

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS MEDIANEIRA**

**NYARA CHANDOHA CAMILO**

**SUINOCULTURA E O POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS NO  
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS  
PPGTAMB**

**MEDIANEIRA  
2017**

**NYARA CHANDOHA CAMILO**

**SUINOCULTURA E O POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS NO  
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - PPGTAMB - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR, Câmpus Medianeira.

Nyara Chandoha Camilo

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mucelin

**MEDIANEIRA  
2017**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

**C183s**

CAMILO, Nyara Chandoha

Suinocultura e o potencial energético do biogás no município de São Miguel do Iguaçu-PR/ Nyara Chandoha Camilo – 2017.

79 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa . Dra. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mucelin.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Medianeira, 2017.

Inclui bibliografias.

1. Biomassa. 2. Metano. 3. Geração Distribuída 4. Tecnologias Ambientais- Dissertações. I. Gomes, Elaine Rodrigues dos Santos. orient. II. Mucelin, Carlos Alberto. coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambientais. V. Título.

CDD: 600

Biblioteca Câmpus Medianeira  
Fernanda Cristina Gazolla Bem dos Santos 9/1735



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **SUINOCULTURA E O POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR**

Por

**NYARA CHANDOHA CAMILO**

Essa dissertação foi apresentada às nove horas, do dia dezoito de agosto de dois mil e sete, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais, Linha de Pesquisa Tecnologias de Tratamento e Valorização de Resíduos, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes (Orientadora – PPGTAMB)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Mucelin (Coorientador – PPGTAMB)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dangela Maria Fernandes (Membro Interno – UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Janine Padilha Botton (Membro Externo – UNILA)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa**

## AGRADECIMENTOS

O primeiro e mais importante agradecimento, sem dúvidas, pertence a Deus, o Criador de todas as coisas e meu Pai Celestial, que, desde o início, até estes momentos finais, esteve ao meu lado, dando forças para que eu conseguisse finalizar com toda a dedicação e excelência possíveis este trabalho.

Agradeço, sem palavras suficientes para expressar o tamanho da minha gratidão, aos meus pais, por acreditarem em mim e investirem no meu futuro como pessoa e profissional.

Ao meu marido, Christopher, por todo suporte e amor incondicional.

À toda a minha família, por torcerem por mim e me ajudarem nessa caminhada.

À minha família espiritual, pelas orações e estímulo para concluir de forma satisfatória todas as etapas desta pesquisa.

À minha querida e dedicada orientadora, Prof<sup>a</sup>. Eliane, que não mediu esforços para me guiar em todo o processo. Sem você, com certeza, tudo seria muito mais difícil.

Ao meu estimado e excelente Coorientador, Prof. Carlos, com o qual aprendi muito e sempre se demonstrou pronto para me apoiar e compartilhar de sua vasta experiência.

A todos os professores da UTFPR que, de alguma forma, ajudaram-me no enriquecimento do meu trabalho, em especial, ao Prof. Laércio e à Prof<sup>a</sup>. Dângela.

Aos meus colegas de turma e, especialmente, à Alessandra, à Ionara, ao Leonardo e à Nathieli, por sua amizade e suporte, que fizeram toda a diferença e ficarão na minha memória por toda a vida.

Ao Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás), e ao Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), pela capacitação e norteamto técnicos.

Às Cooperativas, à Associação Municipal de Suinocultores de São Miguel do Iguaçu e a todos os produtores de suínos entrevistados, que, com muita boa vontade, prestaram apoio para esta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, ajudaram na concretização deste trabalho.

## RESUMO

CAMILO, Nyara Chandoha. **Suinocultura e o potencial energético do biogás no município de São Miguel do Iguçu – PR**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

A região Oeste paranaense possui expressiva produção de suínos e, conseqüentemente, de dejetos que provém desses animais. A biomassa de suinocultura apresenta considerável potencial para a produção de biogás, que pode ser transformado em energia. Este trabalho teve como objetivo caracterizar e determinar o potencial energético de biogás a partir da biomassa da suinocultura no município de São Miguel do Iguçu –PR. Vinte e cinco suinoculturas foram selecionadas com base em imagens georreferenciadas, onde aplicou-se um questionário semiestruturado por meio de visitas *in loco*. As propriedades foram caracterizadas com relação ao sistema de produção, tamanho e sistema de manejo, e determinou-se o perfil do produtor, além de sua percepção com relação à importância da suinocultura e do biogás. O potencial de produção média de biogás e o potencial energético foram calculados com base em duas metodologias, Hashimoto, Chen e Varel (1981) e IPCC (2006), e comparou-se os valores obtidos. Com base nos resultados, selecionou-se a metodologia de Hashimoto, Chen e Varel (1981) para os cálculos de potencial energético. Os dados coletados e os resultados dos cálculos sugerem que a região apresenta potencial de produção média de biogás-aproximada de 9.400 m<sup>3</sup>/dia e potencial energético de 46.385 kWh/dia. Tais valores podem ser considerados relevantes, para que seja investido em sistemas de biodigestão e geração de energia do biogás na localidade. Como perspectiva futura, face aos valores obtidos, visualiza-se que estudos para a implantação de sistemas condominiais de produção de biogás, ligados a uma microcentral termelétrica, poderão resultar em redução de custos de implantação e beneficiar a todos os envolvidos, bem como, o investimento de empresas privadas e, ou de órgãos governamentais poderá facilitar o acesso dos suinocultores a essa tecnologia.

**Palavras-chave:** Agroenergia. Metano. Geração distribuída.

## ABSTRACT

CAMILO, Nyara Chandoha. **Swine breeding and the energy potential of biogas in the municipality of São Miguel do Iguçu - PR.** 2017. 79 p. Dissertation (Master in Environmental Technologies). Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2017.

The West region of Paraná has an expressive production of swines and, consequently, of manure that comes from these animals. Swine biomass presents considerable potential for the production of biogas, which can be transformed into energy. This work had with objective to characterize and determine the energy potential of biogas from swine biomass in the city of São Miguel do Iguçu - Paraná - Brazil. Twenty-five swine farms was selected by geo-referenced images, where a semi-structured questionnaire was applied through in loco visits. The properties were characterized with respect to the production system, size and management system, and the profile of the producer was determined, as well as their perception regarding the importance of swine and biogas. The average biogas production potential and the energy potential were calculated based on two methodologies, Hashimoto, Chen and Varel (1981) and IPCC (2006), and the values obtained were compared. Based on the results, the methodology of Hashimoto, Chen and Varel (1981) was selected for energy potential calculations. The data collected and the results of the calculations suggest that the region has an average biogas production potential of approximately 9,400 m<sup>3</sup>/day and an energy potential of 46,385 kWh/day. Such values can be considered relevant, so that it is invested in biodigestion systems and biogas energy generation in the locality. As a future perspective, in view of the values obtained, it is envisaged that studies for the implementation of condominial biogas production systems, linked to a micro-thermal power plant, could result in reduction of implementation costs and benefit for all those involved, as well as investment of private companies and/or government agencies could facilitate the access of swine farmers to this technology.

**Keywords:** Agroenergy. Methane. Distributed generation.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Rebanho de suínos no Brasil e por grandes regiões.....	18
Tabela 2.2 – Rebanho de suínos no Paraná e região Oeste .....	20
Tabela 2.3 – Produção média de dejetos por diferentes categorias de suínos por animal.....	26
Tabela 2.4 – Composição média do biogás em diferentes sistemas de criação de suínos.....	33
Tabela 2.5: Potencial de produção de biogás e energético no Paraná e Brasil .....	34
Tabela 4.1 - Composição média do biogás produzido pelas propriedades entrevistadas .....	51
Tabela 4.2 – Esquema dos cinco números para a variável número de suínos total e por sistema de produção .....	52
Tabela 4.3 – Quantidade e volume total dos biodigestores instalados nas propriedades com sistema de biodigestão implantado .....	55
Tabela 4.4 – Comparação entre as metodologias de cálculo para valores de produção de biogás por animal .....	59
Tabela 4.5 – Esquema dos cinco números para a produção média de biogás (m <sup>3</sup> /dia) total e por sistema de produção .....	60
Tabela 4.6 – Esquema dos cinco números para o potencial energético (kWh) total e por sistema de produção .....	61
Tabela 4.7 - Potencial médio de produção de biogás e energético de 12 propriedades próximas como sugestão para condomínio de agroenergia .....	63
Tabela 4.8 - Potencial energético das propriedades que aplicam o biogás e das que não o aplicam energeticamente .....	64



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Oferta interna de energia elétrica por fonte.....	14
Figura 2.2 - Consumo de carnes no Brasil e no mundo. ....	18
Figura 2.3 - <i>Ranking</i> e variação anual dos abates de suínos por Unidade de Federação. ....	19
Figura 2.4 - Fluxograma da circulação dos animais no interior da suinocultura.....	23
Figura 2.5 - Fotografia de comedouro automático para suínos.....	25
Fonte: Autoria própria (2017). ....	25
Figura 2.6 - Fotografia de biodigestor canadense (ao fundo) e tanque de saída (à frente).....	29
Figura 2.7 - Ilustração do biodigestor modelo indiano.....	30
Figura 2.8 - Ilustração do biodigestor modelo chinês.....	31
Figura 2.9 - Sequências metabólicas e grupos de microrganismos da digestão anaeróbica.....	32
Figura 3.1 - Limites do município de São Miguel do Iguazu – Paraná. ....	35
Figura 3.2 - Demarcação dos pontos de localização aproximada das propriedades em São Miguel do Iguazu.....	37
Figura 3.3 - Processos básicos para transformação do biogás em energia.....	38
Figura 4.1 - Gráfico da distribuição da escolaridade dos entrevistados. ....	44
Figura 4.2 - Gráfico da distribuição das idades dos produtores entrevistados. ....	45
Figura 4.3 - Gráfico da distribuição dos sistemas de criação das propriedades pesquisadas, onde UT = unidade de terminação; UPL = unidade de produção de leitões e CC = unidade de ciclo completo. ....	46
Figura 4.4 - Gráfico referente às áreas das propriedades entrevistadas.....	47
Figura 4.5 – Gráfico do volume estimado de produção de dejetos por propriedade (m <sup>3</sup> /dia).....	53
Figura 4.6 – Gráfico do volume dimensionado dos biodigestores (m <sup>3</sup> ). ....	54
Figura 4.7 - Gráfico da comparação entre as produções médias de biogás (m <sup>3</sup> /dia) das duas metodologias aplicadas. ....	56
Figura 4.8 – Gráfico da relação entre os resultados obtidos nas duas metodologias aplicadas para estimativa de produção de biogás.....	57
Figura 4.9 - Gráfico da relação entre a produção de dejetos e a produção de biogás das duas metodologias aplicadas. ....	58

