seja, são todas as plantas e animais, inclusive seus resíduos, e as matérias orgânicas transformadas nas indústrias alimentícias e indústrias de madeira. Resíduos da biomassa animal são considerados fonte potencial de energia disponível e, em contra partida são extremamente poluentes ao ambiente quando não manejados adequadamente (AVACI et al., 2013).

A solução para o desenvolvimento de alimentos de origem animal, sem que ocorra o comprometimento ambiental ocasionado pela disposição inadequada dos resíduos provenientes dos processos de produção é a adoção de sistemas de reciclagem de nutrientes promovendo a geração de energia de maneira sustentável (ORRICO et al., 2007). Para Schuch (2012), a biomassa residual animal propicia, quando tratada de maneira adequada, a redução da dependência de fontes externas de energia. Neste mesmo sentido, Esperancini et al. (2007), relatam que uma das tecnologias mais promissoras refere-se ao aproveitamento da biomassa residual animal para geração de energia, propiciando um uso mais racional dos recursos disponíveis na exploração agrícola, reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui o consumo de energia de fontes externas.

De acordo com Pereira (2008), a biomassa residual animal tem maior importância na suinocultura, visto que o adensamento e confinamento animal ocorre com mais frequência nesse ramo de atividade, pois a mesma tem contribuído de maneira equilibrada na balança comercial brasileira.

Os sistemas biointegrados no meio rural especificamente com foco no aproveitamento da biomassa residual animal para fins energéticos é um meio facilitador em atingir a

sustentabilidade nas propriedades rurais por apresentar baixo custo de oportunidade dos resíduos, potencial de geração de energia, redução do potencial poluidor e redução de recursos energéticos (ANGONESE et al., 2005).

A opção pela matéria prima biomassa residual animal pode propiciar o desenvolvimento de alternativas ambientalmente e economicamente sustentáveis com oportunidades de negócio e renda para as propriedades rurais quer de forma individualizada ou de forma coletiva com a associação de diversos imóveis rurais vizinhos entre si, em condomínios de geração e comercialização de agroenergias (SCHUCH, 2012).

De acordo com Pereira (2008), por meio da biomassa residual animal surge à oportunidade de utilização do biogás para obtenção de energia, transformando um passivo ambiental em um ativo econômico, atendendo as expectativas do desenvolvimento sustentável com foco na eficiência e na segurança energética o qual é o elemento mais importante do sistema.

## **2.2 Suinocultura e Meio Ambiente**

A suinocultura é uma atividade que sustenta diversos setores econômicos, pois, além da geração de emprego e renda sustenta grande parte do agronegócio por meio de indústrias e exportação de carnes (ZANIN et al., 2010).

Até a década de 70, os resíduos provenientes da suinocultura não constituíam em problemas ambientais relevantes, devido ao pequeno número de animais, do qual o solo das propriedades possuíam capacidade suficiente de absorvê-los como adubação orgânica (CADIS; HENKES, 2014).

Para Zanin et al. (2010), a atividade suinícola se desenvolveu consideravelmente, o que resultou no aumento do número de animais. Fato este, explicado devido à maior demanda de carne suína, o que proporcionou da mesma maneira a maior geração de resíduos orgânicos, necessitando desta forma serem incorporados nos sistemas naturais de forma harmoniosa, sem que provoquem impactos ambientais significativos (SANTOS, 2013).

Schuch (2012) relata que toda biomassa residual possui potencial de decomposição biológica e quando não tratada adequadamente produz emissões de gás carbônico e metano, além de contaminação do solo e da água por meio dos minerais, nitrogênio, fósforo e potássio. Zanin et al. (2010), expõe que uma das atividades rurais que mais contribuem para a degradação

ambiental é a suinocultura. Pereira et al. (2008), concordam e relatam que a criação de suínos em escala industrial resulta na produção de dejetos em propriedades rurais e potencializam a poluição ambiental e os efeitos sobre a fauna.

Para Kuns et al. (2004), o manejo inadequado dos resíduos da suinocultura acarreta em sérios danos ambientais, o que faz com que essa atividade seja de elevado potencial poluidor. Os problemas ambientais dessa atividade desafiam o campo da pesquisa, uma vez que, os custos das tecnologias são elevados e difíceis de serem transferidos para o setor produtivo devido a baixa capacidade de investimento do produtor.

Para Belli Filho et al. (2001), outros fatores que também contribuem para a degradação ambiental se referem a mão de obra técnica especializada, formação de pessoal e falta de controle ambiental pelos órgãos competentes.

### **2.3 Biodigestores**

Segundo Santos e Lucas Júnior (2004), todo processo de produção tem como resultado a geração de resíduos e todo tipo de resíduo possui energia armazenada. Com isso, os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia por meio da biodigestão anaeróbia, baratear seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada.

A digestão anaeróbia é um processo biológico realizado na ausência de gás oxigênio, sendo desenvolvida por um grupo de bactérias capazes de converter a matéria orgânica, em etapas intermediárias, em dois produtos finais: metano e dióxido de carbono (DAL MAGO, 2009).

O processo de biodigestão anaeróbia é uma das opções mais importantes para o tratamento de dejetos da suinocultura com confinamento animal devido a sua valorização energética (OLIVEIRA, 2012). De acordo com Orrico Junior et al. (2012), é na digestão anaeróbia que ocorre a estabilização da matéria orgânica, redução da carga orgânica e de organismos patogênicos além do melhoramento das propriedades fertilizantes dos dejetos e produção de uma fonte alternativa de energia, biogás.

A biodigestão anaeróbia por meio de biodigestores é considerada uma alternativa para viabilizar e motivar investimentos nas áreas rurais principalmente para a geração de biogás, pois o mesmo é considerado um reator fechado que degrada materiais orgânicos complexos (SCHUCH, 2012). Para Zanin et al. (2010), o processo de biodigestão anaeróbia por meio de

biodigestores contribui com minimização do passivo ambiental por meio da destruição de organismos patogênicos e parasitas, transformando os gases prejudiciais em fonte de energia.

Nesse mesmo sentido Kunz (2004), relata que a utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, agregando valor ao resíduo devido à utilização do biogás produzido para geração de energia e calor. Para Avaci et al. (2013), a biodigestão anaeróbia é utilizada para tratamento de biomassa residual animal reduzindo o poder de poluição ambiental contribuindo com geração de subprodutos como o biogás e o biofertilizante. Angonese et al. (2005), explica que a utilização de biodigestores para tratamento dos resíduos permite a utilização do biogás e do biofertilizante, o que contribuem para a amortização dos custos das tecnologias adotadas.

O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado em solução aquosa, o material orgânico a fim de que ocorra a digestão anaeróbia, produzindo o biogás que irá se acumular na parte superior ao líquido que será retido pela campânula (OLIVEIRA, 2012).

Em todo o mundo, ocorre a variação dessas estruturas, principalmente ao que se refere ao tipo de material a ser utilizado e sua complexidade de construção (RICARDO, 2012). Desta maneira, a tecnologia de tratamento de dejetos por meio de biodigestores é bastante conhecida, mas, adaptações nos modelos são feitas a fim de proporcionar o aumento da eficiência do sistema e a redução dos custos dos equipamentos (KUNZ et al., 2004).

Segundo Ricardo (2012), os modelos de biodigestores mais conhecidos de fluxo contínuo são: indiano, chinês, UASB e canadense. Algumas de suas características são descritas a seguir:

- a) **Biodigestor indiano:** este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro de metal e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. É considerado de fácil construção, todavia, o gasômetro de metal pode vir a inviabilizar o uso desse modelo economicamente (BONTURI; VAN DIJK, 2012).
- b) **Biodigestor chinês:** o biodigestor modelo chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria e teto abobado. Possui seu funcionamento no princípio de prensa hidráulica. Seus custos são inferiores ao modelo indiano, porém, podem ocorrer vazamentos de biogás devido à uma precária vedação e/ou impermeabilização (BONTURI; VAN DIJK, 2012).
- c) **Reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB):** o modelo UASB apresenta baixo tempo de detenção hidráulica (TDH), mecanismos de retenção de sólidos,

capacidade de suportar altas cargas volumétricas, além de ser compacto. É indicado para tratamento de uma variedade de águas residuárias, do qual incluem-se as águas residuais da indústria, doméstica, agroindústria, entre outras (PRADO; CAMPOS; SILVA, 2010).

- d) Biodigestor canadense:** é um modelo horizontal retangular, com sentido de fluxo tubular, construído em alvenaria e com geometria de modo que a largura seja maior que a profundidade, resultando em uma grande área de exposição ao sol, que em climas quentes contribui para a produção de biogás pela elevação da temperatura. Além disso, a variação da temperatura pode prejudicar o sistema de biodigestão, visto que as bactérias anaeróbias são sensíveis provocando a interrupção da geração de metano e acúmulo de sólidos voláteis (OLIVEIRA, 2012).

No Sul do Brasil, o modelo canadense é o mais utilizado devido às condições climáticas e o adensamento animal, o que gera elevadas quantidades de resíduos para tratamento, conseqüentemente, necessita de grandes dimensionamentos de biodigestores sendo que esse apresenta um valor financeiro mais acessível para a implantação (DAL MAGO, 2009).

Segundo FEPAM (2009), os biodigestores são os responsáveis por propiciarem as condições para o pleno desenvolvimento dos organismos vivos responsáveis pela fermentação da biomassa, tais como condições controladas de temperatura, umidade, homogeneidade e aeração durante a produção do composto. Orrico Junior et al. (2011), relatam que o uso de biodigestores é visto como uma ferramenta importante, pois estes promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida, de volta ao sistema produtivo.

## 2.4 Biogás

No que tange a questão energética, o cenário mundial é de um aumento contínuo no consumo de energia. A crescente tendência de elevação de preço no mercado mundial dos combustíveis e a instabilidade do setor energético visto a dependência por combustíveis fósseis, em especial os derivados do petróleo, emergiu a necessidade de desenvolvimento e utilização de novas formas energéticas, sobretudo as renováveis (SILVA et al., 2009).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), aproximadamente 14% da emissão global de gás metano é proveniente das atividades

relacionadas à produção animal. Estudos mais recentes apontam que essa concentração está em cerca de 5 a 10% de metano (CH<sub>4</sub>) gerado.

A energia da biomassa é derivada de matéria viva, ou seja, materiais que se decompõem por meio de ações biológicas de diferentes bactérias (SCHUCH, 2012). De acordo com Menezes e Pinto (2007), a biomassa refere-se a matéria orgânica capaz de ser processada para produção de energia e combustíveis, ainda a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), define biomassa como sendo todo recurso natural oriundo de matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2008). E que segundo Duarte Neto et al. (2010), pode ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica.

Para Schuch (2012), a biomassa residual pode ser transformada em um ativo econômico, se analisada sob enfoque de matéria prima de geração de energias renováveis, como o biogás.

O biogás é considerado um biocombustível com poder calorífico semelhante ao do gás natural, pode ser produzido natural ou artificialmente. A forma artificial é dada pelo uso de um reator químico-biológico denominado Biodigestor Anaeróbico e a natural por meio da ação de micro-organismos bacteriológicos sobre o acúmulo de materiais orgânicos (MONTROYA et al., 2013).

Para Gonzalez et al. (2009), o biogás é um produto gasoso resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica de compostos orgânicos, a partir da biomassa animal e vegetal. A mistura gasosa formada é composta principalmente de metano e dióxido de carbono, com composição típica de 60 % e 40 % em volume, respectivamente (MONTROYA et al., 2013). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, gás sulfídrico, oxigênio, amônia e nitrogênio, entretanto, é difícil definir com precisão sua composição, pois essa depende das características da biomassa residual, temperatura, umidade, acidez, ausência de oxigênio, critérios de fermentação e do tipo de biodigestor e sua operação.

Dependendo da temperatura que o processo está acontecendo, o tratamento de resíduos orgânicos é basicamente de três tipos: a biometanização com temperatura entre 45–60°C considerada termofílica, a que ocorre entre as temperaturas de 20–45°C denominada mesofílica e a digestão anaeróbia de matéria orgânica em baixas temperaturas (<20°C) referida como digestão psicofílica. A maioria dos biodigestores anaeróbios têm sido projetados na faixa mesofílica, embora também seja possível a operação destes na faixa termofílica (EMBRAPA, 2002).

A conversão da matéria orgânica, que resulta em biogás e biofertilizante, ocorre pela ação das bactérias anaeróbias, por meio de um processo de três etapas básicas: hidrólise, fermentação (também conhecida como acidogênese) e metanogênese (LANGER, 2011).

A hidrólise é o estágio em que a matéria orgânica particulada é convertida em compostos solúveis (SILVA, 2009), no qual atuam bactérias hidrolíticas, cujas enzimas liberadas decompõem o material por meio de reações bioquímicas. Por meio de bactérias fermentativas acidogênicas ocorre à segunda etapa, onde os compostos intermediários formados são então decompostos em ácidos graxos de cadeia curta, dióxido de carbono e hidrogênio, que pode ser utilizado pelas bactérias para produção de metano. A terceira e última fase do processo, metanogênese, envolve a produção de metano e dióxido de carbono (GERARDI, 2003).

A fase metanogênica é considerada a mais crítica, uma vez que os microrganismos presentes nesta são muito mais sensíveis que os hidrolíticos ou acidogênicos. Portanto, as condições ao bom funcionamento do processo devem favorecer especialmente o desenvolvimento dos microrganismos metanogênicos. Esses compartilham uma bioquímica complexa para síntese de metano como parte de seu metabolismo para geração de energia (CASSINI, 2003).

Pereira (2011), também relata que a biomassa decomposta sob a ação de bactérias metanogênicas, produz biogás em quantidades variáveis, em virtude de vários fatores como temperatura, nível de pH, relação Carbono/Nitrogênio, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, quantidade de bactérias por volume de biomassa, entre outros. Entretanto o potencial de biogás que pode ser produzido depende principalmente da composição do substrato utilizado, ou seja, pelos seus teores de gorduras, proteínas, e carboidratos, determinantes para rendimento potencial de metano.

O gás metano é um dos principais responsáveis por causar o efeito estufa, porém, é considerado uma importante fonte alternativa de energia (CEPEA, 2004). Em que, durante o processo de biodigestão, é o componente responsável por conferir o poder calorífico do biogás (OKAMURA, 2013).

## 2.5 Transporte de biogás

A produção de biogás em baixa escala inviabiliza seu aproveitamento energético. Nesse contexto, para eliminar os problemas pertinentes a esse gargalo, Barrichelo (2011), afirma que a saída encontrada é a geração de biogás em conjuntos de empreendimentos rurais e, em seguida, transportá-lo através de gasodutos para ser utilizado em uma microcentral de geração de energia. Em outras palavras, a saída para agricultura familiar acessar o ambiente de geração de energia com resíduos da agropecuária é o associativismo.

No que tange ao transporte de biogás, não existem normativas específicas para os equipamentos que compõem esse sistema, visto que este é um aspecto recente dos empreendimentos de biogás, e por isso inexistem recomendações específicas – de tal forma que se tem utilizado as diretrizes para o gás natural. Informações do Gas Technology Institute (GTI, 2009) e do National Petroleum Council (NPC, 2012) demonstram que, em projetos internacionais, o biogás tem sido purificado, elevado à condição de biometano e injetado em gasodutos de gás natural, ou também transportado em caminhões-tanque de gás natural liquefeito, utilizando-se para isso, das normativas de segurança existentes para o gás natural.

## 2.6 Aproveitamento Energético do Biogás

Para o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) o biogás é considerado como uma fonte de energia renovável e, portanto, sua recuperação e seu uso energético apresentam vantagens ambientais, sociais, estratégicas e tecnológicas significativas, podendo ser utilizado como energia elétrica, térmica e veicular (CENBIO, 2001). O aproveitamento energético do metano proveniente da degradação biológica dos resíduos pode mitigar o efeito estufa e tornar sustentável a matriz energética. Além de que, a biomassa por possuir elevada carga orgânica, quando disposta na natureza sem o devido tratamento, culminam em passivos que incluem a contaminação do solo, dos recursos hídricos, emissão de odores desagradáveis e a proliferação de vetores (BARBOSA; LANGER, 2011).