Figura 4.10 - Gráfico da relação entre o potencial médio de produção de biogás (m <sup>3</sup> /dia) e o potencial energético (kWh/dia) das propriedades entrevistadas.....	62
Figura 4.11 – Imagem que demonstra a possibilidade de implantação de condomínio de agroenergia, com a unificação de pequenas propriedades produtoras de biogás. .....	63

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 AS FONTES DE ENERGIA NO BRASIL .....	14
2.2 A SUINOCULTURA E SUAS CARACTERÍSTICAS .....	16
2.2.1 A agricultura familiar na suinocultura .....	16
2.1.1 Estatísticas da suinocultura brasileira .....	17
2.1.2 Sistema produtivo.....	20
2.1.3 Integração de suinocultores com a agroindústria .....	23
2.1.4 Sistema de manejo.....	25
2.3 O PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA.....	28
2.3.1 Biodigestores e suas particularidades .....	29
2.2.1. A produção de biogás.....	31
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	35
3.2. COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS .....	36
3.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.....	38
3.4 CÁLCULO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	38
3.5 CÁLCULO DO POTENCIAL ENERGÉTICO .....	42
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
4.1 PERFIL DO PRODUTOR.....	44
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES.....	46
4.2.1 Sistemas de criação .....	46
4.2.2 Tamanho das propriedades.....	47
4.2.3 Alimentação, dessedentação e manejo dos dejetos .....	48
4.2.4 Percepção com relação à importância da suinocultura e da utilização do biogás.....	49
4.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.....	50
4.4 ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS .....	52
4.4.1 Produção média de dejetos e dimensionamento de biodigestores .....	52
4.4.2 Produção média de biogás.....	56
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aplicação crescente da energia, desde o avanço da industrialização, tornou essencial a ampliação dos recursos energéticos. Esses são fundamentais para o processo de geração de energia, e podem ser classificados em não renováveis, com capacidade de regeneração em um processo extremamente lento, ou renováveis, que apresentam capacidade de reabastecimento.

Determinar, em um país ou região, quais são os recursos energéticos disponíveis, ou seja, a construção de sua matriz energética, consiste em uma etapa fundamental para a elaboração de um planejamento estratégico, com o objetivo de tornar eficiente o uso da energia. Nesse sentido, há a necessidade de buscar por fontes renováveis e que possam ser geradas e distribuídas de forma descentralizada, como a energia provinda de biomassa residual pressupõe uma possível solução.

A biomassa residual pode ser originada de restos de matéria orgânica, como, por exemplo, os dejetos de animais. O processo de decomposição destes resíduos dá origem ao biogás, que pode ser transformado em energia. De acordo com o processo aplicado, existe uma variação de aplicação dessa produção, que pode ser em energia elétrica, térmica ou, até mesmo, como combustível em veículos.

No Brasil, a suinocultura representa papel relevante, que se comprova pelo seu rebanho de cerca de, aproximadamente, 40 milhões de cabeças de suínos. A Região Sul se destaca com a representação de cerca de 50% do rebanho suíno do país (PPM, 2015) e, no estado do Paraná, a região Oeste é destaque com cerca de 60% do rebanho suíno do estado (IPARDES, 2015). Essa produção acentuada de suínos culmina em uma expressiva geração de dejetos oriundos destes animais, os quais, com o manejo adequado, representam uma alternativa econômica para a propriedade rural, com a geração de energia do biogás, além da produção de biofertilizante para ser aplicado nas lavouras.

O investimento na energia da biomassa consiste em um campo promissor no Brasil, que investe na busca por fontes renováveis de energia, e a agropecuária do país potencializa possibilidades para o biogás como alternativa para produção energética.

Apesar da existência de dados oficiais sobre as propriedades produtoras de suínos, é necessário um maior detalhamento de algumas particularidades destes

produtores, assim como de dados unificados com relação ao biogás como fonte alternativa de energia. Realizar a caracterização de unidades produtoras e identificar o potencial de produção de energia do biogás pode servir como suporte para a construção de uma ferramenta de gestão, para apoiar o planejamento energético na região, na busca pela diversificação e crescimento de energias renováveis na matriz energética do estado e do país.

O objetivo principal do trabalho foi caracterizar e determinar o potencial energético de biogás a partir da biomassa da suinocultura no município de São Miguel do Iguazu – PR

Como objetivos específicos, buscou-se:

- Traçar o perfil do produtor;
- Realizar a caracterização das propriedades, com relação ao sistema de produção, tamanho e sistema de manejo;
- Analisar a percepção dos suinocultores quanto à importância da suinocultura e do biogás;
- Estimar o potencial de produção de biogás e energético das propriedades amostradas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

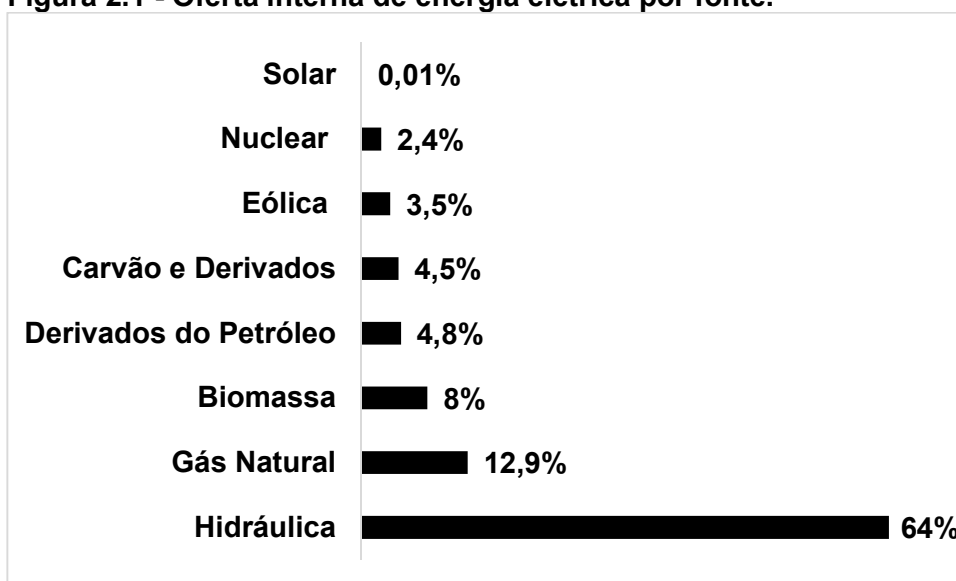
### 2.1 AS FONTES DE ENERGIA NO BRASIL

As ferramentas técnicas e práticas disponíveis para a geração de energia impulsionam a propagação e aplicação das fontes alternativas de energia com maior disponibilidade no Brasil, e comprovam que apenas a utilização de técnicas simples em seu emprego é satisfatória para solucionar dificuldades localizadas de energia ou aprimorar as instalações atualmente disponíveis (FARRET, 2014).

No Brasil, a oferta interna de energia, os derivados de petróleo se destacam com 37,3%. As fontes não renováveis representam 58,8% do total, enquanto, as renováveis, 41,2%. (EPE, 2016).

Com relação à geração de energia elétrica, a mesma é, principalmente, produzida por fonte hidráulica. De 2014 para 2015, houve redução da geração a partir de fontes não renováveis de energia, passando de 26,8% para 26%. A oferta interna brasileira de energia elétrica por fonte é ilustrada na Figura 2.1.

**Figura 2.1 - Oferta interna de energia elétrica por fonte.**



Fonte: EPE (2016).

Como observado na Figura 2.1, os amplos empreendimentos hidrelétricos são imprescindíveis para garantir o direito básico de acesso à energia no país, além de sustentar o desenvolvimento da economia (BLEY JÚNIOR, 2015).

A operação de um sistema cuja predominância é hidrelétrica deve ser integrada, pois há uma conexão hidráulica entre as usinas e é necessário buscar uma operação eficiente no sistema. O Sistema Interligado Nacional (SIN) consiste na rede interligada que atende a maior parte do Brasil. O órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no SIN consiste no Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), fiscalizado e regulamentado pela Aneel, que busca a otimização energética e a segurança elétrica (TOLMASQUIM, 2016).

A regulamentação da geração distribuída pela Aneel traz a possibilidade de associar e conectar ao sistema um grupo de micro e pequenos geradores (BLEY JÚNIOR, 2015). Tolmasquim (2016) afirma que a atual disposição de amplificação do sistema hidrelétrico, devido às dificuldades ambientais de regularização ligadas à construção de novos reservatórios, além da diminuição gradativa da relação estoque/mercado devido às sazonalidades ao longo do ano, torna necessária a complementação da produção de energia com outras fontes renováveis, como a eólica, solar e da biomassa.

A biomassa representa um recurso energético, e é categorizada pela biomassa florestal, biomassa energética agrícola, com as culturas agro energéticas e os resíduos e subprodutos das atividades de agricultura, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos (MME, 2007).

Os resíduos e efluentes e resíduos animais, além da carga orgânica, apresentam outros compostos orgânicos, nutrientes e minerais que, quando dispostos na natureza em seu estado bruto, causam impactos ambientais como resultado da liberação de altas cargas de carbono. Porém, essa biomassa residual mantém um potencial energético em seu ciclo, devido à digestão sempre incompleta (BLEY JÚNIOR, 2009).

A aplicação energética de resíduos da agricultura e da pecuária possibilita a introdução do conceito de Sistema Integrado de Produção de Alimentos e Energia (SIPEA), pois disponibiliza uma fonte de energia limpa, sustentável, com potencial econômico atrativo, e acrescenta valor às cadeias produtivas de base rural (TOLMASQUIM, 2016).

## 2.2 A SUINOCULTURA E SUAS CARACTERÍSTICAS

### 2.2.1 A agricultura familiar na suinocultura

A abordagem referente à agricultura familiar e suinocultura é apresentada com o propósito de caracterizar a produção de suínos que está vinculada à produção de biogás. Wanderley (2000) afirma que os locais onde a agricultura familiar predomina representam as áreas de maior intensidade da vida social de seu entorno, e este dinamismo depende, significativamente, de aspectos que incentivem a permanência no meio rural. Essa é uma das expectativas favoráveis da produção agropecuária local, que garanta renda adequada, e a existência de outras alternativas de empregos, no meio rural ou em cidades próximas. São alternativas de ocupação para alguns membros da família, ou, até mesmo, beneficiam a pluriatividade de outros.

A agricultura familiar está conectada ao trabalho com maiores abordagens sociais, tendo em vista o desenvolvimento rural de uma forma mais ampla, uma vez que as questões econômicas, comumente, não são consideradas como relevantes. A gestão e o trabalho são praticados pela família, e a produção pode ser destinada tanto para consumo próprio, quanto para comercialização (RAMOS, 2014).