Conforme Coelho et al. (2006), a conversão de energia do biogás é realizada através da energia química que está em suas moléculas, convertendo a mesma em energia mecânica, também é possível a queima direta do biogás em caldeiras para a cogeração ou energia térmica. Há dois tipos de geração a partir do biogás por meio do uso de turbina a gás e grupo motores

motogeradores (GMG) de combustão interna. Para a produção de biogás em pequena escala como plantas que possuem uma demanda de energia menores que 1 MW, as principais tecnologias utilizadas para a produção de biogás, são as turbinas e as Microturbinas a Gás e os GMG's. Entre os GMG, se utiliza motores de combustão interna acoplado a geradores de energia elétrica, tendo em vista que possuem uma maior eficiência na conversão elétrica e um melhor custo.

Entretanto, para Salomon (2007), a utilização de motor de alta potência possui menor eficiência na conversão, aproximadamente 37% em condições normais de temperatura e pressão, sendo que o restante da energia convertida em energia térmica, está presente na água de arrefecimento do motor, no óleo do motor, na radiação térmica e nos gases emitidos pelo escape.

O Brasil possui um grande potencial energético, no tratamento de esgoto, suinocultura e nos depósitos de resíduos sólidos, segundo o Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de gases de efeito estufa, realizado pela CETESB cerca de 805 mil toneladas de metano foram geradas no ano de 1994, sendo que 84% desse total resulta de resíduos sólidos urbanos. Dessa maneira, a destruição do metano, que é lançado na atmosfera, o aproveitamento do biogás, se torna dessa forma fundamental para a mitigação do efeito estufa, ocasionando assim a recuperação ambiental do metano, que antes era desperdiçado hoje poderá ser viável economicamente (POPPE; ROVERE, 2005).

Já Brown et al. (2007), utilizando diferentes cenários de produção, demonstrou por meio de análises econômicas, que a energia elétrica gerada a base do biogás não é economicamente viável pra todos os tamanhos de propriedades agrícolas por ele estudadas, visto que, em propriedades de médio e grande porte o benefício gerado é maior. Porém, Dias et al. (2013), em uma análise de viabilidade semelhante a Brown (2007) encontrou indicadores econômicos atrativos para implantação de biodigestores com fins de aproveitamento energético de biogás em pequenas propriedades, ressaltando inclusive, que para esses casos é perfeitamente viável.

Segundo o CENBIO (2001), a produção de energia elétrica a partir do biogás apresenta vantagens que podem beneficiar tanto a sociedade, quanto o meio ambiente como também os governos, pois através da produção da mesma podem haver gerenciamento de aterros e estações de tratamentos de esgoto, apresentando assim diversas vantagens, sendo elas:

- O aumento da taxa de geração de empregos, e eliminação ou redução de subempregos;
- A descentralização na geração, a proximidade aos locais de carga, a partir de uma fonte renovável que vem sendo tratada como resíduo;

- Auxilia para que se tenha uma viabilidade econômica no saneamento básico;
- Possibilita uma receita extra, proveniente da energia gerada com biogás e vendida às concessionárias;
- Contribuição com a viabilidade econômica do tratamento do lixo;
- Menor rejeição social das instalações de saneamento, uma vez que elas passam a ser gerenciadas de forma melhor, representando um exemplo a ser seguido;
- Diminuição da quantidade de eletricidade comprada da concessionária;
- Possibilidade eventual de venda de eletricidade à rede;
- Utilização no uso de processos de cogeração;
- Redução das emissões de metano para a atmosfera, sendo este um importante gás causador do efeito estufa.
- Diminuição do consumo de combustíveis fósseis, um dos principais responsáveis pelo efeito estufa;
- Redução na geração de odor para as vizinhanças, de chorume e de contaminação do lençol freático;
- Melhoria nas condições dos lixões, que representam mais de 70% da condição de disposição nacional do lixo.

Comastri Filho (1981), explica que o resíduo que resulta do tratamento por meio da biodigestão, pode ser utilizado para fertilizar o solo, devido à perda de carbono, hidrogênio e oxigênio durante o processo, apresentando maior concentração de nutrientes do que o resíduo original. O biofertilizante pode ser aplicado diretamente na forma líquida ou desidratada, dessa forma contribui com o aumento do teor de húmus, melhorando as propriedades físicas e químicas, além de melhorar as atividades microbianas do solo.

Desta forma, a utilização do biogás como fonte alternativa de energia é de grande relevância, por se tratar de uma fonte renovável que gera menos poluentes atmosféricos se comparado aos demais combustíveis empregados atualmente, porém, sua aplicação encontra alguns obstáculos referentes a medição de suas características, do qual incluem-se poder calorífico, vazão e seus componentes, além da necessidade de sua purificação para determinados usos (OKAMURA, 2013).

Estudos voltados para a avaliação e purificação do biogás visam melhorar seu aproveitamento energético, diminuindo emissões de poluentes atmosféricos, além de prolongar a vida útil dos equipamentos e motores para geração de energia. A purificação do biogás pode

reduzir seu potencial poluidor, bem como favorecer o aumento dos teores de metano, consequentemente elevando seu poder calorífico para um uso mais eficiente. A remoção de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), é importante, pois provoca a corrosão, danificação de equipamentos e instalações de sistemas de geração de energia (OKAMURA, 2013).

Sendo assim, a necessidade de remoção de impurezas do biogás, variam de acordo com a finalidade de seu uso, que vão desde a remoção do  $H_2S$  para utilização em caldeiras e cozinha, até a remoção de demais componentes como o  $CO_2$  e  $H_2O$  para uso veicular (VELOSO; SILVA, 2009), que neste caso ainda exigirá uma porcentagem de metano mínima de 96,5 %.

## **2.7 Ganhos econômicos**

Para Schuch (2012), a opção pela matéria prima biomassa residual pode propiciar o desenvolvimento de alternativas ambientalmente e economicamente sustentáveis com oportunidades de negócio e renda, transformando um passivo ambiental em um ativo econômico. Nesse contexto, Pereira (2010), relata que o aproveitamento do biogás existente no país será uma das alternativas disponíveis para o aumento da oferta e do equilíbrio da matriz energética.

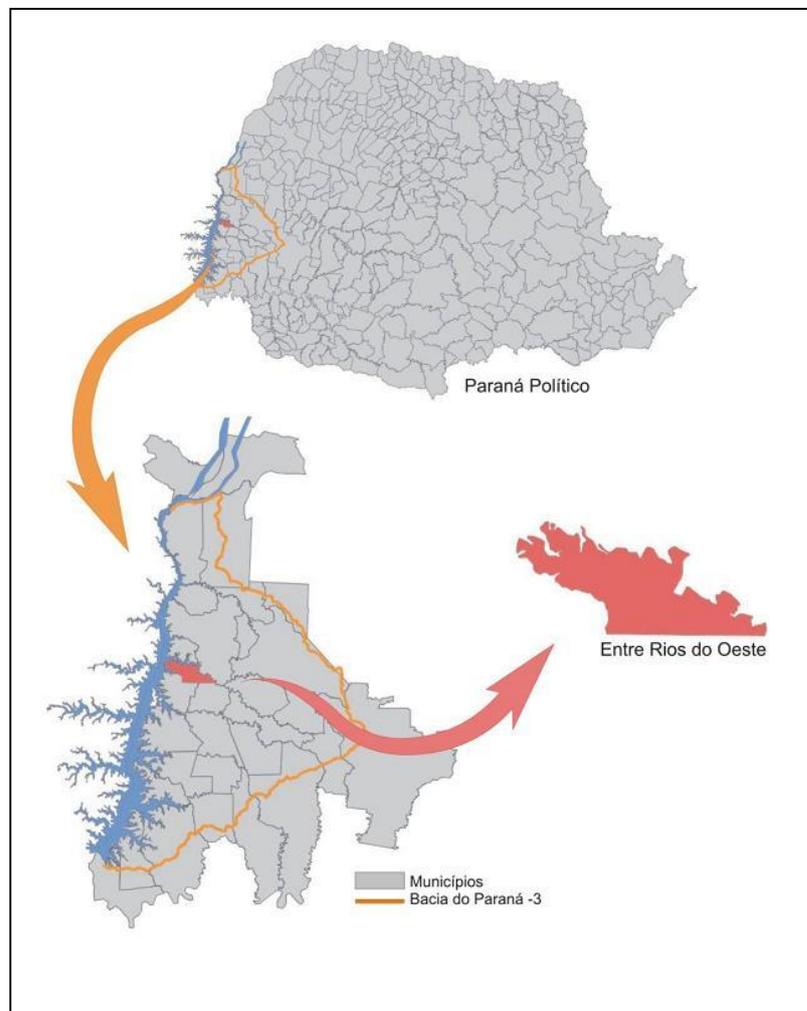
De acordo com Vanzin (2006), uma das vantagens da produção de biogás para geração de energia elétrica é a redução dos custos com implantação de linhas de transmissão, devido à proximidade da fonte geradora ao centro consumidor.

Os benefícios econômicos são imensos, visto que a partir da implantação do sistema de biodigestão haverá ganhos pela redução de energia comprada e uso dos recursos naturais para geração de energia sustentável mediante tecnologias de produção energética renováveis e mais limpas. (BARBOSA; LANGER, 2011).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudos

A área utilizada como estudo de caso foi o município de Entre Rios do Oeste, o qual está situado no extremo oeste do estado do Paraná, nas coordenadas  $24^{\circ}42'20,1''$  e  $54^{\circ}14'32,0''$  possui como limites o Município de Pato Bragado ao norte, Santa Helena e São José das Palmeiras ao sul, Marechal Cândido Rondon ao leste e o Reservatório de Itaipu ao oeste, conforme evidenciado na Figura 1 a seguir.



**Figura 1.** Macro localização do Município

Com uma população de 3926 habitantes, o município de Entre Rios do Oeste tem como principais fontes de geração de emprego e renda as atividades agropecuárias, em especial a suinocultura que possui um plantel de mais de 130 mil cabeças de animais distribuídos em 94 granjas.

Atualmente a maior parte das granjas de suínos do município não possuem sistemas de tratamento adequado para biomassa residual animal produzida no processo de produção de proteína animal.

### **3.2 Cenários de Viabilidade**

A partir do levantamento dos investimentos necessários para implantação do projeto em cada um dos cenários estudados, bem como identificação dos ganhos econômicos obtidos com o projeto, foram avaliados os indicadores de viabilidade adotados na metodologia.

- a) Cenário 1: neste cenário inicialmente foram dimensionados os sistemas de biodigestão individuais por unidade produtiva, traçados e dimensionados os gasodutos para transporte de biogás, e por fim identificado o local mais propício no município para estar recebendo uma central de aproveitamento energético de biogás, visando a utilização térmica, elétrica e veicular.
  
- b) Cenário 2: neste cenário foi considerada a produção centralizada de biogás por meio do transporte da biomassa residual produzida nas propriedades rurais até uma Usina de Biogás composta por dois biodigestores de alto rendimento e demais dispositivos necessários para fazer o aproveitamento energético do biogás. Para tanto, identificou-se o local mais propício para implantação do empreendimento no município, e também foram traçadas as rotas visando a melhor logística para caminhões fazerem o transporte da biomassa residual até a Usina de Biogás.

### 3.3 Levantamento de informações

#### 3.3.1 Levantamento do Plantel de Animais

A partir de um levantamento de dados a campo, por meio da utilização de um equipamento Garmin GPS MAP62 para registro da localização das propriedades e de um formulário para levantamento dos dados a campo, sendo neste trabalho considerado os valores de produção de suínos em cinco fases distintas: matrizes (maternidade), maternidade (leitão maternidade), creche (leitão desmamado), crescimento e terminação, e machos (reprodutores). O formulário utilizado está no Anexo I.

#### 3.3.2 Estimativa da Produção de Biogás

A estimativa da produção de biogás foi baseada nas metodologias do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006). Para este estudo foi utilizada a metodologia consolidada no Volume 4, Capítulo 10, a qual trata das questões de emissões oriundas da criação de animais e dejetos.

Os dados de biomassa residual animal foram expressos em relação ao número de cabeças/ano e sua produção de metano foi obtida a partir das Equações 1 e 2.

Eq. 1

$$CH_4 = \sum_{Categoria} \frac{(EF_{Categoria} \times N_{Categoria})}{10^6}$$

Em que:

CH<sub>4</sub> = Emissões referentes ao gerenciamento de dejetos por determinada população em GgCH<sub>4</sub>/ ano;

EF = Fator de emissão para determinada população de animais, kg CH<sub>4</sub>/ Cabeça.ano, e

N = Número de animais por categoria em unidade territorial (Plantel Instalado).

$$EF_{categoria} = (SV_T \times 365) \times \left[ B_o \times 0,67 \text{kg/m}^3 \times \sum_{Sistema} \frac{MCF}{100} \times MS_{Categoria} \right] \text{ Eq. 2}$$

Em que:

EF = fator de emissão anual de CH<sub>4</sub> por categoria, kg CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

SV = sólidos voláteis excretados diariamente por categoria, kg de massa seca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

365 = base para calcular a produção anual de SV, dias ano<sup>-1</sup>;

B<sub>0</sub> = capacidade máxima de produção de metano por dejetos produzidos pela categoria, m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> de SV excretado;

0.67 = fator de conversão de m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> para quilogramas de CH<sub>4</sub>;

MCF = fatores de conversão de metano para cada sistema de gerenciamento de dejetos pelo clima local, %, e

MS = Fração de dejetos de animais, manejada por determinado sistema na região.

### 3.3.3 Análises Geográficas

No sentido de definir o traçado do gasoduto, bem como as rotas de logística de dejetos para avaliar os diferentes cenários de aproveitamento energético da biomassa residual animal do município de Entre Rios do Oeste foram utilizadas as seguintes ferramentas e/ou procedimentos:

- a) Sistema de Informação Geográfica (SIG): com intuito de delimitar a área de estudos bem como representar geograficamente o município na Bacia do Paraná 3, suas microbacias, granjas de suínos e possíveis consumidores de biogás.
- b) Dados cartográficos: os limites políticos do município e do estado utilizados estão disponíveis no site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências – ITCG, os pontos de localização geográfica das granjas foram coletados a campo por meio da utilização de GPS de Navegação Garmin MAP62 e manipulados nos programas GVSIG 1.12 (SIG) e Google Earth 7.
- c) Imagens: foram utilizadas as imagens disponíveis no Google Earth 7 para definição dos traçados de gasodutos e rotas para logística de dejetos. Além disso, imagens SRTM da NASA foram utilizadas para fazer análises do terreno bem como extrair a hidrografia do município.

A análise de dados foi realizada em 3 etapas, sendo a primeira para interpretação das imagens do Google Earth, visando definir o traçado do gasoduto e rotas de logística dos dejetos. A segunda etapa teve por finalidade quantificar as distâncias do traçado e rotas. Na terceira etapa foram identificados os locais para implantação da central de aproveitamento de biogás e de concentração de dejetos.

### 3.3.4 Dimensionamentos

#### 3.3.4.1 Dimensionamento dos Sistemas de Biodigestão

Os volumes dos sistemas de biodigestão foram calculados a partir da Equação 3 a seguir, a qual leva em consideração a carga diária e o tempo de retenção hidráulica adotado na metodologia.

$$\mathbf{VB} = \mathbf{CD} * \mathbf{TRH} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde,

**VB** – Volume do biodigestor

**CD** – Carga diária m<sup>3</sup>/dia

**TRH** – Tempo de retenção hidráulica

Tendo em vista que o presente trabalho tem como foco o aproveitamento do biogás produzido a partir da suinocultura, considerou-se o TRH de 30 dias, conforme recomendado por Kunz e Oliveira (2008) para esse tipo de biomassa residual animal.