Segundo a Lei 11.326/2006, o agricultor familiar e empreendedor familiar rural deve atender aos seguintes requisitos:

- I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; (Redação dada pela Lei nº 12.512, de 2011)
- IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

Guilhoto, Azzoni e Ichihara (2014) afirmam que a cooperação mútua entre pequenos produtores e o acesso à serviços agrícolas terceirizados, nos mercados locais, preenche a necessidade por tecnologia e diminui a diferença de rentabilidade que há entre os cultivos em pequena e larga escala, o que incentiva o desenvolvimento familiar.



Até os dias atuais, a suinocultura brasileira é baseada em uma atividade exercida, em sua maioria, de forma integrada à indústria, na qual os produtores independentes representam a parcela menor, ou seja, menos de 25% da produção total (PARANÁ, 2013). Motivo relevante para este fato é que, desde o início dos anos 2000, a atividade abriu consideráveis condições para a realização de produção intensiva em propriedades especializadas, o que favoreceu o crescimento da produtividade por matriz e ganhos maiores para os produtores com maior desenvolvimento tecnológico (IPARDES, 2002).

A relevância da suinocultura, na década de 90, podia ser determinada por meio da análise de seu mercado mundial, que sinalizava para um mercado no qual se tinha a carne mais consumida no mundo. Do mesmo modo, as novas oportunidades de agregação de valor aos produtos derivados devido a crescente industrialização, neste período, geravam novos empregos e acresciam as atividades econômicas (AMADOR, PEREIRA e WITTMANN, 1999).

Geralmente, as granjas voltadas aos grandes mercados internos ou externos caracterizam-se por um elevado grau de tecnificação e produtividade. Porém, em contraste, convive-se com outras que se destinam a um mercado regional e fragmentado, com rebanhos e áreas de criação variáveis, muitas com tecnologia mínima e carentes de práticas voltadas à qualidade, mas são fonte de renda de muitos trabalhadores (RACHED, 2009).

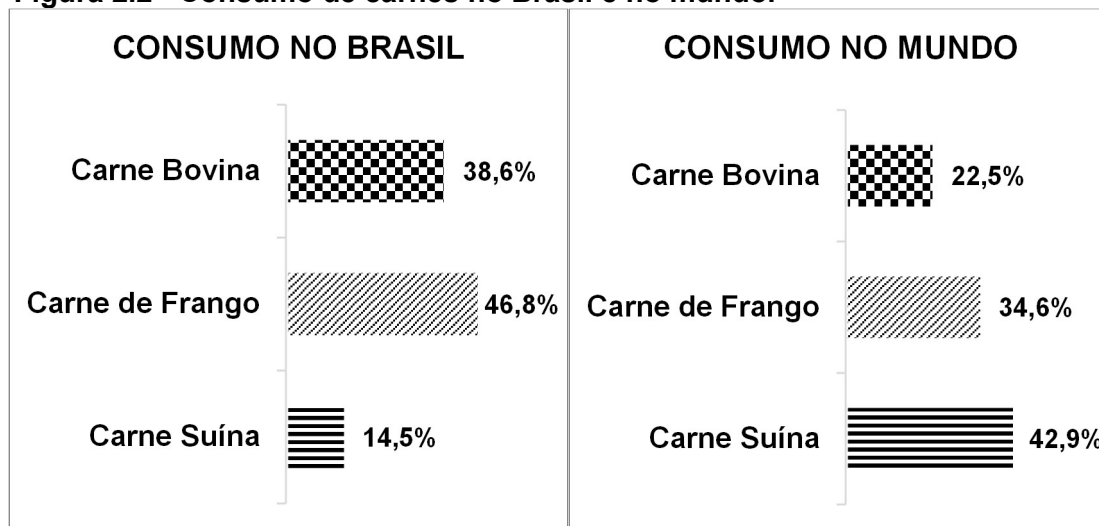
O sistema integrado de produção tornou viáveis financiamentos aos produtores, forneceu escala de comercialização às agroindústrias, promoveu a transferência de tecnologias, além de outras vantagens para a cadeia produtiva da suinocultura. Isso fez com que regiões do sul do Brasil fossem desenvolvidas, e, mais recentemente, o centro-oeste, devido ao deslocamento de indústrias para novos centros produtores de grãos (ALLEGRETTI; SCHMIDT; MACHADO, 2014).

### 2.1.1 Estatísticas da suinocultura brasileira

No Brasil, o consumo *per capita* de carne suína demonstra significativo aumento nos últimos anos, além do país representar um dos maiores exportadores

dessa *commodity* (GASTARDELO; MELZ, 2014). O consumo de carnes no Brasil e no mundo é ilustrado na Figura 2.2.

**Figura 2.2 - Consumo de carnes no Brasil e no mundo.**



Fonte: Adaptado de DEPEC (2017).

Pode-se observar na Figura 2.2 que, diferente do cenário mundial, a carne suína não representa a mais consumida no Brasil e em uma porcentagem significativamente menor. Conforme Marçal et al. (2016), justifica-se esse fato devido à diferentes fatores, como os menores custos da atividade de engorda dos bovinos e o preço reduzido das aves comercializadas em diferentes canais de distribuição, comparado ao preço da carne suína. Porém, a suinocultura industrial passa por constantes evoluções, como no melhoramento do padrão de produção por meio de pesquisas relacionadas ao aprimoramento genético, no avanço das técnicas de reprodução e no manejo sanitário e nutricional dos animais.

O rebanho de suínos no Brasil e nas grandes regiões do país é apresentado na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 – Rebanho de suínos no Brasil e por grandes regiões**

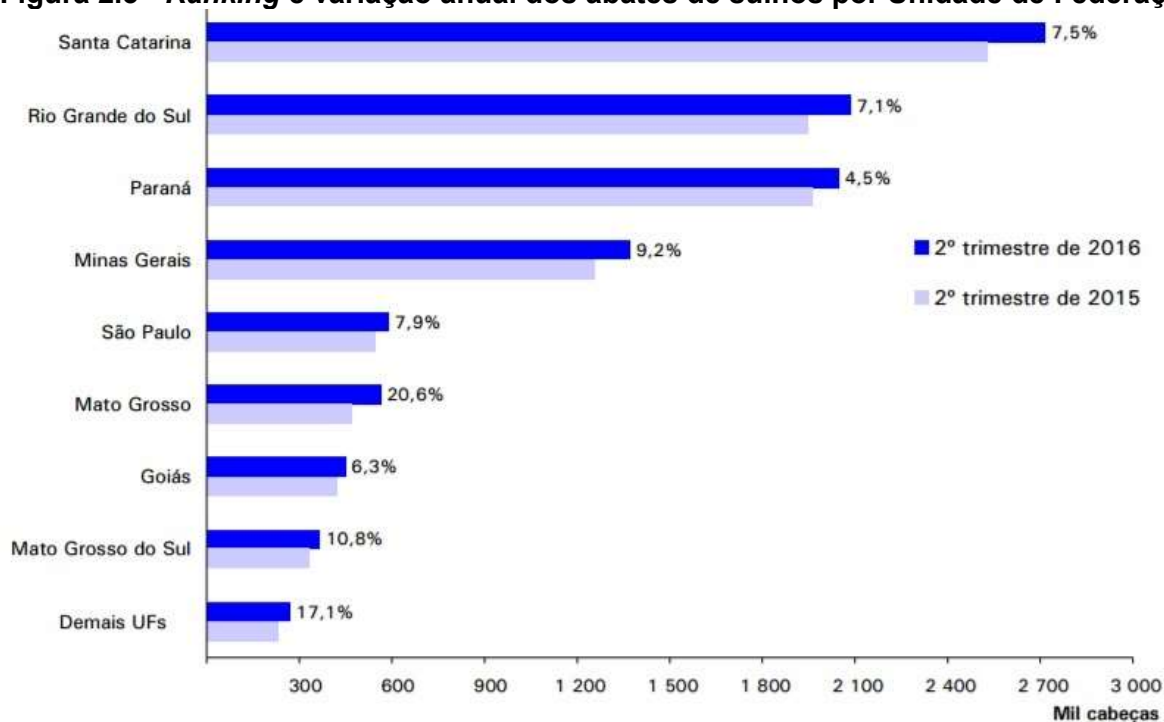
REGIÃO	REBANHO DE SUÍNOS (CABEÇAS)
Norte	1.363.355
Nordeste	5.815.558
Sudeste	6.957.511
Sul	19.875.316
Centro-Oeste	6.320.813
Brasil	40.332.553

Fonte: PPM (2015).

Segundo Gastardelo e Melz (2014), a produção de carne suína no Brasil se concentra em poucos Estados, como Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais. Estes foram responsáveis, em 2012, por 63% da produção nacional. Além disso, a produção nacional ascendeu aproximadamente 15% de 1990 a 2012 e a concentração entre os quatro principais estados, cresceu aproximadamente 20%. Com relação às exportações, a principal origem destas corresponde a municípios da região Sul.

No segundo trimestre de 2016, foram ao abate 10,46 milhões de cabeças de suínos, o que indica um aumento de 3,9% de abates em relação ao trimestre anterior, e de 8% quando comparado com o mesmo período em 2015 (IBGE, 2016). O *ranking* e variação anual do abate de suínos por Unidade de Federação são apresentados na Figura 2.3, e observa-se o destaque dos Estados da região Sul.

**Figura 2.3 - Ranking e variação anual dos abates de suínos por Unidade de Federação.**



Fonte: IBGE (2016).

A região Sul sofreu significativa diminuição do número de criadores, e predomina a participação de agricultores familiares integrados às empresas cooperativas agroindustriais, com produção segregada em múltiplos sítios. Tais fatores foram decisivos para a intensificação da produção nessa região (ABCS, 2014).

No Paraná, a produção de suínos existe desde o início da colonização, especialmente na região Oeste, quando era apenas uma atividade de subsistência para as famílias e, em seguida, se tornou uma fonte de renda familiar (HACK et al., 2011). O efetivo de suínos e matrizes de suínos do estado do Paraná e do Oeste paranaense é demonstrado na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2 – Rebanho de suínos no Paraná e região Oeste**

<b>REGIÃO</b>	<b>REBANHO DE SUÍNOS (CABEÇAS)</b>	<b>REBANHO DE MATRIZES DE SUÍNOS (CABEÇAS)</b>
Paraná	7.134.055	676.446
Oeste-Paranaense	4.262.952	294.020

Fonte: IparDES (2015).

A região Oeste do Paraná apresenta cerca de 60% dos rebanhos de suínos do Estado, e 43% dos de matrizes de suínos. Os municípios desta região que se destacam, com rebanhos acima de 100.000 cabeças de suínos, são: Entre Rios do Oeste, Itaipulândia, Marechal Cândido Rondon, Medianeira, Nova Santa Rosa, Palotina, Quatro Pontes, Santa Helena, São Miguel do Iguaçu, Serranópolis do Iguaçu e Toledo (IPARDES, 2015).

### 2.1.2 Sistema produtivo

O sistema de produção está relacionado com sua maneira de organização. No Brasil, existe uma variedade significativa de sistemas de produção, assim como uma dificuldade de padronização de conceitos e manejos, pois, além do fluxo de produção, não existe padrão de instalações e equipamentos (ABCS, 2014).

Com relação à criação dos suínos, ela pode ser feita de forma extensiva, que os animais são criados, basicamente, sem a utilização de instalações, semiextensivo, com instalações, principalmente, para as fêmeas em fase de gestação e lactação, e a intensiva, com os animais mantidos em confinamento, porém podem ter acesso à piquetes gramados, e podem receber alimentação balanceada, controle de ventilação, de temperatura e umidade do ar (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2004).

Para o IAP (2016), a produção de suínos pode ser dividida em três sistemas, os quais são explanados no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1 – Sistemas de produção de suínos no Brasil.**

SISTEMA	DESCRIÇÃO	FASES	CATEGORIAS
Produção de Leitões ou Unidade Produtora de Leitões (UPL)	Possui matrizes e a fase termina quando os leitões atingem o tamanho ideal para a venda (25 kg)	1.Cobertura/reprodução; 2.Maternidade; 3.Creche	1.Reprodutor, fêmea para reposição, matriz em gestação; 2.Matriz em lactação; 3.Leitão até 25 kg.
Ciclo Completo (CC)	Possui matrizes que produzem os leitões que permanecem na granja até atingirem o peso para serem levados ao abate.	1.Cobertura/reprodução; 2.Maternidade; 3.Creche 4.Crescimento e terminação.	1.Reprodutor, fêmea para reposição, matriz em gestação; 2.Matriz em lactação; 3.Leitão até 25 kg; 4.Suínos com peso acima de 25 kg.
Terminação (UT)	Leitão comprado e permanece na granja até atingir o peso ideal para ser levado ao abate (aproximadamente 120 kg).	1.Crescimento e terminação	1.Suínos com peso acima de 25 kg.

Fonte: IAP (2016).

Segundo a ABCS (2014), as fases da produção de suínos consistem em gestação e reposição, maternidade, creche, recria e terminação.

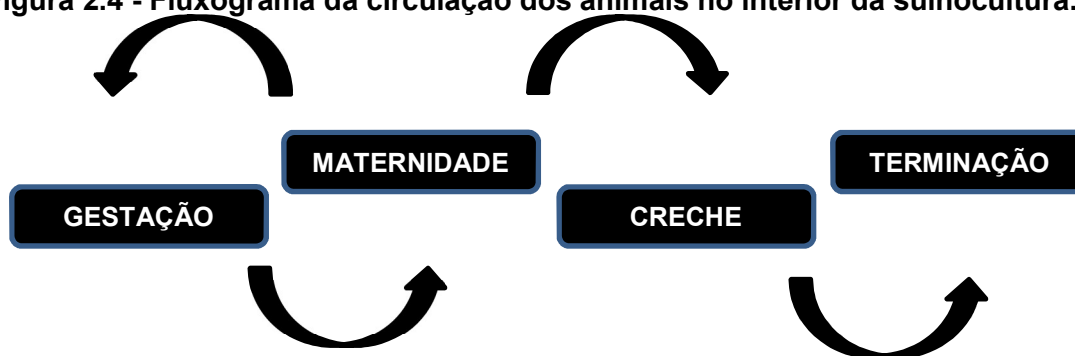
- Gestação e reposição (cobertura/reprodução): nesta fase, as matrizes são inseminadas (cobertas), e, para que isso ocorra, deve-se garantir que as fêmeas escolhidas para reprodução alcancem a puberdade com peso corporal adequado. As recomendações de peso e idade à primeira cobertura varia de 135 a 150 kg e de 200 a 240 dias, com peso médio diário que varia de 600 a 700 g por dia, com base nas principais empresas genéticas. Nas granjas que trabalham com inseminação artificial, calcula-se um macho para cada 150 matrizes. A fase de gestação é dividida em três, onde o período inicial se caracteriza pela implantação dos embriões (primeiros 21 dias), o período intermediário

com o estabelecimento do número de fibras musculares dos fetos (22 a 75 dias) e o período final, quando ocorre o desenvolvimento da glândula mamária (76 a 90 dias) e o crescimento mais acentuado do feto (a partir dos 91 dias). Todas as fases ocorrem, em média, em 114 dias.

- **Maternidade:** período que compreende o pré-parto de fêmeas na maturidade (260 a 290 kg), parto e lactação dos leitões recém-nascidos, que dura 21 dias, porém, em alguns casos, pode alcançar até 28 dias. Para otimizar a produção de leite, uma porca deve ser mantida em um ambiente com temperatura de 15 a 21 °C, alimentando-se de 4 a 6,5 kg de ração por dia.
- **Creche:** é realizado o desmame dos leitões, que deve ocorrer com, no mínimo, 5,5 kg até, em média, 6,5 kg. O consumo de ração e água precisa ser trabalhado em conjunto a partir da entrada dos leitões na creche. Para cada 1 kg que se consegue acrescentar no peso do desmame, há um aumento de 1,9 kg no peso da saída de creche.
- **Recria (crescimento) e terminação:** neste período, os animais consomem grandes quantidades de alimento, que entram nas instalações com peso variado entre 63 e 83 kg, e com finalização do processo compreendendo de 105 a 130 kg. A zona térmica de conforto na terminação do suíno consiste na faixa de 13 a 24 °C. O alojamento acontece a partir de 64 ou 71 dias de idade e permanência até a saída para o abate, com 150 a 175 dias.

No interior da suinocultura, existe a circulação dos animais pelas diferentes fases que a compõem. De acordo com o fluxograma (Figura 2.4), as matrizes em gestação, uma semana antes do parto, são transferidas para as instalações da maternidade. Logo após o período de desmame dos leitões, as matrizes retornam para os galpões de gestação para reiniciar o ciclo de produção. Os leitões desmamados são transportados para as instalações de creche e, após alcançarem a idade pré-estabelecida, vão para as instalações de engorda, para atingirem o peso do abate.

Figura 2.4 - Fluxograma da circulação dos animais no interior da suinocultura.



Fonte: Adaptado de Pinheiro e Panzardi (2016).

### 2.1.3 Integração de suinocultores com a agroindústria

Existem suinocultores independentes e integrados (parceria) com associações e/ou cooperativas. Essa integração é realizada por meio de contratos, que são representados por três tipos básicos, descritos no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Tipos de contratos de integração na suinocultura e suas principais características (UPL = unidade produtora de leitões; UT = unidade de terminação; CC = ciclo completo).

TIPO DE CONTRATO	SISTEMA DE CRIAÇÃO	INSUMOS E FATORES DE PRODUÇÃO PAGOS PELO PRODUTOR	RISCOS DE VARIAÇÃO DOS PREÇOS (dos grãos e insumos)
Compra e Venda	UPL (não exclusivamente)	mão de obra, eletricidade, instalações e equipamentos, manejo dos dejetos, ração, Genética, insumos veterinários	Produtor
Comodato	UPL	mão de obra, eletricidade, instalações e equipamentos, manejo dos dejetos	Agroindústria
Parcerias com. Utas	UT	mão de obra, eletricidade, instalações e equipamentos, manejo dos dejetos	Agroindústria
Independentes (não aderem contratos)	CC e UPL	mão de obra, eletricidade, instalações e equipamentos, manejo dos dejetos, ração Genética, insumos veterinários, transporte, assistência técnica	Produtor

Fonte: ABCS (2014).

Pode observar no Quadro 2.2 que a presença de integração se encontra nos sistemas de UPL e UT, e é ausente no de CC. Colete e Lins (2011) afirmam que a presença do sistema de produção em ciclo completo foi reduzida significativamente, devido ao sistema de parceria. Inicialmente, as agroindústrias implementaram produção própria de leitões, com repasse dos animais para engorda para suinocultores integrados e, logo após, as agroindústrias iniciaram, também, a integração de produtores restritos de leitões (COLETTI; LINS, 2011).

No Quadro 2.3 pode-se observar o desenvolvimento dos sistemas de produção no Oeste de Santa Catarina, região Sul do Brasil, onde a participação no rebanho brasileiro é significativa e crescente, e a participação da agricultura familiar é forte, entre os anos de 1980 e 2010.

**Quadro 2.3 – Evolução dos sistemas de produção no Oeste de Santa Catarina.**

SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS	GRAU DE INCIDÊNCIA DE CADA SISTEMA		
	Anos 80	Anos 90	Anos 2000
Ciclo completo integrado	Intensifica-se e torna-se o principal sistema.	Começa a ser substituído pelo sistema de parceria.	Poucos produtores permanecem nesse sistema.
Ciclo completo independente	Predominante até essa década.	Grandes produtores, produção associativa de pequenas agroindústrias e produção de subsistência.	Implica poucos grandes produtores, produção associada de pequenas agroindústrias e produção de subsistência.
Produtor de leitões (parceria)	Começa nessa década, com o sistema de compra e venda.	Inicia-se parceria em que o agricultor recebe matrizes e reprodutores em comodato e oferece mão de obra, instalações e equipamentos; os demais insumos são fornecidos pelas agroindústrias.	O sistema de compra e venda sofre abandono, ganhando predominância o sistema de parceria.
Creche (parceria)	Sem registro.	Iniciam-se as primeiras experiências.	Em rápida expansão.
Terminador (parceria)	Inicia-se, com o sistema de compra e venda.	Sistema é mudado, para contrato de parceria: agricultor entra com mão de obra, instalações e equipamentos, sendo remunerado conforme a produtividade.	Torna-se o sistema predominante.
Parceria independente	Sem registro.	Passa a ser adotado por alguns grandes produtores.	Torna-se o principal sistema dos grandes suinocultores independentes.

Fonte: Coletti; Lins (2011).



Observa-se no Quadro 2.3 o crescimento dos sistemas de parcerias entre a década de 80 e os anos 2000, e o declínio dos sistemas de produção totalmente independentes.