#### 3.3.4.2 Dimensionamento do Gasoduto

O dimensionamento do gasoduto neste trabalho foi realizado considerando a vazão nominal de biogás de trecho a trecho dos ramais do traçado do gasoduto, dessa forma tem-se uma rede de gasodutos telescópicos, uma vez que na medida em que aumenta a vazão de biogás

aumenta o diâmetro da tubulação. Para tanto, foram adotadas algumas variáveis para o desenvolvimento desses cálculos, a saber:

- Produção de biogás horária ( $\text{m}^3/\text{h}$ );
- Capacidade do compressor;
- Velocidade de escoamento conforme a NBR 14.462;
- Pressão em cada trecho;
- Diâmetro e espessura da tubulação SDR 17 ou SDR11, conforme Norma NBR 14462;

A velocidade de escoamento é calculada a partir da Equação 4, seu valor não deve ultrapassar  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , pois é o valor máximo estabelecido pela norma adotada (NBR – 15358).

$$v = \frac{V_{\text{biogás}}}{A} \quad \text{Eq. 4}$$

$V_{\text{biogás}}$ : Vazão de Biogás no trecho [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ];

$v$ : Velocidade de escoamento [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ];

$A$ : Área da seção transversal ao escoamento [ $\text{m}^2$ ].

As pressões nos trechos consideram o limite de pressão admitido no gasoduto (MPO), o qual pode variar segundo as características do gasoduto. Para calcular as pressões que são desenvolvidas ao longo do gasoduto segundo determinadas características (SDR, DN e PE) a equação de Bernoulli é utilizada, conforme descrição na Equação 5:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho_{\text{biogás}}g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho_{\text{biogás}}g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum f \frac{L}{Di} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Eq. 5}$$

$Z_1$  e  $Z_2$  – Altura do ponto em relação ao nível do mar [m];

$P_1$  e  $P_2$  – Pressão nos pontos 1 e 2 [Pa];

$v_1$  e  $v_2$  – Velocidade média nos pontos 1 e 2 [m/s];

$L$  – Comprimento do trecho [m];

$v$  – Velocidade de escoamento [m/s];

$Di$  – Diâmetro interno do duto [m];

$g$  – Aceleração de gravidade [m/s<sup>2</sup>];

$\rho_{biogás}$  – Densidade do biogás (1,09) [kg/m<sup>3</sup>].

$f$  – Fator de Atrito [adimensional].

A partir da fórmula de Bernoulli, a qual, conforme relata Brunetti (2008), descreve o comportamento de um fluido que se move ao longo de uma tubulação, sendo utilizadas as variáveis supracitadas e equações para dimensionar a tubulação do gasoduto de cada trecho.

#### 3.3.4.3 Dimensionamento de Sistemas de Aplicação do Biogás

A aplicação do biogás foi simulada levando em consideração a utilização do biogás como fonte de energia elétrica, térmica e veicular. Sendo considerados os seguintes fatores para dimensionamento dos sistemas de aproveitamento.

- Relação produção e demanda para cada uso;
- Equipamentos disponíveis no mercado para atender as demandas; e,
- Relação custo benefício para cada uso.

#### 3.3.5 Levantamento de Custos

O levantamento de custos para implantação de cada cenário analisado no projeto foi realizado com base na cotação de orçamentos com empresas especializadas na comercialização dos equipamentos e serviços necessários para implantação do projeto.

#### 3.3.6 Análise Econômica Financeira

A análise econômica e financeira deste trabalho levou em consideração a receita obtida por meio da comercialização de energia elétrica e/ou compensação. Cabendo ressaltar, que para venda de energia considerou-se o Ambiente de Contratação Livre, e para compensação, a Instrução Normativa n° 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012).

Além disso, na aplicação de biometano como combustível veicular utilizou-se como parâmetro para estabelecer o valor de comercialização do produto final, o valor do Gás Natural Veicular (GNV) direto na bomba.

Para efeito de cálculo para utilização do biogás como fonte de energia térmica foi utilizado o fator de conversão de biogás por 1 m<sup>3</sup> equivalente a 2,7 Kg de madeira, conforme referenciado por Neto et al. (2010), com base no preço de mercado da lenha.

A receita do biofertilizante é considerada nas análises de viabilidade como custo evitado, sendo computada no estudo de viabilidade.

Com base nos ganhos obtidos por meio do aproveitamento energético do biogás no município, foram feitas modelagens em uma planilha eletrônica para cada um dos cenários estudados, sendo levados em consideração na modelagem os seguintes indicadores de Viabilidade Econômica:

a) Fluxo de caixa:

Conforme Gitman (2004), um fluxo de caixa convencional em qualquer projeto pode conter três componentes básicos, a saber: investimento inicial, entradas de caixa operacionais e fluxo de caixa terminal. Todavia, o último componente nem sempre é considerado em uma avaliação.

Nesse contexto, foi elaborado o fluxo de caixa, visando identificar todas as entradas e saídas do projeto, de tal modo que possibilite o cálculo dos indicadores de viabilidade descritos nas alíneas a seguir.

b) Valor do presente líquido (VPL):

De acordo com Gitman (2004), o Valor do Presente Líquido (VPL) é uma técnica sofisticada de orçamento capital, visto que leva em conta o valor do dinheiro no tempo. A técnica desconta dos fluxos de caixa da empresa uma taxa estipulada. O VPL é obtido subtraindo-se o investimento inicial de um projeto ( $FC_0$ ) do valor presente de suas entradas de caixa ( $FC_t$ ), descontadas a uma taxa igual o custo capital da empresa (k), conforme a Equação 6 a seguir, a qual foi utilizada para calcular o VPL de cada cenário proposto.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 = \sum_{t=1}^n (FC_t \times FVP_{k,t}) - FC_0 \quad \text{Eq. 6}$$

c) Taxa interna de retorno:

A Taxa Interna de Retorno (TIR), talvez seja a técnica mais sofisticada de orçamento capital. Trata-se da taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a \$ 0 (porque o valor do presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial). A taxa é composta de retorno anual que a empresa obteria se concretizasse o projeto e recebesse as entradas de caixa previstas. Matematicamente, a TIR é o valor de  $k$  na equação do VPL que faz com que o VPL se iguale a \$ 0. A seguir são apresentadas as Equações 7 e 7.a utilizadas para calcular a TIR de cada cenário proposto.

$$\$ 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)_t} - FC_0 \quad \text{Eq. 7}$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)_t} = FC_0 \quad \text{Eq. 7.a}$$

d) Payback simples:

O payback ou período de recuperação do investimento compreende o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial em um projeto (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2002). Neste trabalho considerou-se a Equação 8 a seguir.

$$PR = T \text{ quando } \sum_{t=0}^T CF_t = I_0 \quad \text{Eq. 8}$$

Onde,

**PR**= Período de Recuperação

**CF<sub>t</sub>**= Cash-Flow total no ano t

**I<sub>0</sub>**= Cash-Flow do investimento Inicial

e) Payback descontado:

O conceito é basicamente o mesmo do payback simples, entretanto o fator tempo no valor do dinheiro é levado em consideração, visto que considera o valor presente, os valores futuros do fluxo de caixa. Ou seja, os valores do fluxo de caixa são tratados considerando uma taxa de desconto de acordo com as expectativas de quem estiver fazendo a análise, sejam os

analistas ou os investidores. Para modelagem dos cenários de viabilidade foi utilizada a Equação 9 a seguir para calcular o Payback descontado.

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^n} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde,

**VP** = Valor Presente;

**VF** = Valor Futuro;

**i** = Taxa;

**n** = ano de ocorrência do fluxo.

f) Taxa Mínima de Atratividade:

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) serve como critério para avaliar o quanto um investidor, pretende ganhar com o investimento, ou seja, é um retorno mínimo e de baixo risco exigido pelos investidores (VANOLLI, 2011). No caso deste trabalho, por levar em consideração um cenário típico de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para atualidade do país, optou-se por adotar como TMA o rendimento atual da poupança.

g) Índice de Lucratividade:

De acordo com Groppelli e Nikbakht (2002), o Índice de Lucratividade (IL) compara o valor presente das entradas de caixa futuras com o investimento inicial numa base relativa, ou seja, a razão entre o valor presente das entradas de caixa e investimento inicial do projeto. No sentido de IL dos cenários estudados no trabalho foi utilizada neste trabalho a Equação 10.

$$IL = \frac{VPEC}{\text{Investimento inicial}} \quad \text{Eq. 10}$$

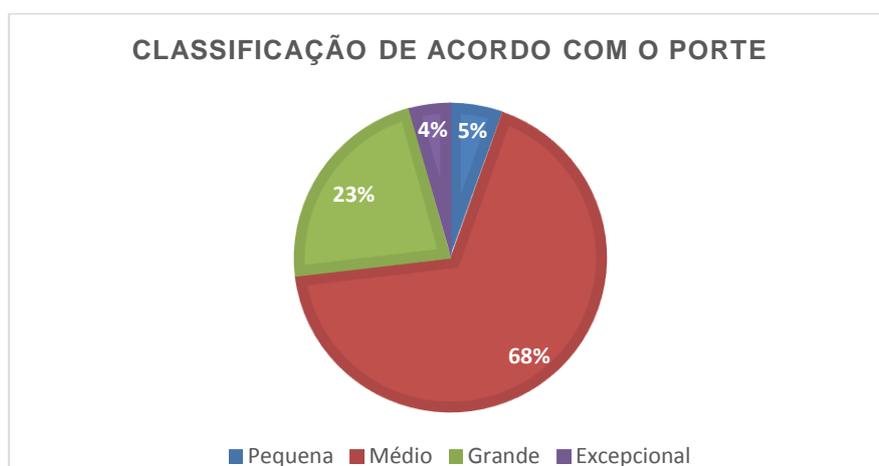
Onde,

**IL** = índice de lucrativa

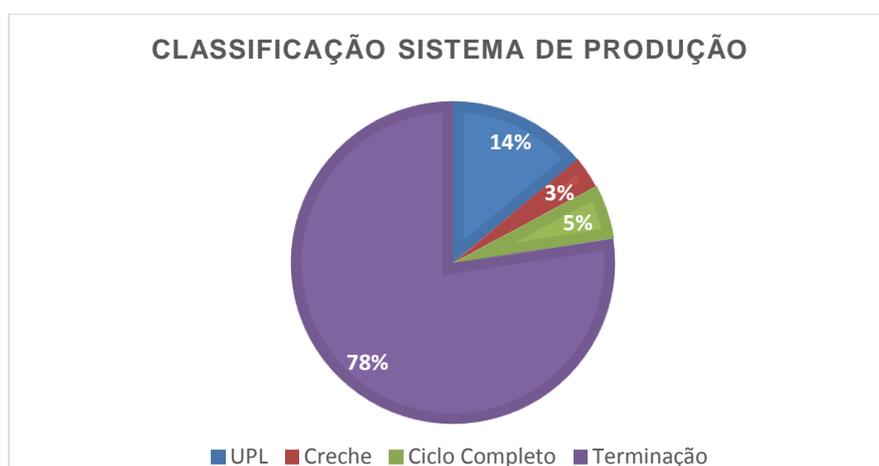
**VPEC** = Valor presente das entradas de caixa

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme evidenciado nas Figuras 2 e 3 a seguir, as unidades produtoras de suínos do município de Entre Rios do Oeste, são predominantemente de porte médio e com sistema de produção de terminação, visto que essas classificações representam 68% e 78% do total de unidades da unidade administrativa, respectivamente.



**Figura 2.** Classificação das unidades de produção de acordo com o porte.

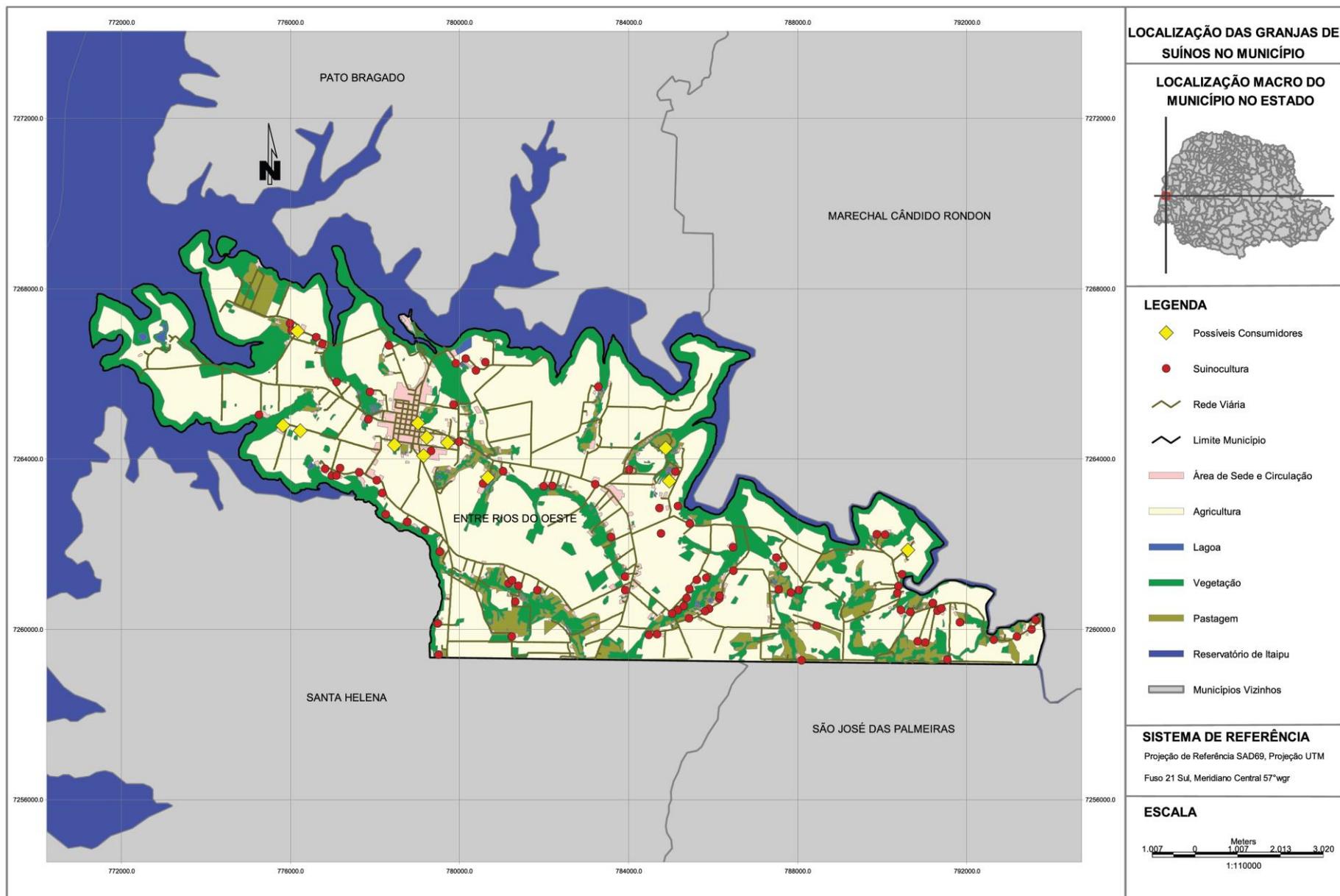


**Figura 3:** Classificação das unidades de produção de acordo com o sistema de produção.

As 93 granjas de suínos identificadas no município, apresentam um potencial de produção de dejetos de 1.093,50 m<sup>3</sup>/dia e 19.349,62 m<sup>3</sup>/dia de biogás, sendo essas granjas distribuídas por todo território municipal, conforme ilustra a Figura 4. O Anexo II apresenta a

caracterização das propriedades contendo a produção de dejetos, biogás e plantel de animais de cada granja.

Nesse contexto, o município com menos de 4 mil habitantes e extensão territorial de 120 km<sup>2</sup> (IBGE, 2014), apresenta um déficit de saneamento rural que corrobora com a contaminação do solo e da água, pois conforme Embrapa (2002), os dejetos de suínos apresentam carga poluidora até 5 (cinco) vezes maior que o esgoto doméstico, ou seja, Entre Rios do Oeste possui uma carga poluidora que equivale ao de um município com população predominante urbana de 650 mil habitantes.



**Figura 4.** Localização dos produtores de biogás e possíveis consumidores.

## 4.1 Cenário 1 de Viabilidade

O Cenário 1 do estudo de viabilidade levou em consideração a produção descentralizada de biogás por meio da implantação de sistemas de biodigestão em cada uma das granjas de suínos e o transporte do biogás até os locais de consumo.

No sentido de identificar neste cenário qual a melhor aplicação do biogás produzido do ponto de vista econômico, foram dimensionados sistemas de aplicação do biogás para arranjos de energia elétrica, térmica e veicular, sendo analisada a viabilidade de cada aplicação do biogás. Cabe ressaltar que o biofertilizante é apresentado apenas como um custo evitado em cada situação analisada, não sendo essa receita computada na viabilidade.

Com relação a operação do projeto foi dimensionada para esse cenário uma equipe composta pelos seguintes profissionais: Leiturista, Técnicos em Manutenção, Auxiliar Administrativo, Administrador, Estagiário, Auxiliar de Serviços Gerais, Engenheiro Ambiental, Engenheiro Civil e Gerente.

### 4.1.1 Dimensionamentos e Custos do Cenário 1

#### a) Produção e Transporte do Biogás

Após a caracterização das propriedades e realização dos cálculos de estimativa de produção de dejetos foram dimensionados os sistemas de biodigestão e lagoas de estabilização, considerando o Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de 30 dias. O custo para implantação dos sistemas foi obtido a partir da cotação junto a empresas especializadas. O Anexo III apresenta os volumes dos biodigestores e lagoas por propriedade, bem como seus respectivos custos.

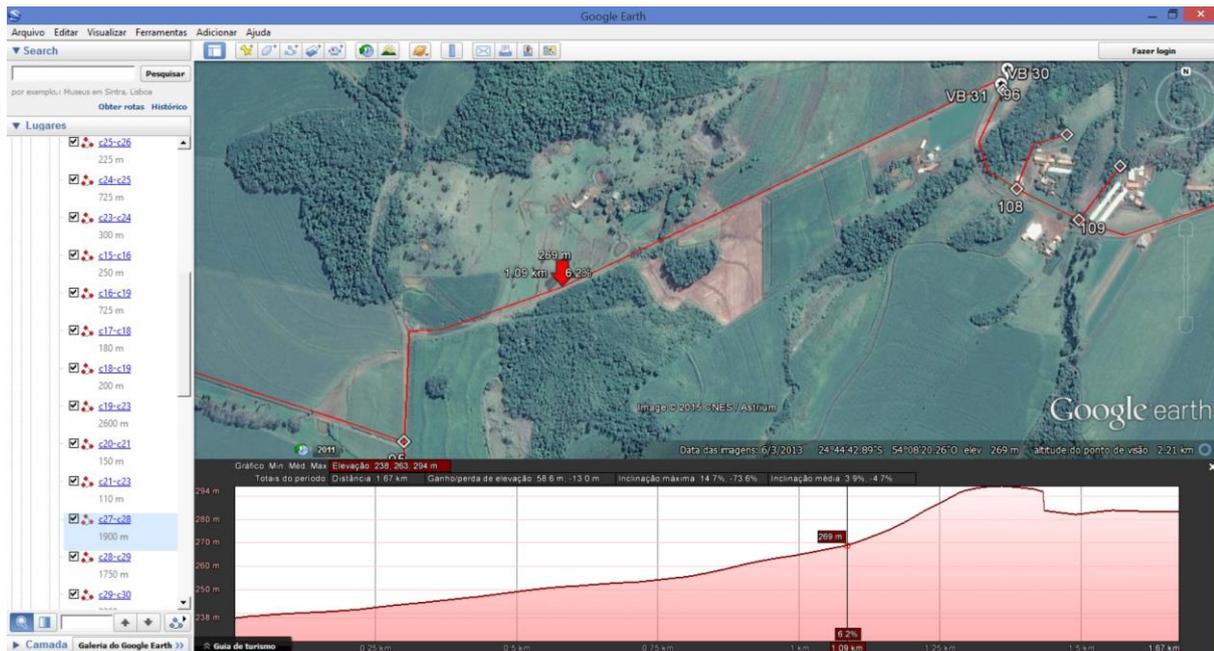
Com base na estimativa de produção de biogás nos sistemas individuais de biodigestão, a tubulação que compõe o gasoduto foi dimensionada acordo com a vazão de biogás de cada trecho. Conforme evidenciado na Tabela 1 a seguir, os diâmetros de tubulação variaram de 20 mm a 160 mm e os custos estimados por “Km Linear” de tubulação, foram obtidos a partir do trabalho desenvolvido por Mari, Lucio e Muller (2012).

O gasoduto segue o traçado das áreas de servidão do município, as margens das estradas rurais, e o trabalho de vetorização do traçado foi realizado por meio da utilização das ferramentas do Software Google Earth.

**Tabela 1.** Diâmetros e Custos da Tubulação do Gasoduto.

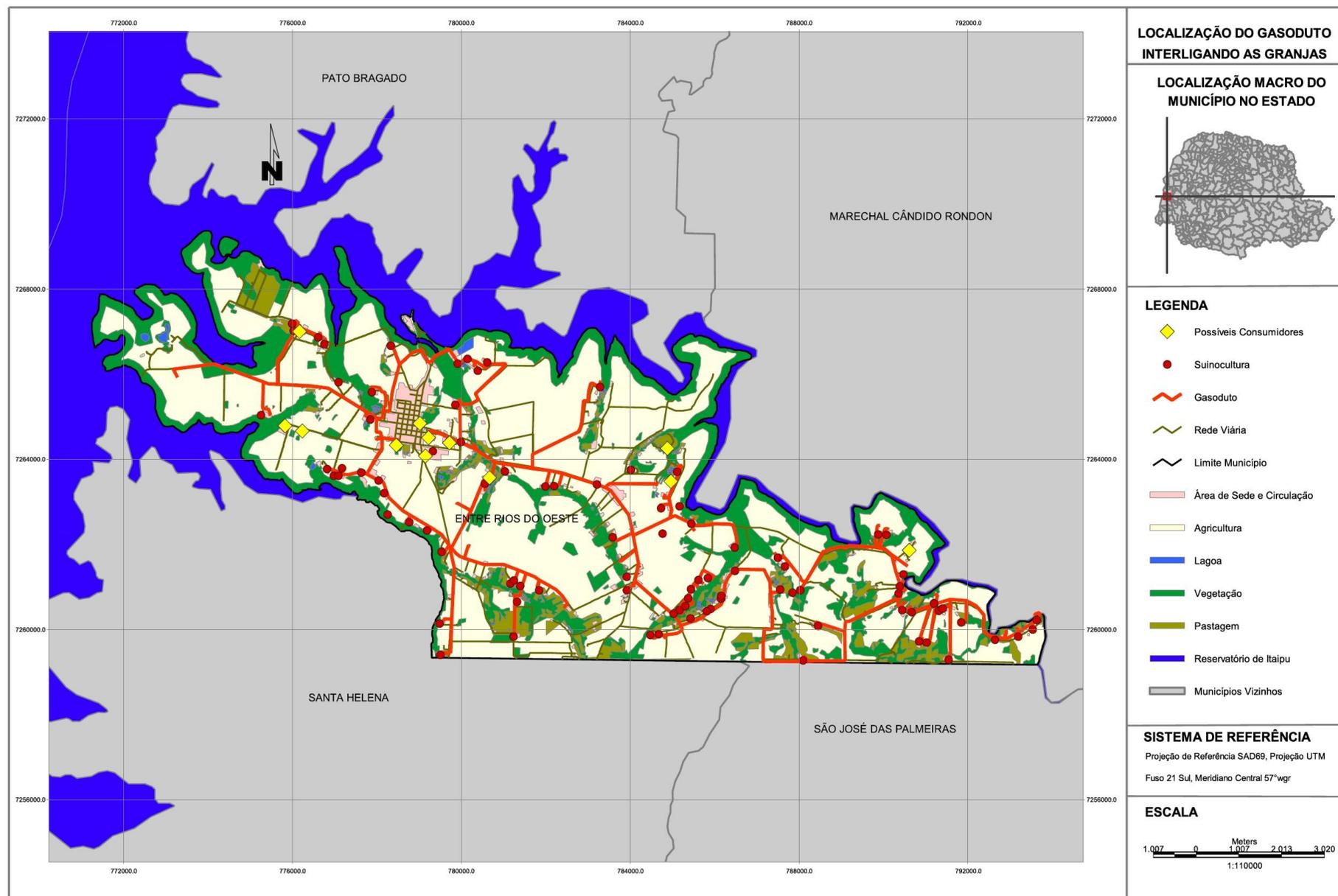
Extensão da Tubulação de Gasoduto por Diâmetro			
Diâmetro da Tubulação	Gasoduto Km Linear	Custo do Km Linear R\$	Custo Total R\$
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) diâm. 20 mm	3,83	17.000,00	65.025,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 25 mm	8,81	17.500,00	154.122,50
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 32 mm	18,94	18.500,00	350.297,50
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 40 mm	10,77	20.000,00	215.300,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 50 mm	8,85	24.500,00	216.800,50
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 63 mm	8,78	28.000,00	245.784,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 75 mm	9,09	35.500,00	322.553,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 90 mm	8,01	41.500,00	332.332,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 110 mm	6,05	54.000,00	326.700,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 125 mm	14,99	116.000,00	1.739.188,00
Tubo em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), diâm. 160 mm	13,01	110.000,00	1.431.430,00
<b>Total</b>	<b>111,11</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 5.399.532,50</b>

Conforme ilustra a Figura 5, o terreno apresenta variação ao longo de cada trecho do gasoduto e em virtude de não haver recursos financeiros disponíveis para realização de um levantamento planialtimétrico preciso de todo traçado do gasoduto, foi acrescido 10% de extensão na tubulação.



**Figura 5.** Variação da Altitude em Cada Trecho.  
Fonte: Adaptado do Google Earth 2015.

A Figura 6 a seguir apresenta o mapa de localização do gasoduto no território municipal.



**Figura 6.** Localização do Gasoduto.

## b) Sistemas de Tratamento, Aproveitamento Energético e Custos de Implantação

O sistema de filtragem de biogás foi orçado com uma empresa especializada na purificação de biogás a partir do método “*Water Scrubbin*”, tendo como premissa a capacidade para atender a vazão máxima estimada de produção, 19.349,62 m<sup>3</sup>/dia. Este sistema foi considerado para os três arranjos, geração de energia elétrica, térmica e produção de biometano veicular.

Para o arranjo de aplicação de toda produção de biogás em uma Microcentral de Geração de Energia Elétrica, considerou-se a utilização de 8 Grupo Motogeradores (GMG's) de 330 kVA, os quais somados garantem uma capacidade instalada de energia de 2 MW. Embora existam fabricantes de GMG's que informam um rendimento de até 2,2 kWh por m<sup>3</sup> de biogás, optou-se por trabalhar com o fator de conversão de 1,6 kWh por m<sup>3</sup> de biogás.

No total foram previstos 4 veículos para realização dos serviços administrativos e técnicos do projeto. A Tabela 2 apresenta o resumo dos custos com o Arranjo de Geração de Energia Elétrica para o Cenário 1.

**Tabela 2.** Arranjo de Geração de Energia Elétrica para o Cenário 1.

Descrição	Investimento R\$
Instalação de 93 Biodigestores (modelo canadense) e Lagoa de Estabilização	R\$ 5.943.510,00
Compressão do Biogás	R\$ 148.800,00
Gasoduto	R\$ 5.399.532,50
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Sistema de Aproveitamento para Geração de Energia Elétrica	R\$ 3.132.752,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.824.594,50</b>

Para o Arranjo de Geração de Energia Térmica, foram cotados queimadores a biogás para utilização em caldeiras, haja vista que no município existem indústrias de grãos que operam suas caldeiras em regime sazonal, além de uma fábrica de ração e uma indústria cerâmica que operam suas caldeiras em regime contínuo ao longo do ano.

Tendo em vista que a produção de biogás é contínua, ocorrendo apenas oscilação de volume diário em função do manejo diário das propriedades e intempéries climáticas, considerou-se apenas a aplicação do biogás como fonte de energia térmica para Fábrica de

Ração e Indústria Cerâmica. Os demais sistemas são idênticos aos apresentados no arranjo anterior. A Tabela 3 apresenta um resumo dos custos para implantação do Arranjo de Geração de Energia Térmica para o Cenário 1.

**Tabela 3.** Arranjo de Geração de Energia Térmica para o Cenário 1.

<b>Descrição</b>	<b>Investimento R\$</b>
Instalação de 93 Biodigestores (modelo canadense) e Lagoa de Estabilização	R\$ 5.943.510,00
Compressão do Biogás	R\$ 148.800,00
Gasoduto	R\$ 5.399.532,50
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Sistema para Aproveitamento como Energia Térmica	R\$ 280.000,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 12.971.842,50</b>

A utilização do biogás como energia veicular requer um nível de controle maior, haja vista que o Art. 6º da Resolução da ANP nº8/2015 prevê para uso comercial do Biometano (biogás filtrado) a composição mínima de 96,5 % de CH<sub>4</sub> e 0 ppm de H<sub>2</sub>S, e para tanto, exige a instalação de sistema de Análise de Biometano em Linha para emissão de certificados diários de qualidade.

Nesse contexto, a cotação do sistema para o aproveitamento de biogás como biometano veicular levou em consideração o monitoramento da saída do sistema de filtragem do biogás por meio de Analisador em Linha, e também de uma estação de compressão que permita elevar o biometano em até 250 bar de pressão. Os demais custos previstos são inerentes aos arranjos para geração de energia elétrica e térmica. A Tabela 4 apresenta o resumo geral para implantação do Arranjo de Produção de Biometano Veicular para o Cenário 1.

**Tabela 4.** Arranjo de Produção de Biometano Veicular para o Cenário 1.

<b>Descrição</b>	<b>Investimento R\$</b>
Instalação de 93 Biodigestores (modelo canadense) e Lagoa de Estabilização	R\$ 5.943.510,00
Compressão do Biogás	R\$ 148.800,00
Gasoduto	R\$ 5.399.532,50
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Estação de Compressão e Dispositivos de Abastecimento	R\$ 900.000,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.591.842,50</b>

#### 4.1.2 Indicadores de Viabilidade do Cenário 1

No sentido de garantir maior confiabilidade nos indicadores de viabilidade do projeto, optou-se por utilizar fatores de conversão de energia e de comercialização mais conservadores. Outro aspecto relevante para viabilidade do projeto é a exclusão do biofertilizante dos cálculos, visto que no caso desse projeto o custo evitado dos produtores com a substituição de insumos químicos anualmente será de R\$ 4.496.985,99 (quatro milhões quatrocentos e noventa e seis mil novecentos e oitenta e cinco reais e noventa e nove centavos), ou seja, a inclusão desse valor nos cálculos favorece os indicadores, todavia pode caracteriza-se como um empecilho para viabilidade no caso da implantação, uma vez que essa receita não entra no caixa da empresa e/ou entidade responsável por administrar o projeto.