#### 2.1.4 Sistema de manejo

A alimentação dos suínos consiste em rações equilibradas, feitas com predominância de produtos de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja, mas também outros produtos, ocasionalmente, como sorgo, milheto, subprodutos do beneficiamento do arroz, tortas e farelos de outras oleaginosas, entre outros. Além disso, são utilizados produtos de origem animal, como soro de leite integral, leite em pó, soro de leite em pó, farinhas de carne, sangue, peixe e ossos, plasma sanguíneo e sebo bovino. Vitaminas e minerais também são adicionados ao alimento (ABCS, 2011).

Os comedouros são, normalmente, automáticos, para facilitar o manejo e otimizar a mão de obra, além disso, devem ser adequados para leitões de desmame (base da boca baixa) até a fase final de produção (alta o suficiente para não pisarem dentro do comedouro). A regulagem dos comedouros precisa ser realizada com frequência, e no que diz respeito à capacidade de depósito de ração, geralmente recomenda-se 1kg por leitão de creche e 3kg para terminação (ABCS, 2014). Um exemplar de comedouro automático pode ser observado por meio da Figura 2.5.

**Figura 2.5 - Fotografia de comedouro automático para suínos.**



Fonte: Autoria própria (2017).

Os bebedouros devem ser ajustados adequadamente para leitões desde a fase inicial de creche até a fase final de terminação, e são disponíveis os seguintes modelos: tipo “taça”, tipo “chupeta fixa” e tipo “chupeta pendular” (ABCS, 2014).

As criações de suínos, de forma geral, necessitam apresentar um programa racional de controle dos dejetos para sua utilização adequada, o que significa considerar cinco etapas: produção, coleta, armazenagem, tratamento, distribuição e aplicação dos dejetos, seja na forma sólida, líquida ou pastosa (ABCS, 2014).

A quantidade de dejetos líquidos produzidos por suíno varia conforme o seu peso, além da produção de urina, a qual é proporcional à quantidade de água ingerida pelo animal. Fatores como a quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros e utilizada na limpeza das instalações e dos animais também influenciam no valor total produzido (OLIVEIRA, 1993). A produção média de dejetos por categoria de suínos pode ser observada na Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 – Produção média de dejetos por diferentes categorias de suínos por animal**

<b>CATEGORIA</b>	<b>ESTERCO (kg.dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>ESTERCO+URINA (kg.dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>DEJETOS LÍQUIDOS (m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>)</b>
Crescimento e Terminação	2,30	4,90	0,007
Matriz Gestante	3,60	11,00	0,016
Maternidade	6,40	18,00	0,027
Leitão	0,35	0,95	0,0014
Macho	3,00	6,00	0,009

**Fonte: Tietjen (1966); Loehr (1974); Sancevero et al. (1979); Koen (1980); Comittee of National Pork Producers Council (1981) apud Oliveira (1993).**

A coleta dos dejetos é realizada por meio de uma rede de ductos ou calhas que conduzem para um local de captação central. Nessa área, é necessário evitar a entrada de água da chuva no sistema para evitar a diluição e o aumento da quantidade de dejetos (PERDOMO, 1999).

O armazenamento dos dejetos consiste em alocá-los em um reservatório por determinado tempo, com o intuito de fermentar a biomassa e diminuir os patógenos (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). As alternativas mais utilizadas para o armazenamento de dejetos estão descritas no Quadro 2.4.

**Quadro 2.4 – Tipos de armazenamento de dejetos e suas principais características.**

<b>TIPO DE ARMAZENAMENTO DE DEJETOS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>Esterqueira</b>	Depósito para captação do volume de dejetos líquidos para que ocorra a fermentação anaeróbica da matéria orgânica	Facilidade de construção; Permite a fermentação do dejetos e o seu melhor aproveitamento como fertilizante; Menor custo de construção.	Não ocorre separação de fases e o dejetos fica mais concentrado, o que maiores áreas para sua disposição final como fertilizante.
<b>Bioesterqueira</b>	Adaptação da esterqueira convencional para melhorar a eficiência no tratamento do dejetos, com o aumento do tempo de retenção do mesmo.	Reduz a carga orgânica do dejetos, bem como melhora a qualidade do esterco a ser distribuído na lavoura.	Custo aproximadamente 20% superior à esterqueira.
<b>Biodigestor</b>	Câmaras que realizam a fermentação anaeróbica da matéria orgânica produzindo biogás e biofertilizante.	Fornecimento de combustível no meio rural e adubo; Redução do poder poluente e do nível de patógenos; Exigência de menor tempo de retenção hidráulica e de área em comparação com outros sistemas anaeróbios.	Tempo longo de retenção dos sólidos; Necessidade de homogeneização dos dejetos para garantir a eficiência do sistema.

Fonte: Diesel, Miranda e Perdomo (2002).

Vários grupos de pesquisa têm discutido o uso de biodigestores como forma de minimizar os impactos ambientais provocados pela suinocultura. Com isto, os dejetos não são mais expostos diretamente no meio ambiente e há um controle de sua disposição no solo, além de gerar renda pela produção de biogás e biofertilizante (SHIKIDA et al., 2008).

Os benefícios destacados por esse método de tratamento são: a solução para a poluição ambiental, a viabilidade de empreendimentos econômicos em propriedades rurais pequenas e médias, e a produção de energia renovável (AIRES et al., 2014).

O dejetos líquido necessita apresentar destino adequado de acordo com o sistema de tratamento aplicado, que pode ser dividido em três processos (ABCS, 2011):

- a) Processo Físico: separação de fase; filtração ou separação química; desidratação; incineração;
- b) Processo Químico: adição de coagulantes ou floculantes químicos para que ocorra a separação entre as fases líquidas e sólidas;
- c) Tratamento Biológico: processo natural, que pode ser controlado ou não, aeróbico ou anaeróbico.

Após o tratamento adequado dos dejetos suínos, a aplicação com maior receptividade consiste em como fertilizante. Sabendo-se a utilização do esterco, a distância entre a esterqueira e a localidade onde o mesmo será aplicado corresponde ao fator de maior influência nos custos de transporte e distribuição na lavoura (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

### 2.3 O PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Desde a década de 90, um dos problemas ambientais mais preocupantes provocados pela agricultura refere-se à dificuldade de manejo dos dejetos suínos, cuja produção foi intensificada pelo aumento da produção destes animais e dos sistemas de confinamento (GUIVANT; MIRANDA, 1999).

A redução nas emissões de gases tóxicos para a atmosfera ligada à introdução de sistemas alternativos de manejo dos dejetos promove vantagens ambientais e financeiras, o que deve ser levado em conta no desenvolvimento destas tecnologias (RIAÑO; GARCÍA-GONZÁLEZ, 2015).

Os sistemas de biodigestão anaeróbica, com produção de energia a partir de resíduos de animais e vegetais, representam uma opção que incentiva a busca por um novo padrão de desenvolvimento baseado na sustentabilidade (AIRES et al., 2014).

### 2.3.1 Biodigestores e suas particularidades

O biodigestor consiste em um reator biológico que degrada a biomassa residual na ausência de oxigênio (condições anaeróbicas), o que produz um efluente líquido (biofertilizante) e gera o biogás. Há vários modelos de biodigestores, como o indiano, chinês e o canadense, constituído de lona de PVC, e mais utilizado no Brasil (ABCS, 2014).

O modelo canadense é horizontal e apresenta menor profundidade, porém é mais largo que os demais biodigestores, fator que permite maior área de exposição solar e conseqüente aquecimento. Este fator ocasiona produção mais significativa de biogás. A ilustração de um exemplar do modelo pode ser observada na Figura 2.6.

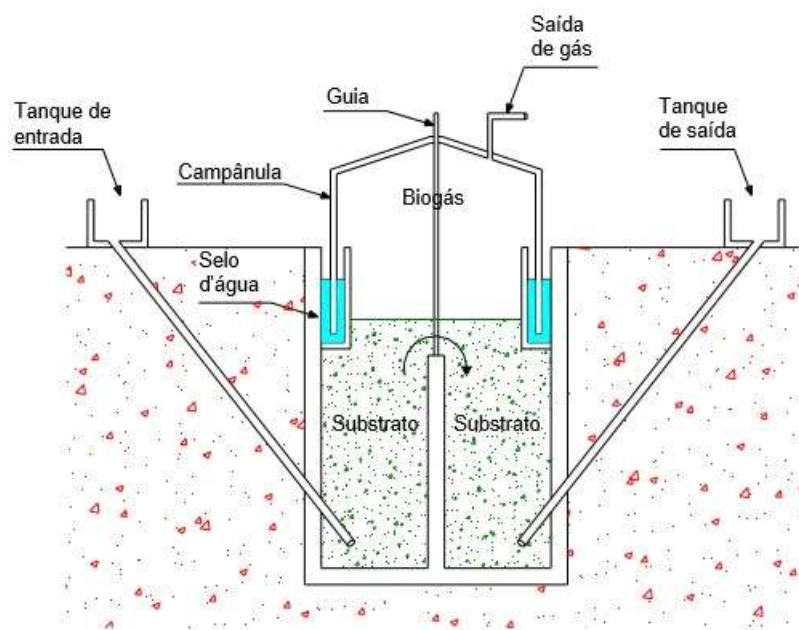
**Figura 2.6 - Fotografia de biodigestor canadense (ao fundo) e tanque de saída (à frente).**



**Fonte: Revista Amanhã (2017).**

O biodigestor modelo indiano possui gasômetro caracterizado por uma campânula flutuante, o que o qualifica com uma pressão constante. Uma parede central divide o reservatório de fermentação longitudinalmente em duas câmaras, fator que possibilita a circulação do material fermentado no interior do cilindro. Na parte superior do cilindro existe uma campânula que flutua sobre o próprio substrato, com o objetivo de não permitir que o gás escape (NISHIMURA, 2009). Uma ilustração do modelo indiano é apresentada na Figura 2.7.

**Figura 2.7 - Ilustração do biodigestor modelo indiano.**



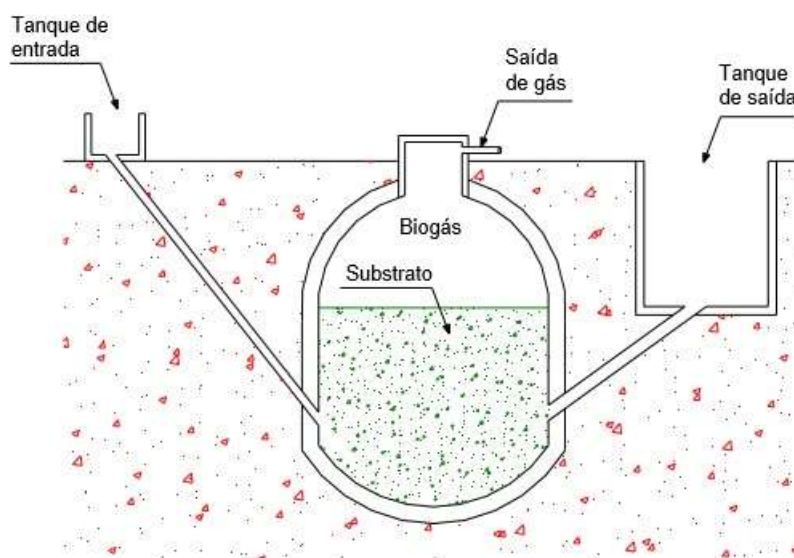
Fonte: Nishimura (2009).