No que tange a viabilidade técnica, constatou-se que os 3 arranjos apresentados para o cenário 1 são factíveis, entretanto do ponto de vista econômico os arranjos demonstraram diferenças nos indicadores, que apontam para maior atratividade para produção de biometano veicular, pois conforme evidenciado na Tabela 5, apresentou um *Payback* descontado de 7 anos, enquanto os arranjos para geração de energia elétrica e térmica apresentaram *Payback* descontado de 9 e 10 anos, respectivamente.

Em um estudo de viabilidade do aproveitamento energético de biogás produzido de forma condominial, tendo como foco o biogás para geração de energia térmica em um abatedouro do município de Toledo – PR., Edwiges (2012) também encontrou indicativos

positivos de viabilidade para o modelo de geração de descentralizada de biogás, sendo o *Payback* de 9 anos conforme demonstrado nesse estudo de caso.

Com relação aos investimentos, nota-se que a geração de energia elétrica é o arranjo que demanda maior investimento, contudo também demonstrou-se viável. A energia térmica configura-se como arranjo com menor investimento inicial, porém apresentou indicadores menos atrativos se comparados aos outros arranjos.

**Tabela 5.** Relatório de Viabilidade Econômica para o Cenário 1.

<b>RELATÓRIO DE VIABILIDADE</b>	<b>CENÁRIO 1</b>		
	<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>ENERGIA TÉRMICA</b>	<b>BIOMETANO VEICULAR</b>
Investimento Global do Projeto	-R\$ 15.824.594,50	-R\$ 12.971.842,50	-R\$ 13.591.842,50
Receita Bruta Anual	R\$ 4.520.071,23	R\$ 3.531.305,65	R\$ 3.531.305,65
Custo Fixo Total Anual	R\$ 1.844.854,40	R\$ 1.724.854,40	R\$ 3.197.376,66
Impostos (Pis, Cofins, INSS, ISSQN, ICMS e IR)	R\$ 1.011.103,71	R\$ 695.741,80	R\$ 1.186.707,38
Total de Custos e Despesas Anuais	R\$ 2.855.958,11	R\$ 2.420.596,20	R\$ 4.384.084,04
Lucro Bruto Anual	R\$ 2.675.216,83	R\$ 1.806.451,25	R\$ 3.158.973,51
Lucro Operacional Líquido Anual	R\$ 1.664.113,12	R\$ 1.110.709,45	R\$ 1.972.266,13
<b>INDICADORES DE VIABILIDADE</b>			
Recuperação do Capital Investido (Payback Simples) - Anos	6	7	5
Recuperação do Capital Investido (Payback Descontado) - Anos	9	10	7
Valor do Presente Líquido - VPL	14.759.079,43	9.593.599,49	19.710.500,05
Taxa Interna de Retorno - TIR	0,14	0,13	0,19
Relação de Risco Entre TMA/TIR	0,35	0,39	0,26
<b>CUSTO EVITADO COM A UTILIZAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE</b>			
<b>Produção de Biofertilizante m<sup>3</sup>/ano</b>	<b>Valor Equivalente R\$/ano</b>		
379.172,51	R\$ 4.496.985,99		

Os indicadores apresentados demonstram que os arranjos estudados apresentam diferenças em seus indicadores, todavia são viáveis. Dessa forma, cabe aos investidores de um projeto dessa natureza, definir qual arranjo é mais atrativo no que tange aos aspectos operacionais e comerciais, pois ainda que o uso térmico tenha demonstrado menor atratividade, de imediato é o que demanda menos investimentos e maior facilidade para comercializar, pois requer menos processos e utiliza-se de tecnologias consolidadas no mercado nacional.

## **4.2 Cenário 2 de Viabilidade**

O Cenário 2 de viabilidade considera a logística dos dejetos e produção centralizada de biogás. Dessa forma, os dejetos produzidos nas granjas de suínos são transportados por caminhos preparados com tanques com capacidade para transportar 16 m<sup>3</sup> de dejetos, até uma Usina de Biogás, onde os dejetos são tratados em dois sistemas de biodigestão anaeróbia de alto rendimento. O Cenário contempla os mesmos arranjos apresentados para o Cenário 1.

Nesse cenário ocorre também a logística do biofertilizante, pois este produto resultante do processo de biodigestão anaeróbia, após passar por uma estabilização é utilizado pelos produtores de suínos do município para fertilização de pastagens e lavouras. Certo disso, optou-se por considerar essa logística, pois no caso de implantação de um projeto dessa natureza no município a adesão dos produtores estaria condicionada a disponibilidade desse produto.

Para fazer a gestão e operacionalização deste cenário foi dimensionada uma equipe composta pelos seguintes profissionais: Leiturista, Técnicos em Manutenção, Motorista, Auxiliar Administrativo, Administrador, Estagiário, Auxiliar de Serviços Gerais, Engenheiro Ambiental, Engenheiro Civil e Gerente.

### **4.2.1 Dimensionamentos e Custos do Cenário 2**

#### **a) Definição de Rotas**

As estimativas de produção de dejetos utilizadas para realizar os cálculos de logística dos dejetos e biofertilizante foram as mesmas identificadas para o cenário 1. As rotas foram

delimitadas com auxílio do Software Google Earth, onde realizou-se a medição das distâncias entre cada uma das granjas de suínos até o local proposto para Usina de Biogás.

A Tabela 6 apresenta a quantidade de cargas de dejetos mensal de cada granja de suíno, bem como a distância percorrida mensalmente para viabilizar a logística dos dejetos e do biofertilizante.

**Tabela 6.** Logística dos Dejetos e Biofertilizante.

Nº Prop.	Distância km	Distância Ida e Volta km	Prod. Dejetos m <sup>3</sup> /dia	Prod. Dejetos m <sup>3</sup> /mês	QTDE. Cargas de Dejetos mês	Distância Percorrida Mês km
1	5,30	10,60	9,60	288,00	18,00	190,80
2	5,20	10,40	54,13	1.623,90	101,49	1.055,54
3	22,40	44,80	10,00	300,00	18,75	840,00
4	5,20	10,40	10,80	324,00	20,25	210,60
5	4,70	9,40	8,04	241,20	15,08	141,71
6	12,10	24,20	6,00	180,00	11,25	272,25
7	7,50	15,00	2,49	74,64	4,67	69,98
8	22,40	44,80	9,00	270,00	16,88	756,00
9	22,40	44,80	14,40	432,00	27,00	1.209,60
10	13,20	26,40	7,44	223,20	13,95	368,28
11	12,10	24,20	20,67	620,16	38,76	937,99
12	7,40	14,80	14,40	432,00	27,00	399,60
13	13,20	26,40	9,60	288,00	18,00	475,20
14	12,10	24,20	10,47	314,04	19,63	474,99
15	2,50	5,00	15,60	468,00	29,25	146,25
16	9,60	19,20	7,20	216,00	13,50	259,20
17	5,20	10,40	9,60	288,00	18,00	187,20
18	22,40	44,80	12,00	360,00	22,50	1.008,00
19	7,70	15,40	7,44	223,20	13,95	214,83
20	5,20	10,40	9,00	270,00	16,88	175,50
21	14,10	28,20	4,20	126,00	7,88	222,08
22	8,30	16,60	2,08	62,40	3,90	64,74
23	22,40	44,80	11,10	333,00	20,81	932,40
24	9,60	19,20	18,00	540,00	33,75	648,00
25	12,10	24,20	24,00	720,00	45,00	1.089,00
26	5,30	10,60	9,60	288,00	18,00	190,80
27	22,40	44,80	3,72	111,60	6,98	312,48
28	12,10	24,20	7,56	226,80	14,18	343,04
29	5,30	10,60	5,40	162,00	10,13	107,33
30	12,10	24,20	12,84	385,20	24,08	582,62

Continuação Tabela 6.

<b>Nº Prop.</b>	<b>Distância km</b>	<b>Distância Ida e Volta km</b>	<b>Prod. Dejetos m³/dia</b>	<b>Prod. Dejetos m³/mês</b>	<b>QTDE. Cargas de Dejetos mês</b>	<b>Distância Percorrida Mês km</b>
31	22,40	44,80	6,36	190,80	11,93	534,24
32	5,30	10,60	19,20	576,00	36,00	381,60
33	5,00	10,00	14,92	447,60	27,98	279,75
34	15,70	31,40	9,60	288,00	18,00	565,20
35	5,20	10,40	7,20	216,00	13,50	140,40
36	9,60	19,20	7,80	233,88	14,62	280,66
37	12,10	24,20	4,80	144,00	9,00	217,80
38	12,10	24,20	14,50	435,00	27,19	657,94
39	12,10	24,20	12,00	360,00	22,50	544,50
40	8,70	17,40	14,40	432,00	27,00	469,80
41	9,60	19,20	12,60	378,00	23,63	453,60
42	2,50	5,00	6,84	205,20	12,83	64,13
43	7,70	15,40	15,60	468,00	29,25	450,45
44	13,20	26,40	8,88	266,40	16,65	439,56
45	12,50	25,00	16,80	504,00	31,50	787,50
46	22,40	44,80	15,60	468,00	29,25	1.310,40
47	12,10	24,20	10,82	324,72	20,30	491,14
48	12,80	25,60	6,24	187,20	11,70	299,52
49	10,50	21,00	16,02	480,60	30,04	630,79
50	7,70	15,40	7,20	216,00	13,50	207,90
51	18,40	36,80	19,20	576,00	36,00	1.324,80
52	4,70	9,40	7,44	223,20	13,95	131,13
53	6,80	13,60	18,00	540,00	33,75	459,00
54	8,20	16,40	7,20	216,00	13,50	221,40
55	5,20	10,40	20,20	606,00	37,88	393,90
56	12,10	24,20	14,40	432,00	27,00	653,40
57	13,20	26,40	14,40	432,00	27,00	712,80
58	2,50	5,00	15,62	468,48	29,28	146,40
59	22,40	44,80	9,00	270,00	16,88	756,00
60	13,20	26,40	9,84	295,20	18,45	487,08
61	7,70	15,40	9,60	288,00	18,00	277,20
62	7,70	15,40	4,08	122,40	7,65	117,81
63	22,40	44,80	7,44	223,20	13,95	624,96
64	5,30	10,60	11,52	345,60	21,60	228,96
65	7,40	14,80	12,00	360,00	22,50	333,00
66	8,50	17,00	5,82	174,60	10,91	185,51
67	5,20	10,40	17,49	524,70	32,79	341,06

Continuação Tabela 6.

Nº Prop.	Distância km	Distância Ida e Volta km	Prod. Dejetos m³/dia	Prod. Dejetos m³/mês	QTDE. Cargas de Dejetos mês	Distância Percorrida Mês km
68	11,50	23,00	6,00	180,00	11,25	258,75
69	22,40	44,80	7,80	234,00	14,63	655,20
70	9,60	19,20	8,64	259,20	16,20	311,04
71	5,20	10,40	6,00	180,00	11,25	117,00
72	9,60	19,20	10,48	314,40	19,65	377,28
73	2,50	5,00	18,24	547,20	34,20	171,00
74	22,40	44,80	36,00	1.080,00	67,50	3.024,00
75	5,30	10,60	10,34	310,20	19,39	205,51
76	5,20	10,40	37,04	1.111,20	69,45	722,28
77	6,70	13,40	18,70	561,00	35,06	469,84
78	12,10	24,20	22,80	684,00	42,75	1.034,55
79	12,50	25,00	17,74	532,20	33,26	831,56
80	8,30	16,60	11,40	342,00	21,38	354,83
81	12,10	24,20	18,00	540,00	33,75	816,75
82	9,60	19,20	5,07	152,10	9,51	182,52
83	12,10	24,20	14,40	432,00	27,00	653,40
84	22,40	44,80	6,00	180,00	11,25	504,00
85	22,40	44,80	3,60	108,00	6,75	302,40
86	22,40	44,80	5,46	163,92	10,25	458,98
87	5,20	10,40	6,48	194,40	12,15	126,36
88	20,50	41,00	11,40	342,00	21,38	876,38
89	22,40	44,80	7,86	235,68	14,73	659,90
90	22,40	44,80	5,04	151,20	9,45	423,36
91	22,40	44,80	4,32	129,60	8,10	362,88
92	22,40	44,80	12,00	360,00	22,50	1.008,00
93	7,70	15,40	5,69	170,70	10,67	164,30
<b>Total</b>	<b>1.088,90</b>	<b>2.177,80</b>	<b>1.093,50</b>	<b>32.805,12</b>	<b>2.050,32</b>	<b>45.559,30</b>

O local proposto para implantação da Usina de Biogás situa-se na porção norte do município, nas dependências de uma indústria de amido desativada, que atualmente é propriedade do município. Todavia, esse local se aplica para o arranjo de geração de energia elétrica e veicular, visto que para geração de energia térmica com fins de aproveitamento nas indústrias do município, especialmente da Cerâmica e Fábrica de Rações os sistemas de biodigestão deverão ser instalados próximos aos locais de consumo, visto que fazer a logística do biogás nessa situação poderia inviabilizar o projeto por conta do aumento do investimento.

A Figura 7 apresenta o mapa de localização das rotas de logística e do local proposto para instalação da Usina de Biogás.

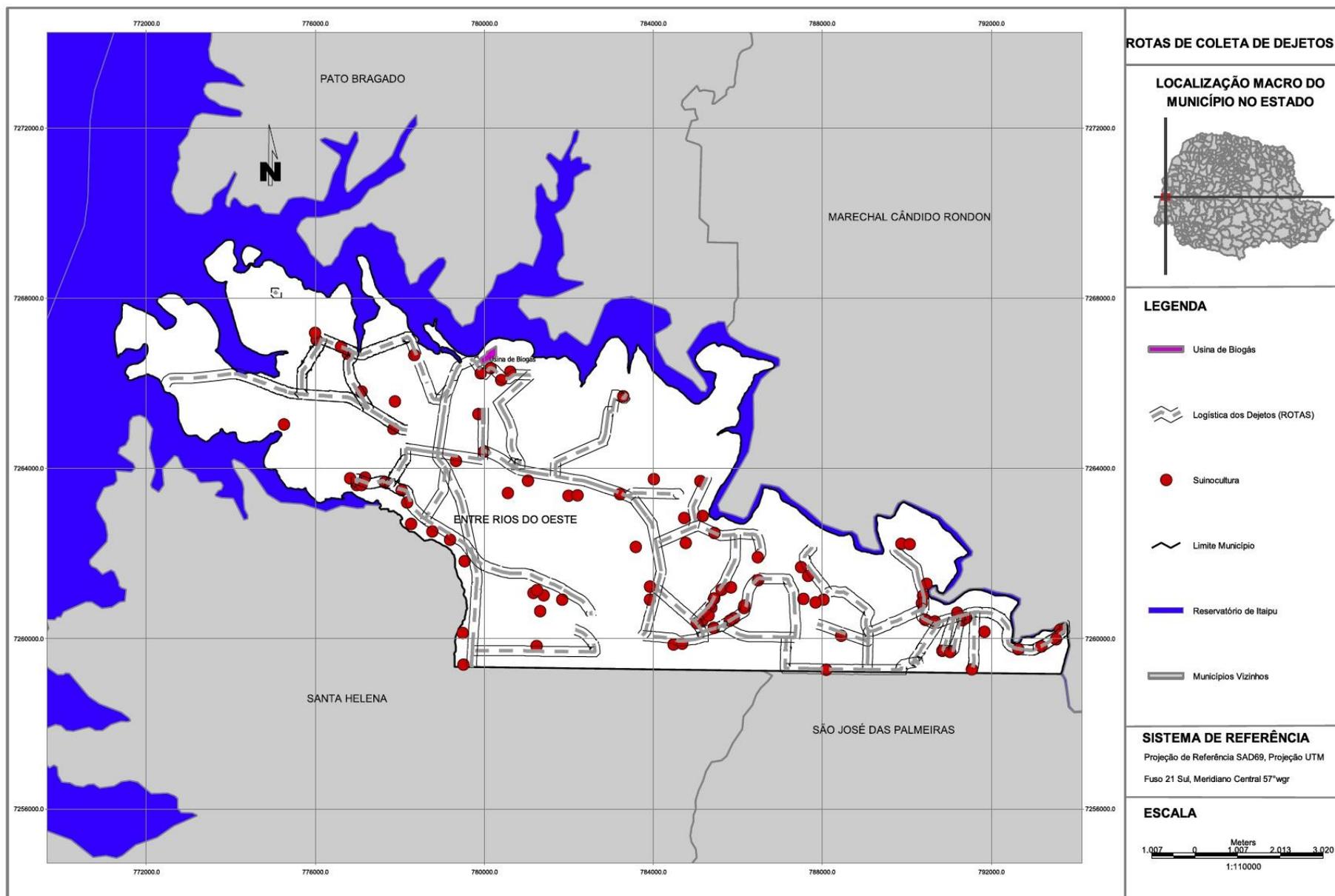


Figura 7. Localização das Rotas.

a) Dimensionamento dos Sistemas de Biodigestão

A Usina de Biogás situada na porção norte do município deverá ter dois sistemas de biodigestão com capacidades para receber a 550 m<sup>3</sup>/dia de dejetos cada. Os sistemas previstos são denominados biodigestores de alto rendimento devido a sua eficiência e dispositivos de agitação, aquecimento, monitoramento e controle.

b) Sistemas de Tratamento e Aproveitamento Energético do Biogás

Os sistemas de tratamento e aproveitamento energético do biogás são idênticos aos dimensionados para o Cenário 1, e por este motivo não foram detalhados nesse item.

Para viabilizar tecnicamente o Cenário 2 adotou-se a utilização de caminhões equipados com tanque para transporte de dejetos, com capacidade para 16 m<sup>3</sup>. A utilização de tanques com essa capacidade se deve ao fato de permitirem a mobilidade dos caminhões nas estradas rurais. No total, foram previstos 23 caminhões, sendo 20 para realizar a logística de dejetos e biofertilizante e 3 para ficarem como reserva no caso de manutenção corretiva e/ou preventiva dos demais veículos da frota.

As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam os custos do Cenário 2 para cada um dos arranjos estudados.

**Tabela 7.** Arranjo de Geração de Energia Elétrica para o Cenário 2.

<b>Descrição</b>	<b>Investimento R\$</b>
Biodigestores de Alto Rendimento (2 Biodigestores)	R\$ 5.250.000,00
Veículos e Equipamentos para Logística de Dejetos e Biofertilizante	R\$ 6.900.000,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Sistema de Aproveitamento para Geração de Energia Elétrica	R\$ 3.132.752,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 16.482.752,00</b>

**Tabela 8.** Arranjo de Geração de Energia Térmica para o Cenário 2.

<b>Descrição</b>	<b>Investimento R\$</b>
Biodigestores de Alto Rendimento (2 Biodigestores)	R\$ 5.250.000,00
Veículos e Equipamentos para Logística de Dejetos e Biofertilizante	R\$ 6.900.000,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Sistema para Aproveitamento como Energia Térmica	R\$ 280.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.630.000,00</b>

**Tabela 9.** Arranjo de Produção de Biometano Veicular para o Cenário 2.

<b>Descrição</b>	<b>Investimento R\$</b>
Biodigestores de Alto Rendimento (2 Biodigestores)	R\$ 5.250.000,00
Veículos e Equipamentos para Logística de Dejetos e Biofertilizante	R\$ 6.900.000,00
Veículos de Trabalho	R\$ 200.000,00
Sistema de Filtragem do Biogás	R\$ 1.000.000,00
Estação de Compressão e Dispositivos de Abastecimento	R\$ 900.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 14.250.000,00</b>

#### 4.2.2 Indicadores de Viabilidade Cenário 2

O custo evitado com a utilização do biofertilizante também não foi considerada nesse cenário, pois conforme descrito no Cenário 1, considerar este valor poderia causar impactos nos indicadores de modo que tornem eles mais atrativos, todavia com a implantação do projeto essa não seria uma receita que entraria no caixa, logo, poderia trazer dificuldades nas ações de planejamento para operacionalização do projeto, ou mesmo para arcar com os pagamentos de um possível financiamento. Entretanto, deve-se considerar a possibilidade de geração de receita a partir do biossólido que pode ser gerado na Usina de Biogás, uma vez que poderia viabilizar economicamente a implantação de uma planta de Organomineral Granulado.

Os indicadores analisados demonstram viabilidade econômica para dois dos arranjos estudados, e também indicadores pouco atrativos, visto que o “*Payback*” Descontado aponta para retorno superior de 15 anos para o arranjo de energia elétrica, na análise da aplicação para

energia térmica o arranjo “*Não Recupera*” o investimento dentro de um horizonte de planejamento de 20 anos.

Pereira, Lobo e Rocha Jr. (2009), realizaram uma análise de investimento para o aproveitamento energético da biomassa residual animal de 380 propriedades produtoras de suínos do município de Toledo – PR., tendo como base um arranjo de geração e aproveitamento de energia muito semelhante ao do Cenário dois de viabilidade deste trabalho. Todavia, os indicadores econômicos apresentados pelos autores foram bem mais atrativos, haja vista que o *Payback* do investimento é de dois anos, muito inferior aos encontrados nesse estudo de caso, onde o tempo de retorno variou de 10 e 15 anos no *Payback* descontado para biometano veicular e energia elétrica e Não Recuperável dentro do horizonte de planejamento no caso da energia térmica.

Entretanto, os fatores de conversão utilizados por Pereira, Lobo e Rocha Jr. (2009), são muito superiores aos utilizados nesse estudo de caso, e também recomendado por fabricantes, a exemplo os Grupo Motogeradores (GMG's), que nesse trabalho optou-se por trabalhar com um fator de conversão de 1,6 kWh por m<sup>3</sup> de biogás, valor este conservador, visto que os fabricantes de GMG's a biogás informam como fator máximo de conversão de 2,2 kWh por m<sup>3</sup> de biogás, enquanto os referidos autores utilizaram o fator de 5 kWh por m<sup>3</sup> de biogás.

O risco do investimento para geração centralizada pode ser evidenciado ao analisar a relação TMA/TIR, pois em uma escala de 0 à 1 o risco máximo é 1, ou seja, esse índice foi alto para o arranjo de energia elétrica e moderado para biometano veicular, com índices de 0,79 e 0,54 respectivamente.

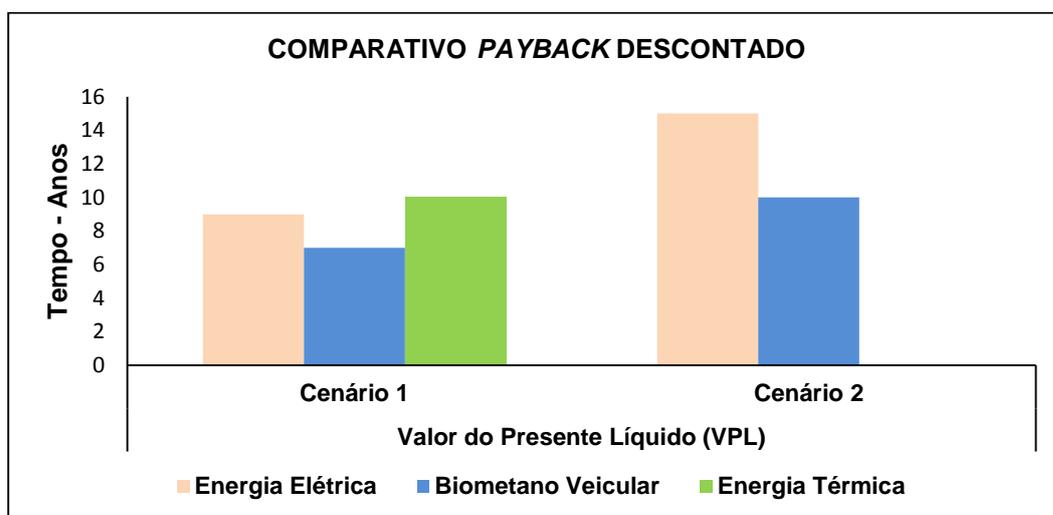
Analisando a Tabela 10 pode-se constatar que um dos principais impactantes nos indicadores de viabilidade dos arranjos estudados são os custos fixos. Esses custos elevados se devem principalmente por conta do custo fixo com Recursos Humanos (RH), visto que o custo estimado de gastos com RH anualmente é de R\$ 1.693,094,20 (um milhão seiscientos e noventa e três mil noventa e quatro reais e vinte centavos). O Anexo IV apresenta de forma detalhada os custos anuais com RH.

**Tabela 10.** Relatório de Viabilidade para o Cenário 2.

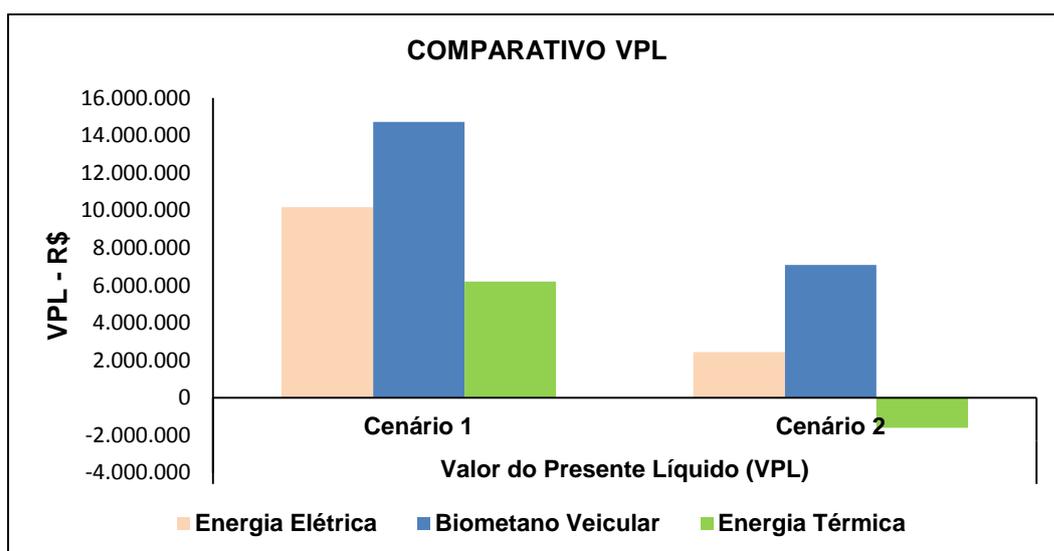
<b>RELATÓRIO DE VIABILIDADE</b>	<b>CENÁRIO 2</b>		
	<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>ENERGIA TÉRMICA</b>	<b>BIOMETANO VEICULAR</b>
Investimento Global do Projeto	-R\$ 16.482.752,00	-R\$ 13.630.000,00	-R\$ 14.250.000,00
Receita Bruta Anual	R\$ 4.520.071,23	R\$ 3.531.305,65	R\$ 6.356.350,17
Custo Fixo Total Anual	R\$ 2.987.331,61	R\$ 2.942.331,61	R\$ 4.229.853,87
Impostos (Pis, Cofins, INSS, ISSQN, ICMS e IR)	R\$ 596.384,48	R\$ 253.797,58	R\$ 811.918,16
Total de Custos e Despesas Anuais	R\$ 3.583.716,09	R\$ 3.196.129,19	R\$ 5.041.772,02
Lucro Bruto Anual	R\$ 1.532.739,62	R\$ 588.974,04	R\$ 2.126.496,31
Lucro Operacional Líquido Anual	R\$ 936.355,14	R\$ 335.176,46	R\$ 1.314.578,15
<b>INDICADORES DE VIABILIDADE</b>			
Recuperação do Capital Investido (Payback Simples) - Anos	9	12	7
Recuperação do Capital Investido (Payback Descontado) - Anos	15	Não Recupera	10
Valor do Presente Líquido - VPL	5.779.181,49	516.807,86	10.856.096,61
Taxa Interna de Retorno - TIR	0,09	0,05	0,13
Relação de Risco Entre TMA/TIR	0,56	0,92	0,39
<b>CUSTO EVITADO COM A UTILIZAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE</b>			
<b>Produção de Biofertilizante m<sup>3</sup>/ano</b>	<b>Valor Equivalente R\$/ano</b>		
379.172,51	R\$ 4.496.985,99		

### 4.3 Comparativo Cenário 1 e Cenário 2

Os dois cenários estudados demonstraram-se viáveis tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, entretanto o Cenário 1 apresentou os melhores indicadores de viabilidade. A maior atratividade do Cenário 1 pode ser evidenciada nos gráficos das Figuras 8 e 9, onde é demonstrado no comparativo dos 3 arranjos estudados para os dois cenários, que o tempo de retorno do Cenário 1 é menor nos 3 arranjos e no caso do VPL apresenta melhor retorno.



**Figura 8.** Comparativo do Tempo de Retorno para os Cenários Estudados.



**Figura 9.** Comparativo do Valor do Presente Líquido para os Cenários Estudados.

Os resultados apresentados nos dois Cenários estudados demonstram que os indicadores de viabilidade deste estudo são menos atrativos que os encontrados por Pereira, Lobo e Rocha Jr. (2009). Contudo, pode-se destacar que essa diferença nos indicadores de viabilidade pode estar relacionada diretamente com os fatores de conversão utilizados pelos autores, e também pelo fato de não terem considerado a logística do biofertilizante, configurando-se como um indicativo agravante para viabilidade do projeto, pois após passar pelo processo de biodigestão, o produto resultante desse processo, o biofertilizante, deve ser destinado a algum local autorizado por lei.

Nesse contexto, é importante frisar que o biofertilizante é utilizado pelos produtores de suínos como adubo orgânico na substituição fertilizantes químicos, ou seja, caso um projeto de biogás tenha como foco o arranjo de geração centralizada, dificilmente terá adesão dos produtores de suínos sem garantir o retorno do biofertilizante.

Hengeveld et al. (2014), desenvolveu um modelo para comparar o custo médio para produção de biometano com a finalidade de injetar na rede de gás natural, comparando a produção centralizada por meio do transporte de dejetos e biomassa vegetal até um biodigestor de grande porte e a produção descentralizado com a produção ocorrendo em 8 sistemas de biodigestão de menor porte, sendo que os resultados apontaram para maior atratividade no modelo para produção centralizada. Entretanto, as condições da biomassa utilizada para a produção de biogás são diferentes, pois grande parte da biomassa é proveniente da silagem de milho e as distâncias são menores, logo, a logística é mais simplificada do que os cenários apresentados no presente estudo e também analisado por Pereira, Lobo e Rocha Jr. (2009).

No entanto, mesmo ciente da maior vantagem econômica para o modelo centralizado no caso estudado por Hengeveld et al. (2014), o autor relata que o transporte e logística da biomassa pode apresentar uma desvantagem na escala para custos e consumo de energia, além disso, a biodigestão em grande escala gera inconvenientes ambientais devido o elevado número de movimentações de cargas para alimentar o biodigestor e dar uma destinação adequada ao digestato.

Para Edwiges (2012), a forma como a energia é utilizada pelo consumidor final influência diretamente na análise de viabilidade econômica, devido, principalmente, aos diferentes requisitos de purificação do biogás, custos envolvidos na aquisição da fonte convencional de energia e, ainda, a distância percorrida pelo metano entre as fontes produtoras e consumidoras.

Nesse contexto, além das questões técnicas e econômicas, é importante salientar alguns aspectos que devem ser considerados para implantação do Cenário 2, em especial a gestão da logística de dejetos e biofertilizante, pois a movimentação de caminhões nas estradas rurais pode causar transtornos para população rural, principalmente para os produtores participantes do projeto, visto que diariamente deverá ser realizada a coleta dos dejetos e também a entrega de biofertilizante para garantir que não ocorra a biodegradação dos sólidos voláteis nos dispositivos de armazenamento de dejetos das propriedades e também para assegurar a disponibilidade do biofertilizante para os produtores.