Outro modelo de biodigestor existente é o chinês, construído quase que em sua totalidade em alvenaria, com uma câmara cilíndrica para fermentação, teto abobadado e impermeável para o armazenamento do biogás. Seu funcionamento é baseado no princípio de prensa hidráulica, operado pelo acúmulo do biogás, que por sua vez gera aumentos de pressão em seu interior e desloca o efluente da câmara para a caixa de saída, e em sentido contrário comparado à decompressão (DEGANUTTI et al., 2002). Na Figura 2.8, uma ilustração do biodigestor de modelo chinês pode ser observada.

Diversos fatores influenciam na capacidade do biodigestor em degradar os dejetos, como temperatura, sólidos voláteis e atividade dos microrganismos presentes no seu interior (ABCS, 2014). Outro fator relevante consiste no TRH, que corresponde à média de tempo em que há presença de líquido no interior do biodigestor, calculada por meio da relação entre o volume e a vazão de efluentes no reator (CHERNICHARO, 1997).

O tratamento sanitário da biomassa residual por biodigestão anaeróbica consiste na base para produção de biogás (BLEY JÚNIOR, 2015). O biogás pode operacionalizar-se a partir de diversos tipos de biomassas e resíduos com uma tecnologia relativamente simples, e ainda apresenta capacidade de ser adaptada à diferentes sistemas produtivos e escalas (FIEP, 2016).

**Figura 2.8 - Ilustração do biodigestor modelo chinês.**



Fonte: Nishimura (2009).

### 2.2.1. A produção de biogás

O biogás apresenta um potencial considerável para uso térmico, elétrico ou mecânico, junto à possibilidade de redução de poluição e geração distribuída de energia. Sua importância é de ordem ambiental, econômica e social (FIEP, 2016).

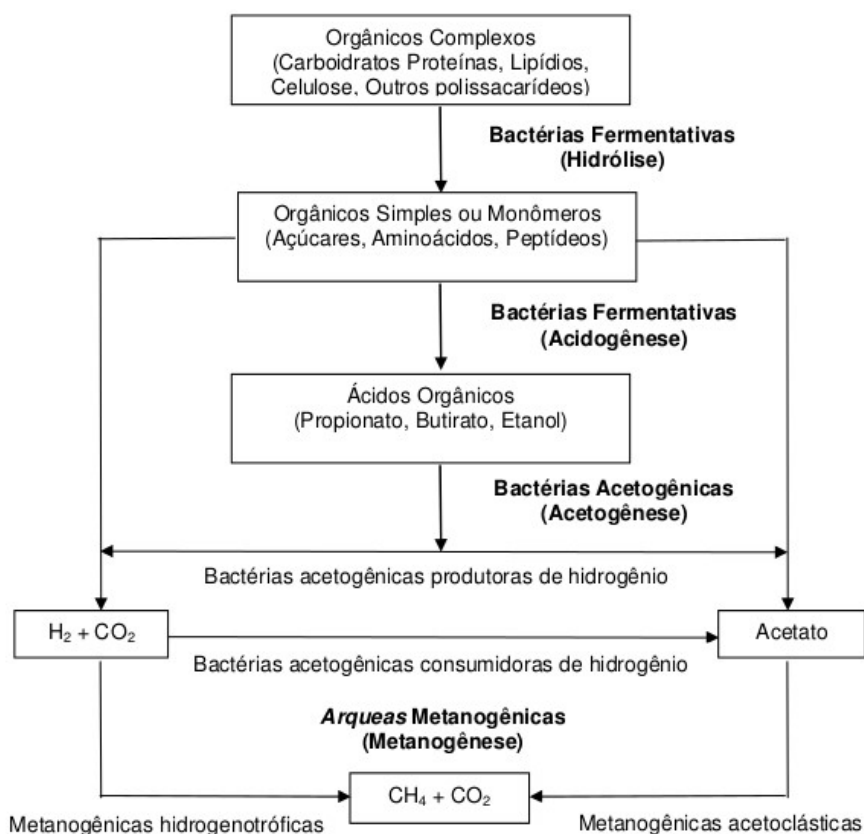
O processo de biodigestão anaeróbia, base para produção de biogás, demanda um determinado TRH e condições ideais de temperatura e agitação. Com a total ausência de oxigênio, ocorre a atuação de colônias mistas de microrganismos em condições ideais para sua reprodução, que se alimentam dos sólidos solúveis na biomassa em tratamento, e provocam a degradação da matéria orgânica (BLEY JÚNIOR, 2015).

A biodigestão anaeróbia ocorre em quatro fases: hidrólise de materiais complexos (polímeros) em materiais dissolvidos mais simples (moléculas menores); acidogênese, realizada por um diverso grupo de bactérias fermentativas onde produtos solúveis são metabolizados em seu interior; acetogênese, quando é produzido hidrogênio, dióxido de carbono e o acetato pelas bactérias acetogênicas que oxidam os produtos gerados na fase anterior; metanogênese, etapa final onde ocorre produção de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) pelas bactérias que utilizam acetato –

acetoclásticas - e pelas utilizadoras de hidrogênio - hidrogenotróficas (CHERNICHARO, 1997).

Na Figura 2.9, podem ser observados os estágios da biodigestão, detalhando-se suas sequências metabólicas e os grupos microbianos que participam de cada etapa.

**Figura 2.9 - Sequências metabólicas e grupos de microrganismos da digestão anaeróbica.**



**Fonte: Chernicharo (1997) e Zaher et al. (2007) apud Caldereiro (2015)**

A temperatura do processo de biodigestão anaeróbica determina o tipo de tratamento dos resíduos orgânicos, o qual pode ocorrer de forma termofílica (45 a 60 °C), mesofílica (20 a 45 °C) e psicofílica (< 20 °C). A maioria dos biodigestores são projetados de forma mesofílica (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Os sólidos voláteis correspondem a uma estimativa da matéria orgânica presente nos sólidos, enquanto os sólidos fixos representam a matéria inorgânica ou mineral (VON SPERLING, 2005). A alta concentração de sólidos voláteis demonstra elevada produção de biogás, ou seja, são diretamente proporcionais (BLEY JÚNIOR, 2009).



O biogás é composto, basicamente, por CH<sub>4</sub> e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e seu potencial energético se altera com relação à porcentagem de CH<sub>4</sub> na sua composição, ou seja, quanto mais CH<sub>4</sub>, maior potencial para produzir energia (GUSMÃO, 2008).

O principal problema para a viabilização do armazenamento do biogás para produção de energia consiste na presença de vapor d'água, CO<sub>2</sub> e gases corrosivos, como o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), pois diminuem a vida útil de equipamentos como motores à combustão, geradores, bombas e compressores. Para tanto, a instalação de filtros e dispositivos de resfriamento, condensação e lavagem, que removem esses e outros elementos, é fundamental (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Gusmão (2008) avaliou a composição média do biogás produzido por 13 propriedades praticantes de suinocultura em Santa Catarina. Na Tabela 2.4 são apresentados os resultados obtidos nas propriedades com mesmo sistema de criação.

**Tabela 2.4 – Composição média do biogás em diferentes sistemas de criação de suínos**

SISTEMA DE CRIAÇÃO	CH <sub>4</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		O <sub>2</sub>	
	MANHÃ	TARDE	MANHÃ	TARDE	MANHÃ	TARDE
CC	70,8 ± 1,28	70,4 ± 2,13	39,1 ± 5,80	39,0 ± 5,14	0,85 ± 0,17	0,72 ± 0,04
UPL	66,9 ± 7,89	66,3 ± 7,43	34,4 ± 9,10	34,3 ± 8,98	0,46 ± 0,17	0,45 ± 0,14
UT	65 ± 5,41	63,7 ± 5,48	38,6 ± 6,32	38,6 ± 6,10	0,42 ± 0,12	0,32 ± 0,07

Fonte: Gusmão (2008).

Com relação à produção de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), todas as análises do biogás produzido excederam o valor de 1000 ppm. A quantidade produzida desse gás tóxico depende do tipo de resíduo, e a implantação de uma possível etapa de purificação do biogás está sujeita ao uso aplicado a ele (GUSMÃO, 2008).

Lins, Mito e Fernandes (2015) analisaram a composição média do biogás de 06 unidades produtoras do gás, e a unidade de suinocultura de terminação apresentou a maior produção de H<sub>2</sub>S: aproximadamente 0,3% do total. Considerou-se que em todas as unidades havia um nível aceitável de H<sub>2</sub>S para o seu uso, porém vale ressaltar que a presença desse componente ocasiona corrosão de equipamentos e odor característico.

Para proteção dos equipamentos devido ao alto poder oxidante do H<sub>2</sub>S, a dessulfurização deve ser realizada e é básica utilizada em qualquer aplicação do biogás. Este composto, além de ser corrosivo, é tóxico e polui a atmosfera. Para que

haja eficiência, utiliza-se uma sequência de filtros, elaborados, geralmente, com aço inox ou plástico, recheados de material filtrante (FIEP, 2016).

A concentração de CH<sub>4</sub> está diretamente relacionada com o potencial energético do biogás. No Brasil e no estado do Paraná, o potencial energético e de produção a partir de dejetos suínos pode ser observado na Tabela 2.5.

**Tabela 2.5: Potencial de produção de biogás e energético no Paraná e Brasil**

<b>REGIÃO</b>	<b>BIOGÁS TOTAL (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>POTENCIAL ENERGÉTICO (GWh/ano)</b>	<b>RELAÇÃO PR/BR EM PRODUÇÃO DE ENERGIA</b>
Paraná	373.974.911,1	534,78	14,23
Brasil	2.628.897.610,30	3.759,32	

Fonte: FIEP (2016).