Dessa forma, faz-se necessário um controle consistente das rotas e horários de coleta de dejetos e distribuição de biofertilizante. Além disso, a manutenção dos caminhões e tanques de transporte dos dejetos deve ser rigorosa para evitar falhas e/ou vazamentos que possam ocasionar perda de material e contaminação do solo.

Ainda com relação ao Cenário 2, deve-se considerar que as normativas ambientais não são claras quanto ao transporte de dejetos por caminhões, fato este que pode configurar-se em um percalço para aprovação do projeto junto ao órgão ambiental.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que é possível a transformação do passivo ambiental da pecuária em um ativo energético, propiciando o fortalecimento da produção de proteína animal e a geração de renda.

Tendo em vista as inerentes dificuldades de operacionalização do cenário de produção de biogás centralizada, é extremamente salutar que sejam avaliados criteriosamente propostas de produção centralizada de biogás a partir da logística de dejetos, haja vista que além da menor atratividade do ponto de vista econômico, existem os aspectos associados a gestão e a legislação ambiental que requerem atenção.

A proposta de produção de biogás descentralizada configura-se nos resultados obtidos nesse trabalho como uma solução factível para o saneamento rural. Entretanto, por ser um modelo relativamente novo, faz-se necessário o monitoramento dos projetos existentes para identificar os principais gargalos do modelo, bem como a realização de trabalhos científicos de investigação visando a validação do conceito produção de biogás de forma condominial.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho constatou-se a necessidade de desenvolvimento dos aspectos normativos do biogás, que diga-se de passagem, ainda estão muito incipientes.

### 5.1 Considerações a Cerca dos Gargalos Científicos

O desenvolvimento deste estudo propiciou a identificação de alguns gargalos relacionados a investigação científica, especialmente aqueles relacionados a definição de dimensionamento ótimo para os sistemas e dispositivos de produção e aproveitamento energético do biogás.

Nesse contexto, recomenda-se os temas abaixo para o desenvolvimento de investigação científica:

- Dimensionamento de gasoduto telescópico para o meio rural;
- Sistemas de monitoramento para plantas de biogás;
- Dispositivos para aumentar a eficiência de biodigestores de pequeno porte;
- Conexão de pequenos produtores de energia na rede de distribuição;
- Resistência de materiais para utilização em projetos de biogás.

## 5.2 Considerações Técnicas

No que tange as questões técnicas é importante salientar que para realização de estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos de biogás, deve-se levar em consideração o custo com a operação dos projetos e/ou plantas, independente do cenário e arranjo energético proposto, pois esses custos impactam consideravelmente nos indicadores de viabilidade. Além disso, a alta do dólar também influencia no custo dos projetos, uma vez que grande parte dos materiais e equipamentos utilizados são importados.

O desenvolvimento de normativas e legislação específica para projetos de biogás são extremamente salutares para o desenvolvimento do biogás enquanto produto, em especial no meio rural, haja vista que os aspectos relacionados à segurança e saúde nem sempre são levados em consideração no momento da elaboração dos projetos.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. – Brasília: ANEEL, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.462: Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas - Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15358: Redes de distribuição para gases combustíveis em instalações comerciais e industriais – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2006.

AMORIM, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K.T. **Efeito da estação do ano sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24,2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n1/v24n01a03.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2014.

ANGONESE, A.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E. **Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662006000300030&l](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000300030&l). Acesso em: 23 jul. 2014.

AVACI, Angelica. B. SOUZA, Samuel N. M.; CHAVES, Luiz I; Carlos E. NOGUEIRA. C. NIEDZIALKOSKI, Rosana K; SECCO, Deonir. **Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.4, p.456–462, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013000400015&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000400015&lang=pt). Acesso em: 23 jul. 2014

BARICHELLO, R. **Pequeno Condomínio de agroenergia a partir do biogás proveniente do tratamento de dejetos suínos**: Um estudo de caso no município de Tucunduva-RS. In: Instituto Ideal. (Org.). *Eco\_Lógicas* Conhecimento, Sustentabilidade e Integração. 1ed.Florianópolis-SC: Quorum Comunicação, 2012, v. 1, p. 137-156.

BELLI FILHO, Paulo; CASTILHO JUNIOR, Armando. B. COSTA, Rejane. H. R. SOARES, Sebastião. R; PERDOMO, Carlos. C. **Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.166-170, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v5n1/v5n1a32.pdf>. Acesso em: 23 jul., 2014.

BLEY JR. et al. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais/Maurício Galinkin, editor. - Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009.

BONTURI, Guilherme de L; VAN DIJK, Michel. **Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais**. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 8, n. 2, Campinas. 2012. Disponível em:

<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/338/266>. Acesso em: 27 jan. 2015.

BROWN, B. B.; YRIDOE, E. K.; GORDON, R. **Impact of single versus multiple policy options on the economic feasibility of biogas energy production: Swine and dairy operations in Nova Scotia**. Energy Policy, Nova Scotia, v. 35, p. 4597-4610, 2007.

BRUNETTI, FRANCO. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. Ver. \_ São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

CADIS, Patricia; HENKES, Jairo A. **Gestão ambiental na suinocultura : sistema de tratamento de resíduos líquidos por unidade de compostagem**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. v. 3, n. 1, p. 115-150, Florianópolis, 2014. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/2222/1585](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2222/1585). Acesso em: 20 jan. 2015.

CAMPOS, Claudio. M. M; CARMO, Fernanda. R; BOTELHO, Claudio. G; COSTA, Claudionor. A. **Desenvolvimento E Operação de Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (Uasb) no Tratamento dos Efluentes da Suinocultura em Escala Laboratorial**. Revista de Ciência e agrotecnologia. vol.30, no.1, Lavras, Jan./Feb.2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542006000100020&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542006000100020&script=sci_arttext). Acesso em: 23 jul. 2014.

CASSINI, SÉRVIO TÚLIO. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, 210 p. Il. Projeto PROSAB.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos "aterros sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/releaseaterro.pdf>. Acesso em 24 de julho de 2014.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Nota Técnica VII. CENBIO, (2001). Disponível em: [www.cenbio.com.br](http://www.cenbio.com.br). Acesso em: 06 ago. 2014.

COELHO, SUANI TEIXEIRA; VELÁSQUEZ, SÍLVIA MARIA STORTINI GONZÁLEZ; SILVA, ORLANDO CRISTIANO; PECORA, VANESSA; ABREU, FERNANDO CASTRO. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto**. In: Congresso Brasileiro de Energia, 11, 2006, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: PIPGE, 2006. 5p.

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense**. Corumbá, MS: Embrapa, 1981. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT09.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2014.

COSTA, D.F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CUNHA, L. **Uso do biodigestor para tratamento de dejetos suínos**. 2007. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93209>. Acesso em: 22 jul. 2014.

DAL MAGO, A. **Avaliação de biodigestores com o uso de dejetos de suínos, em Braço do Norte e em Concórdia.** 152 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93209>. Acesso em: 22 jul. 2014.

DIAS, M. I. A et al. **Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da Suinocultura, em substituição a fontes externas de energia.** Botucatu, vol. 28, n.3, p.155-164, julho-setembro, 2013.

DUARTE, Neto. E. D; ALVARENGA, Henrique. L; Costa, Lilian. M; Nascimento, Paulo. H; Silveira, Rafael. Z; Leite , Leonardo. H. M. **Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descontínua** . Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Belo Horizonte, MG . Rev. E-Xacta. Vol. 3. N°2 (2010).

EDWIGES, Thiago. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2012. **Avaliação do potencial de aproveitamento térmico do metano a partir de dejetos suínos na microbacia hidrográfica do Rio Marreco, oeste do Paraná.** Professor Orientador Dr. Armin Feiden.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A Suinocultura e a Questão Ambiental.** Concórdia: Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPSA), 2002.

ESPERANCINI, Maura S. T; COLEN, Fernando; BUENO, Osmar de C; PIMENTEL, Andréa E. B; SIMON, Elias J. **Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo.** Revista de Engenharia. Agrícola. vol.27 no.1, Jaboticabal Jan./Apr. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000100004&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000100004&lng=en). Acesso em: 23 jul. 2014.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/glossario/glossario.asp?filtro=B>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

GAS TECHNOLOGY INSTITUTE – GTI. **Technology investigation, assessment, and analysis.** 2009. Disponível em: <[http://www.gastechnology.org/media.godashboard.com/gti/1ResearchCap/Infrastructure/Pipeline\\_Quality\\_Biomethane\\_FINAL\\_TASK\\_1\\_REPORT2.pdf](http://www.gastechnology.org/media.godashboard.com/gti/1ResearchCap/Infrastructure/Pipeline_Quality_Biomethane_FINAL_TASK_1_REPORT2.pdf)>. Acesso em: <20 ago. 2012>

GEORGE, Barbosa; LANGER , Marcelo. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental.** Rev. Unoesc & Ciência – ACSA, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, jan./jun. 2011.

GERARDI, Michael H. **The microbiology of anaerobic digesters** . 2003 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

GITMAN, Lawrence Jeffrey. **Princípios da Administração Financeira.** 10º Ed. Tradução Técnica Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo, 2004.

GODOY JÚNIOR, E. ; CAMARGO, J. R. ; CASSULA, A.M. ; PAULILLO, G. ; TRINDADE, E. M.; ANDRADE, F. L. **Dimensionamento de Biogasodutos para Uso Energético e Saneamento Ambiental do Biogás.** In: IX Congresso Latino-Americano Generación y

Transporte de Energía Eléctrica, 2011, Mar Del Plata - Argentina. IX Congreso Latino-Americano Generación y Transporte de Energía Eléctrica, 2011.

GONZÁLEZ, CARLOS. D; Arrieta, Andrés. A; Suárez, José. L. **COMPARISON OF COMBUSTION PROPERTIES OF SIMULATED BIOGAS AND METHANE**. C.T.F Cienc. Tecnol. Vol.3, no.5. Bucaramanga. Jan./Dez de 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53832009000100014&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832009000100014&lang=pt)>. Acesso em 24 de julho de 2014.

GROPPELLI, A. A. NIKBAKHT, EHSAN. **Administração Financeira**. Tradução Célio Knipel Moreira. 2Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

HENGEVELD, E. J. **When does decentralized production of biogas and centralized upgrading and injection into the natural gas grid make sense?**. Biomass and Bioenergy, V. 67, P. 363 e 371.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410753&search=parana|entr-e-rios-do-oeste>>. Acesso em 12 de Mar. 2014.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha. M; OLIVEIRA, Paulo. A. **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8663/4852>. Acesso em: 23 jul. 2014.

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. **Uso de Biodigestores para Tratamento de Resíduos Animais**. Embrapa Suínos e Aves, 2008.

MARI, A. G. ; LUCIO, L. T. ; MULLER, R. . **Definição de valores de referência para a implantação de gasodutos rurais para biogás**. In: IV Congresso de Engenharia Ambiental e Agronomia, 2012, Foz do Iguaçu. Anais do IV Congresso de Engenharia Ambiental e Agronomia. Foz do Iguaçu: Faculdade Dinâmica das Cataratas - UDC, 2012. p. 66-66.

MENEZES, Ederson. L; PINTO, Danilo. P. **Fontes de energia alternativa no Brasil**. Artigo Científico, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora /MG, 200.

MONTOYA, JUAN P. G.; MADERO, KAREN P. C.; GALEANO, Layrissier I.; ARRIETA, Andrés A. A. **Effect of biogas enriched with hydrogen on the operation and performance of a diesel-biogas dual engine**. v. 5, n. 2, p.61-72, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v5n2/v5n2a05.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

NATIONAL PETROLEUM COUNCIL – NPC. **Renewable natural gas for transportation**. 2012. Disponível em: <[http://www.npc.org/FTF\\_Topic\\_papers/26RNG.pdf](http://www.npc.org/FTF_Topic_papers/26RNG.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2012.

NETO, Ely. DIAS. Duarte., *et al.* **Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descostinua**. Revista e-Xacta. Vol. 3 N.º 2 (2010) ISSN: 1984-3151.

OLIVEIRA, M. M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 33 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

OKAMURA, Layssa A. **Avaliação e melhoria do poder calorífico de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/637/1/CT\\_PPGCTA\\_M\\_Okamura,%20Layssa%20Aline\\_2013.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/637/1/CT_PPGCTA_M_Okamura,%20Layssa%20Aline_2013.pdf). Acesso em: 28 jan. 2015.

ORRICO JUNIOR, Marco. A. P.; ORRICO, Ana. C. A.; LUCAS JUNIOR, Jorge; SAMPAIO, Alexandre. A. M.; FERNANDES, Alexandre. R. M.; OLIVEIRA, Emanuel. A. **Biodigestão anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta**. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.41, n.6, p.1533-1538, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v41n6/30.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2014.

ORRICO, Ana. C. A.; LUCAS JUNIOR, Jorge; ORRICO JUNIOR, Marco. A. P. A. **Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.3, p.639-647, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a06v27n3>. Acesso em: 22 jul. 2014.

PEREIRA, S. M.; LOBO, D. S.; WEIMAR FREIRE DA ROCHA JR. W. F. **Custos e análise de investimento para transporte de dejetos suínos com posterior geração de bioenergia no município de Toledo-PR**. *Custos e @gronegocio on line* - v. 5, n. 2 - Mai/Ago - 2009. ISSN 1808-2882.

PEREIRA, Benedito D.; MAIA, João, C. de S.; CAMILOT, Rosalina. **Eficiência técnica na suinocultura: efeitos dos gastos com meio ambiente e da renúncia fiscal**. *Rev. Bras. Engenharia Agrícola e Ambiental*. vol.12 no.2 Campina Grande Mar./Apr. 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662008000200013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662008000200013&script=sci_arttext). Acesso em: 22 jul. 2014.

PEREIRA, Gilberto. **VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM BIODIGESTOR EM PROPRIEDADES RURAIS**. *Revista RACI*, do Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai – IDEAU. Vol.6, n.12. Janeiro a Junho de 2011. Disponível em: <[http://www.ideau.com.br/bage/upload/artigos/art\\_158.pdf](http://www.ideau.com.br/bage/upload/artigos/art_158.pdf)>. Acesso em 24 de julho de 2014.

POPPE, M. K.; ROVERE, E. L. *Cadernos NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – Mudança do Clima* - vol. 2. Brasília, Fevereiro de 2005.

PRADO, M. A. C.; CAMPOS, C. M. M.; SILVA, J. F. **Estudo da variação da concentração de metano no biogás produzido a partir de águas residuárias do café**. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 2, Lavras. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542010000200029](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000200029). Acesso em: 27 jan. 2015.

RICARDO, Célio M. **Avaliação econômica de biodigestor de fluxo tubular, com sistema de recirculação, no tratamento de dejetos de suínos**. 72 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: Acesso em: 27 jan. 2015.

ROYA, Bruno; FREITAS, Eduardo; BARROS, Evandro; ANDRADE, Fábio; PRAGANA, Michael; SILVA, Djalma. J. A. **Biogás – Uma energia limpa**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, ano 2011, v. 13, n. 13, p. 142–149. Disponível em: <[http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/13/artigos/12\\_BunoRoya\\_Biogas\\_Prof\\_Djalma\\_VF.pdf](http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/13/artigos/12_BunoRoya_Biogas_Prof_Djalma_VF.pdf)>. Acesso em 24 de julho de 2014.

SALOMON, Karina Ribeiro. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. Tese (Doutorado) apresentada à Universidade Federal de Itajubá (MG), 2007. 219 p.