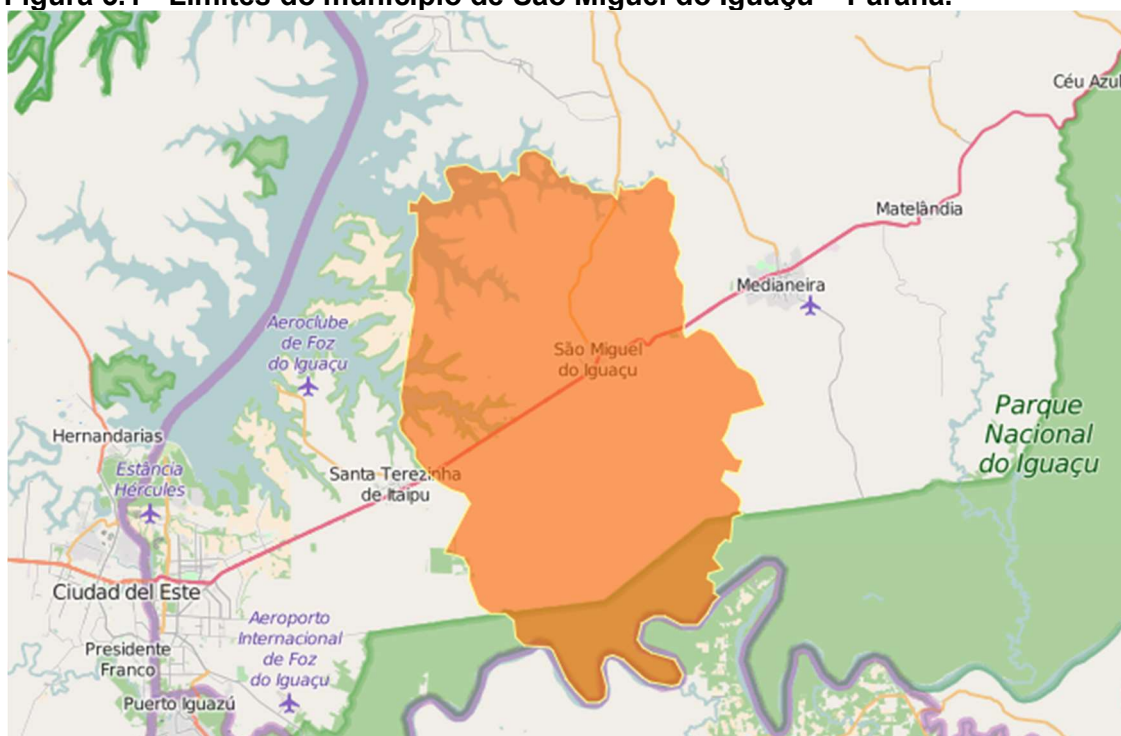
No momento de se aplicar o biogás, além do potencial energético, outros fatores precisam ser considerados, como a eficiência energética, que compreende o autoabastecimento da atividade produtora, estimular a implantação de novos serviços de energia na atividade geradora e a separação do H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>. Para motores automotivos, é necessária a separação do CO<sub>2</sub> para a obtenção de biometano, o qual apresenta valores acima de 95% de CH<sub>4</sub> (BLEY JÚNIOR, 2015).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi desenvolvido no município de São Miguel do Iguaçu – Paraná, que está localizado no extremo Oeste paranaense, a pouco mais de 40 km da fronteira com Paraguai e Argentina (Figura 3.1).

**Figura 3.1 - Limites do município de São Miguel do Iguaçu – Paraná.**



Fonte: IBGE (2015).

O município apresenta uma população de 25.769 habitantes, área territorial de 851.917 km<sup>2</sup> e bioma predominante da Mata Atlântica. É constituído por 3 distritos: São Miguel do Iguaçu, Aurora do Iguaçu e São José do Iguaçu, em divisão territorial datada de 1995 (IBGE, 2015).

Com relação ao relevo, a região Oeste, a qual o município faz parte, localiza-se no Terceiro Planalto, o maior do Estado. O solo que compreende a região é predominantemente o Latossolo Roxo, e apresenta formação “terra roxa” estruturada.

O clima é subtropical úmido, e com relação à vegetação, por ser situado às margens do Rio Paraná, o município é recoberto por uma transição entre a vegetação

com influência fluvial, com espécies do gênero *Cyperus* e *Juncus*, e a Floresta Ombrófila Mista. Sua hidrografia é representada, principalmente, por duas bacias hidrográficas Rio Iguaçu e Rio Paraná (PREFEITURA ..., 2016).

A maior parte da economia de São Miguel do Iguaçu é constituída pelo agronegócio, com a industrialização de grãos, produção leiteira, suinocultura e pecuária (PREFEITURA..., 2016).

Segundo Ipardes (2006), o município apresenta 1.990 estabelecimentos agropecuários, dos quais 657 criam animais e, destes, 509 produzem suínos na agricultura familiar. Vale ressaltar que, dentre essas propriedades, encontram-se suinoculturas de subsistência e industrial. O número total de suínos da região consiste em 105 mil suínos, e, destes, 11 mil são matrizes de suínos (PPM, 2014).

Pela riqueza de sua hidrografia, aliada à intensa atividade de suinocultura, destaca-se a relevância ambiental do estudo nessa localidade, onde o manejo inadequado dos dejetos suínos representa riscos ambientais significativos, não só para o município, mas também para a região.

O reconhecimento e análise de pontos críticos relacionados ao tratamento dos dejetos devem ser realizados para que direções quanto ao desenvolvimento do setor sejam tomadas, assim como soluções mitigadoras aos impactos ambientais sejam aplicadas (ALEGRETTI; SCHMIDT; MACHADO, 2014).

### 3.2. COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS

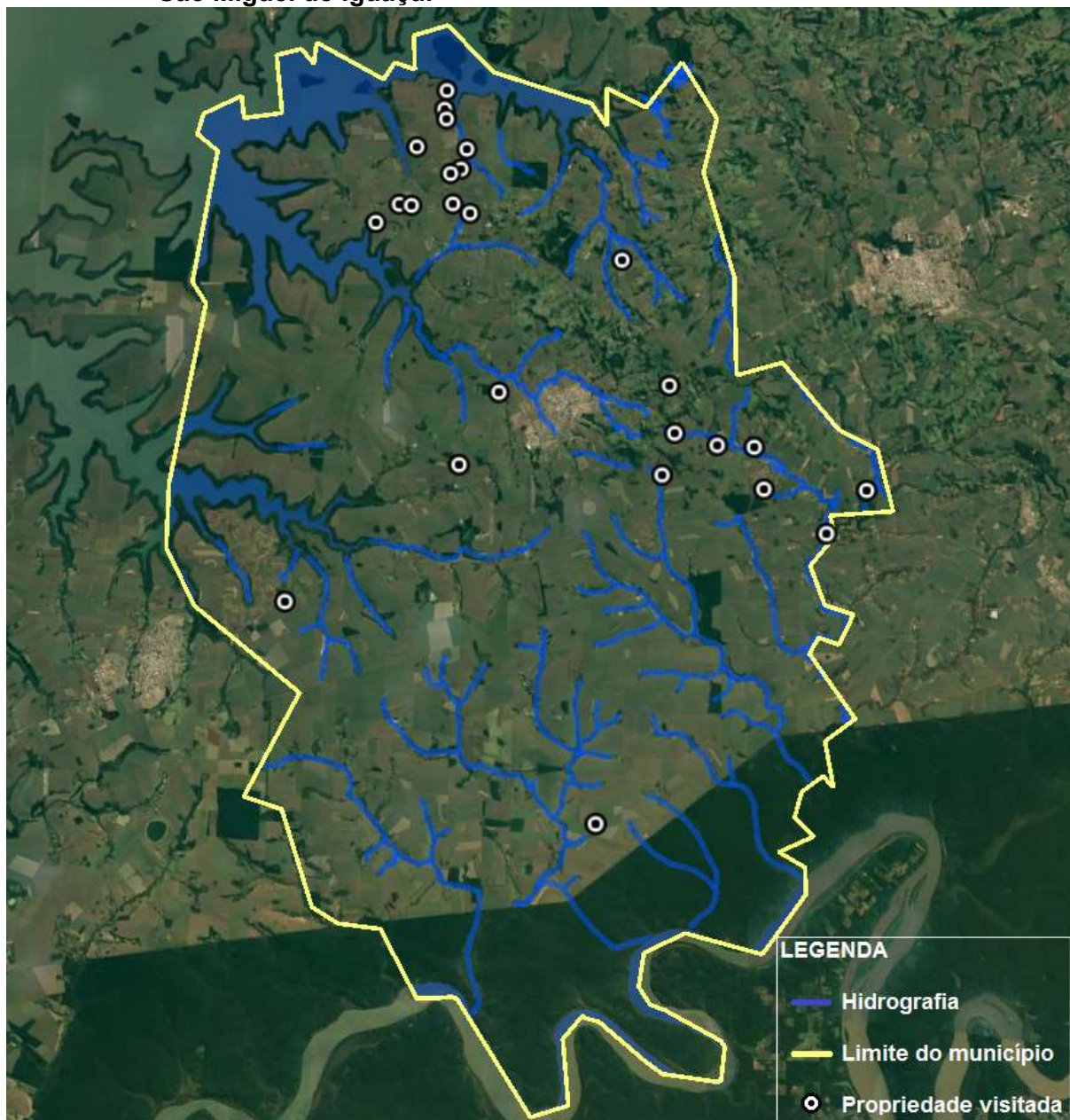
Realizou-se uma investigação com relação às propriedades rurais que praticam a atividade de suinocultura no município de São Miguel do Iguaçu – PR, junto à Associação de Suinocultores do município e por meio de análises de imagens georreferenciadas por satélite.

No total, 25 propriedades foram visitadas e suas localizações aproximadas foram demarcadas em imagem de satélite (Figura 3.2). A coleta de dados primários das propriedades selecionadas foi realizada entre os meses de outubro de 2016 e maio de 2017, por entrevista semiestruturada.

Por meio de visitas *in loco* e aplicação de questionário (Apêndice A), traçou-se o perfil do produtor, com informações referentes à idade, sexo, escolaridade e estado

civil, assim como caracterizou-se as propriedades com relação ao sistema de criação de suínos, tamanho e manejo dos dejetos. A percepção do produtor com relação à suinocultura e ao biogás foi delineada por meio da análise de discurso.

**Figura 3.2 - Demarcação dos pontos de localização aproximada das propriedades em São Miguel do Iguazu.**



Fonte: Adaptação de Google Earth (2017).

Pode-se observar, na Figura 3.2, a proximidade das propriedades suinocultoras à rede hidrográfica da região. Este fator exhibe a relevância do manejo de dejetos ser adequado no município e atender à legislação.