SANTOS, Henrique L. da S. **Uso de diferentes substratos na compostagem de resíduos de suínos**. 107 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppgca/dissertacoes/2013/henrique-luis.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SANTOS, Tania. M. B.; LUCAS JÚNIOR, Jorge. **Balço energético em galpão de frangos de corte**. *Revista de Engenharia Agrícola*. vol.24 no.1 Jaboticabal Jan./Apr.2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162004000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162004000100004&script=sci_arttext). Acesso em 29 mar. 2014.

SCHNURER, A; JARVIS, Å. (2009). *Microbiological handbook for biogas plants*. Swedish Gas Centre report 207; Rev dec 2010.

SCHUCH, Sérgio Luís, M. **Condomínio de agroenergia: Potencial de disseminação na atividade agropecuária**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2012. Disponível em: [http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia\\_agricultura/pdf/Dissertacao\\_Sergio\\_Schuch.pdf](http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia_agricultura/pdf/Dissertacao_Sergio_Schuch.pdf). Acesso em: 22 jul. 2014.

SILVA, Christian. L; RABELO, Josélia. M. O; RAMAZZOTTE, Vlândia. C; BOLLAMANN, Harry. A. **A cadeia do biogás e a sustentabilidade local: uma análise socioeconômica ambiental da energia de resíduos sólidos urbanos do aterro da Caximba em Curitiba**. *Rev. Innovar*. Vol. 19, no. 34. Maio a Agos. De 2009. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/lucianorossi/arquivos/view.pdf>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

VANOLLI, Kleber. **Demandas Administrativas em Projetos de Biogás**. Apostila do Curso de Atualização em Energias do Biogás – EAD. Fundação Parque Tecnológico de Itaipu, 2011.

VANZIN, EMERSON. **Procedimento para Análise da Viabilidade Econômica do uso do Biogás de Aterros Sanitários para Geração de Energia Elétrica: Aplicação no Aterro Santa Tecla**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) apresentada à Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006. 93 p.

VELOSO E SILVA, Cláudio A. B. **Limpeza e purificação de biogás**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 2009. Disponível em: [https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/263/1/msc\\_cabvsilva.pdf](https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/263/1/msc_cabvsilva.pdf) . Acesso em: 28 jan. 2015.

ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano. M; PESSATO, Camila. B. **Viabilidade econômico-financeira de implantação de biodigestor:** uma alternativa para reduzir os impactos ambientais causados pela suinocultura. Revista de Custos e Agronegocio, v. 6, n. 1 - Jan/Abr - 2010. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v6/Biodigestor.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2014.

## ANEXO I – FORMULÁRIO DE CAMPO

Município / Cadastro – Bovinocultura e Suinocultura Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

- 1) Ponto: \_\_\_\_\_ 2) Nome do Produtor: \_\_\_\_\_  
 3) Fone: \_\_\_\_\_ 4) Integrado  S/N Qual? \_\_\_\_\_ 5) Particular  S/N  
 6) Lote Rural: \_\_\_\_\_ 7) Área: \_\_\_\_\_ alq / há / m<sup>2</sup> 8) Linha Rural: \_\_\_\_\_  
 9) Corpo Receptor: \_\_\_\_\_

### LICENCIAMENTO AMBIENTAL

- 10) LP  LI  LO  Pretende Fazer?  S/N Quando? \_\_\_\_\_

SISTEMA DE CRIAÇÃO ATUAL	ATUAL				FUTURO	OUTROS ANIMAIS
	Qtde.	Confinamento (h)	Peso (kg)	Período Seco	Qtde.	Qtde.
Bezerros/Novilhas						Aves:
Vacas						Ovinos:
Touros						Caprinos:
Bovinos de Corte						Outros:

SISTEMA DE CRIAÇÃO ATUAL	ATUAL				FUTURO	Duração de Lotes	Peso Médio	Lotes/ano
	UPL	Ciclo Completo	Crechário c/ terminação	Terminação				
Maternidade			-	-				
Creche				-				
Terminação	-							
Matrizes			-	-				
Reprodutores			-	-				

### MÉTODO DE LIMPEZA DA POCILGA

- 11)  Raspagem / Periodicidade \_\_\_\_\_ dias  Lavagem / Periodicidade \_\_\_\_\_ dias  
 12) Esterqueira?  S/N 13) Biodigestor?  S/N 14) Há quanto tempo? \_\_\_\_\_  
 15) Impermeabilização?  S/N 16) Comprimento: \_\_\_\_\_ m Largura: \_\_\_\_\_ m Profundidade: \_\_\_\_\_ m  
 17) Utiliza o dejetos gerado?  S/N Onde? \_\_\_\_\_  
 18) Há excedentes?  S/N O que faz? \_\_\_\_\_  
 19) Destino de animais mortos: \_\_\_\_\_ 20) Coleta e transporte: \_\_\_\_\_  
 21) Qual o custo destes funcionários? \_\_\_\_\_

OBS: \_\_\_\_\_

## ANEXO II – CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES

<b>Nº Prop.</b>	<b>Sistema de Produção</b>	<b>Porte das Granjas</b>	<b>Plantel</b>	<b>Produção de Dejetos m<sup>3</sup>/dia</b>	<b>Produção de Biogás m<sup>3</sup>/dia</b>
1	Terminação	Médio	800	9,60	184,77
2	Terminação	Excepcional	5.000	54,13	1.039,31
3	UPL	Grande	2.000	10,00	115,04
4	Terminação	Médio	900	10,80	207,86
5	Terminação	Grande	920	8,04	308,33
6	Terminação	Médio	750	6,00	219,41
7	Terminação	Médio	630	2,49	115,48
8	Terminação	Médio	1.000	9,00	154,74
9	Terminação	Médio	1.450	14,40	230,96
10	Terminação	Médio	870	7,44	193,44
11	Terminação	Médio	1.970	20,67	277,15
12	Terminação	Médio	1.200	14,40	277,15
13	Terminação	Médio	1.050	9,60	166,29
14	Terminação	Grande	1.080	10,47	346,44
15	Terminação	Médio	1.550	15,60	120,10
16	Terminação	Médio	850	7,20	58,78
17	Terminação	Médio	800	9,60	185,32
18	Terminação	Médio	1.250	12,00	277,15
19	Terminação	Médio	620	7,44	143,19
20	Terminação	Médio	750	9,00	173,22
21	CRECHE	Médio	3.750	4,20	179,73
22	Ciclo completo	Pequeno	216	2,08	34,17
23	Terminação	Médio	1.290	11,10	138,57
24	Terminação	Médio	1.750	18,00	131,65
25	Terminação	Médio	2.250	24,00	122,41
26	Terminação	Médio	800	9,60	184,77
27	Terminação	Grande	560	3,72	303,66
28	Terminação	Médio	880	7,56	143,19
29	Terminação	Pequeno	450	5,40	103,93

## Continuação do Anexo II.

30	Terminação	Médio	1.600	12,84	92,38
31	Terminação	Médio	780	6,36	173,22
32	Terminação	Grande	1.600	19,20	369,53
33	Ciclo Completo	Grande	1.675	14,92	250,23
34	Terminação	Médio	1.050	9,60	234,30
35	Ciclo Completo	Médio	748	7,20	123,52
36	Terminação	Grande	1.500	7,80	692,87
37	UPL	Grande	650	4,80	191,72
38	Terminação	Médio	1.950	14,50	189,39
39	Terminação	Médio	1.250	12,00	112,01
40	UPL	Grande	1.450	14,40	158,60
41	Terminação	Médio	1.300	12,60	242,51
42	Terminação	Grande	820	6,84	323,34
43	Terminação	Médio	1.300	15,60	303,54
44	Terminação	Médio	990	8,88	74,12
45	Terminação	Grande	1.650	16,80	351,06
46	Terminação	Médio	1.550	15,60	219,41
47	Terminação	Médio	1.152	10,82	69,29
48	UPL	Grande	770	6,24	127,27
49	Terminação	Médio	1.585	16,02	115,48
50	Terminação	Médio	600	7,20	142,97
51	UPL	Médio	1.850	19,20	29,60
52	Terminação	Grande	870	7,44	143,19
53	Terminação	Médio	1.500	18,00	346,44
54	Crechário	Médio	6.000	7,20	287,05
55	UPL	Excepcional	2.953	20,20	258,55
56	Terminação	Médio	1.450	14,40	277,15
57	Terminação	Médio	1.450	14,40	150,12
58	Terminação	Médio	2.850	15,62	208,32
59	Terminação	Médio	1.000	9,00	230,93
60	Terminação	Médio	1.070	9,84	97,00
61	Terminação	Médio	800	9,60	184,77

## Continuação do Anexo II.

62	Terminação	Pequeno	340	4,08	78,53
63	Terminação	Médio	870	7,44	145,50
64	UPL	Médio	1.285	11,52	128,81
65	Terminação	Médio	1.000	12,00	232,50
66	Terminação	Médio	735	5,82	163,50
67	UPL	Grande	4.204	17,49	245,22
68	Terminação	Médio	750	6,00	277,15
69	Terminação	Médio	900	7,80	71,60
70	Terminação	Grande	970	8,64	300,25
71	Terminação	Pequeno	500	6,00	117,68
72	UPL	Médio	1.750	10,48	92,93
73	Terminação	Grande	1.770	18,24	369,53
74	Terminação	Grande	3.250	36,00	300,25
75	Terminação	Médio	1.000	10,34	198,62
76	Terminação	Excepcional	3.900	37,04	429,81
77	Ciclo Completo	Grande	1.931	18,70	325,34
78	Terminação	Médio	2.150	22,80	173,22
79	UPL	Excepcional	3.548	17,74	233,60
80	Terminação	Médio	1.200	11,40	184,77
81	UPL	Médio	1.750	18,00	170,91
82	Terminação	Médio	920	5,07	170,91
83	Terminação	Médio	1.450	14,40	115,48
84	Terminação	Grande	750	6,00	346,44
85	CC	Pequena	550	3,60	96,74
86	Terminação	Médio	1.030	5,46	96,74
87	Terminação	Médio	540	6,48	124,72
88	Terminação	Médio	1.200	11,40	277,15
89	UPL	Grande	980	7,86	137,55
90	Terminação	Médio	670	5,04	143,19
91	Terminação	Grande	3.850	4,32	461,92
92	CRECHE	Médio	1.250	12,00	172,23
93	UPL	Médio	600	5,69	60,74
<b>Total</b>			<b>132.742,00</b>	<b>1.093,50</b>	<b>19.349,62</b>

**ANEXO III - VOLUMES E CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE  
BIODIGESTORES E LAGOAS**

<b>Nº Prop.</b>	<b>Volume do Biodigestor m³</b>	<b>Volume da Lagoa m³</b>	<b>Custo Biodigestor R\$</b>	<b>Custo Lagoa R\$</b>
1	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
2	1600	1600	R\$ 120.500,00	R\$ 31.500,00
3	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
4	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
5	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
6	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
7	100	100	R\$ 35.750,00	R\$ 5.380,00
8	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
9	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
10	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
11	600	600	R\$ 68.900,00	R\$ 14.950,00
12	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
13	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
14	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
15	500	500	R\$ 64.120,00	R\$ 13.600,00
16	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
17	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
18	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
19	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
20	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
21	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
22	100	100	R\$ 35.750,00	R\$ 5.380,00
23	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
24	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
25	700	700	R\$ 75.550,00	R\$ 16.160,00
26	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
27	100	100	R\$ 35.750,00	R\$ 5.380,00
28	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
29	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00

## Continuação do Anexo III.

---

30	400	400	R\$ 56.500,00	R\$ 11.670,00
31	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
32	600	600	R\$ 68.900,00	R\$ 14.950,00
33	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
34	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
35	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
36	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
37	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
38	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
39	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
40	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
41	400	400	R\$ 56.500,00	R\$ 11.670,00
42	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
43	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
44	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
45	500	500	R\$ 64.120,00	R\$ 13.600,00
46	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
47	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
48	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
49	500	500	R\$ 64.120,00	R\$ 13.600,00
50	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
51	600	600	R\$ 68.900,00	R\$ 14.950,00
52	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
53	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
54	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
55	600	600	R\$ 68.900,00	R\$ 14.950,00
56	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
57	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
58	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
59	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
60	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
61	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00

---

## Continuação do Anexo III.

62	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
63	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
64	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
65	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
66	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
67	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
68	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
69	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
70	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
71	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
72	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
73	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
74	1000	1000	R\$ 89.300,00	R\$ 20.070,00
75	300	300	R\$ 48.100,00	R\$ 10.000,00
76	1100	1100	R\$ 95.100,00	R\$ 22.200,00
77	600	600	R\$ 68.900,00	R\$ 14.950,00
78	700	700	R\$ 75.550,00	R\$ 16.160,00
79	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
80	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
81	550	550	R\$ 66.500,00	R\$ 14.100,00
82	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
83	450	450	R\$ 60.100,00	R\$ 12.400,00
84	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
85	100	100	R\$ 35.750,00	R\$ 5.380,00
86	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
87	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
88	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
89	250	250	R\$ 47.500,00	R\$ 8.900,00
90	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
91	150	150	R\$ 39.750,00	R\$ 6.500,00
92	350	350	R\$ 52.700,00	R\$ 10.800,00
93	200	200	R\$ 42.500,00	R\$ 7.800,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 4.947.610,00</b>	<b>R\$ 995.900,00</b>

## ANEXO IV – DESPESAS COM RECURSOS HUMANOS

## Folha de Pagamento - Cenário 1

<b>Cargo</b>	<b>QTDE</b>	<b>Remuneração Mensal</b>	<b>Impostos e Tributos</b>	<b>Remuneração Anual</b>
Leiturista	2	R\$ 1.500,00	R\$ 1.200,00	R\$ 64.800,00
Técnico em Manutenção	2	R\$ 1.500,00	R\$ 1.200,00	R\$ 64.800,00
Recepcionista	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.120,00	R\$ 30.240,00
Auxiliar Administrativo	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.120,00	R\$ 30.240,00
Administrado	1	R\$ 2.000,00	R\$ 1.600,00	R\$ 43.200,00
Estagiário	1	R\$ 800,00	R\$ 640,00	R\$ 17.280,00
Zeladora	1	R\$ 1.200,00	R\$ 960,00	R\$ 25.920,00
Engenheiro Ambiental	1	R\$ 7.092,00	R\$ 5.673,60	R\$ 153.187,20
Engenheiro Civil	1	R\$ 7.092,00	R\$ 5.673,60	R\$ 153.187,20
Gerente	1	R\$ 10.000,00	R\$ 8.000,00	R\$ 216.000,00
<b>Total</b>	12	R\$ 33.984,00	R\$ 27.187,20	R\$ 798.854,40

## Folha de Pagamento - Cenário 2

<b>Cargo</b>	<b>QTDE</b>	<b>Remuneração Mensal</b>	<b>Impostos e Tributos</b>	<b>Remuneração Anual</b>
Leiturista	2	R\$ 1.500,00	R\$ 1.200,00	R\$ 64.800,00
Técnico em Manutenção	2	R\$ 1.500,00	R\$ 1.200,00	R\$ 64.800,00
Recepcionista	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.120,00	R\$ 30.240,00
Motoristas	23	R\$ 1.800,00	R\$ 1.440,00	R\$ 894.240,00
Auxiliar Administrativo	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.120,00	R\$ 30.240,00
Administrado	1	R\$ 2.000,00	R\$ 1.600,00	R\$ 43.200,00
Estagiário	1	R\$ 800,00	R\$ 640,00	R\$ 17.280,00
Zeladora	1	R\$ 1.200,00	R\$ 960,00	R\$ 25.920,00
Engenheiro Ambiental	1	R\$ 7.092,00	R\$ 5.673,60	R\$ 153.187,20
Engenheiro Civil	1	R\$ 7.092,00	R\$ 5.673,60	R\$ 153.187,20
Gerente	1	R\$ 10.000,00	R\$ 8.000,00	R\$ 216.000,00
<b>Total</b>	35	R\$ 35.784,00	R\$ 28.627,20	R\$ 1.693.094,40