### 3.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

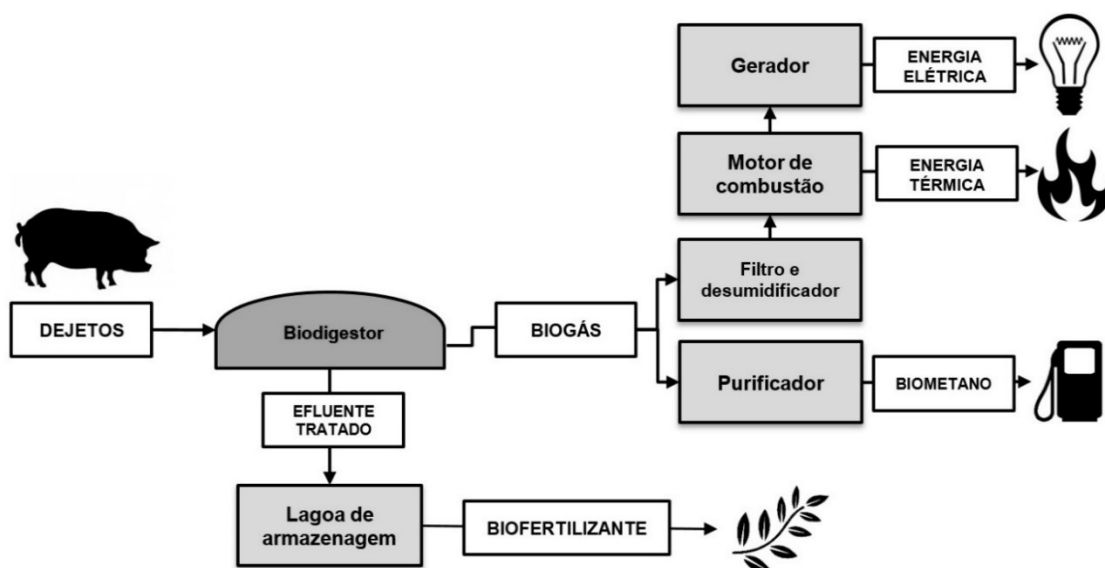
Obteve-se a composição do biogás de três das propriedades que aplicam o biogás, uma de cada categoria de produção. As análises foram realizadas com o analisador portátil de biogás.

Os resultados obtidos nas três propriedades, uma unidade de terminação (UT), uma unidade de produção de leitões (UPL) e uma unidade de ciclo completo (CC), foram utilizados como base para calcular o potencial de produção de biogás e energético de todas as outras unidades da mesma categoria.

### 3.4 CÁLCULO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Uma visão geral dos processos que compreendem a transformação do biogás em energia, desde a sua produção em biodigestor, até a aplicação como energia elétrica, térmica e biometano, pode ser contemplada no fluxograma apresentado na Figura 3.3. A produção de dejetos, que corresponde ao início do processo, pode ser considerada para qualquer uma das categorias de produção de suínos (terminação, produção de leitões ou ciclo completo).

**Figura 3.3 - Processos básicos para transformação do biogás em energia.**



Fonte: Autoria própria (2017).

Após a biomassa passar pela biodigestão anaeróbia em biodigestor, a fase líquida pode ser aplicada como biofertilizante, e a parte gasosa, o biogás, pode ser transformado em energia. Dependendo da forma de processamento, o biogás transforma-se em diferentes tipos de energia, como a elétrica, que pode ser aplicada para a compensação, a térmica, para o aquecimento de aviário e grãos, e o biometano, como combustível em veículos.

Diversos modelos cinéticos têm sido utilizados para delinear o processo de fermentação anaeróbica. Para descrever esse processo, Hashimoto, Chen e Varel (1981) adaptaram um modelo matemático, o qual demonstra que, para uma taxa de carregamento ( $SV / TRH$ ), o volume diário de  $CH_4$  por volume de biodigestor depende da biodegradabilidade do substrato, determinada pela capacidade máxima teórica de produção de metano pelo dejetos ( $B_0$ ), e dos parâmetros cinéticos: taxa de crescimento máximo específico ( $\mu_m$ ) e coeficiente cinético ( $k$ ). O cálculo encontra-se descrito na Equação 1.

$$Y_v = \frac{B_0 \cdot SV}{TRH} \cdot \left( 1 - \frac{k}{TRH \cdot \mu_m - 1 + k} \right) \quad (1)$$

Na qual:

$Y_v$	$m^3 CH_4/m^3 \text{ bio}/\text{dia}$	Produção em $m^3$ de $CH_4$ por $m^3$ do biodigestor ao dia
$B_0$	$L CH_4/g SV$	Capacidade máxima teórica de produção de metano pelo dejetos
$SV$	$g Sv/L \text{ dejetos}$	Sólidos voláteis
$TRH$	Dias	Tempo de retenção hidráulica
$k$	Adimensional	Coefficiente cinético
$\mu_m$	Dias	Dias para alcançar a taxa de produção de metano máxima específica

Nesse modelo de Hashimoto, Chen e Varel (1981), a quantidade de  $CH_4$  produzida se encontra diretamente proporcional ao  $B_0$ . Existem duas formas de se determinar o  $B_0$ . Ambas apresentam estimativas semelhantes e nenhum efeito da temperatura na sua determinação. A descrição desses procedimentos pode ser observada abaixo:

- Traçar o rendimento de  $CH_4$  em estado estacionário ( $m^3 CH_4/kg SV$  ou  $L CH_4/g SV$  alimentado) *versus* a reciprocidade do tempo de retenção, extrapolado para um tempo de retenção hidráulica infinito;

- b) Incubar quantidade conhecida de substrato até um valor insignificante de CH<sub>4</sub> ser produzida (fermentação a longo termo).

Baseado nas duas técnicas descritas acima, Hashimoto, Chen e Varel (1981) obtiveram o valor para o B<sub>0</sub> de dejetos de suínos de 0,50 ± 0,5 L CH<sub>4</sub>/ g SV. Outros valores também foram calculados e considerados, como o de 31,5 g SV/L dejetos, TRH de 30 dias , em uma temperatura de 35 °C.

Existe uma relação entre a temperatura (T) e a  $\mu_m$ , e esta pode ser observada e calculada por meio da Equação 2. Estudos demonstraram que a temperatura precisa estar entre 20 e 60 °C (HASHIMOTO; CHEN; VAREL, 1981). No estudo dos autores, alcançou-se o valor de  $\mu_m = 0,326$ , com a determinação da temperatura de 35 °C.

$$\mu_m = 0,013.T - 0,129 \quad (2)$$

Pela Equação 1 tem-se que, quando o B<sub>0</sub>, SV, TRH e  $\mu_m$  são constantes e o k aumenta, o Y<sub>v</sub> diminui. Assim, um acréscimo no k indica que alguma inibição ocorreu, que pode ser causada por sobrecarga de substrato, substâncias inibitórias acima dos limites e/ou transferência de massa de substrato reduzida. Cálculos de k foram realizados por Hashimoto, Chen e Varel (1981), e os resultados se mantiveram, praticamente, constantes em 0,60, com SV de 31,5 g SV/L dejetos.

O resultado de Y<sub>v</sub> para dejetos suínos, por meio dos parâmetros cinéticos apresentados, correspondeu a 0,49 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> biodigestor/dia (HASHIMOTO; CHEN; VAREL, 1981).

Esse modelo matemático é significativamente empregado para biodigestores implantados no Brasil, os quais são alimentados por dejetos suínos (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

O *Tier 2* consiste em outro modelo empregado para o cálculo do potencial teórico de produção de biogás de suinocultura, elaborado pelo IPCC (2006). Esse estima a produção de metano e sua fórmula encontra-se descrita na Equação 3.

$$EF = (SV . 365). [B_0 . 0,67 . \left(\frac{MCF}{100}\right). MS] \quad (3)$$

Na qual:



EF	kg CH <sub>4</sub> /cab/ano	Fator de emissão por população/categoria
SV	kg/animal/dia	Sólidos voláteis
B <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg SV	Capacidade máxima teórica de produção de metano pelo dejetos
MCF	%	Fator de conversão de metano para cada sistema de manejo de dejetos de acordo com o clima da região
MS	adimensional	Fator do sistema de gerenciamento de dejetos de acordo com o clima da região

Para suínos, os valores aplicados pelo IPCC (2006) correspondem a: SV de 0,3 kg/animal/dia; B<sub>0</sub> de 0,29 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SV; MCF de 79% e MS de 1.

Ambos os modelos de Hashimoto, Chen e Varel (1981) e de IPCC (2006) foram aplicados para o cálculo das estimativas de produção de biogás das propriedades entrevistadas.

Após o cálculo da produção de CH<sub>4</sub> (Y<sub>v</sub>), que se expressou em m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> de biodigestor/dia, necessitou-se multiplicar esse valor pelo volume do biodigestor, em m<sup>3</sup>, de cada propriedade, para se obter a produção em m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/biodigestor/dia. Para as propriedades que não apresentaram este tipo de tratamento, estimou-se o volume do biodigestor, em m<sup>3</sup>, por meio da multiplicação da quantidade de dejetos líquidos produzidos diariamente, estimado com base na Tabela 2.3, pelo TRH de 30 dias. Como não houve a distinção nas entrevistas entre matriz gestante e maternidade, fez-se uma média entre as duas estimativas, obtendo-se o valor de 0,0215 m<sup>3</sup>/dia de dejetos líquidos por matriz.

Os resultados dos cálculos das estimativas dos dois modelos foram comparados e determinou-se a metodologia mais adequada para o cálculo do potencial energético.

Na metodologia de IPCC (2006), adotou-se o valor de sólidos voláteis (SV) de 0,3 kg/animal/dia, e multiplicou-se o valor do fator de emissão por categoria (EF) pelo número de cabeças de animais da propriedade, resultado expresso em kg CH<sub>4</sub>/cabeça/ano.

Para possibilitar a comparação entre os resultados das duas metodologias aplicadas, transformou-se o resultado em m<sup>3</sup>/dia, por meio da multiplicação pelas densidades das misturas de gases calculadas, por cada categoria, e divisão pelo total de 365 dias de um ano. Portanto, obteve-se um valor de EF para cada categoria: unidade de terminação (UT), unidade produtora de leitões (UPL) e ciclo completo (CC).

Para ambas as metodologias, no resultado final, considerou-se a percentagem de CH<sub>4</sub> medida no biogás para cada categoria, por ser composto por uma mistura de gases, e não, exclusivamente, de CH<sub>4</sub>, e a padronização para as condições normais de temperatura e pressão.

### 3.5 CÁLCULO DO POTENCIAL ENERGÉTICO

O diferencial de temperatura gera impulso para máquinas térmicas, que precisam de uma fonte e dissipador de calor. Dentre elas, a combustão de um combustível é significativamente utilizada. Existem dois tipos de poder calorífico: o superior, que produz água em estado líquido, e o inferior, com formação de vapor d'água (ROSA, 2014).

Para calcular o potencial de produção de energia elétrica, aplicou-se a Fórmula de Dulong (SILVA; HERMETO, 1985), descrita pelo processo demonstrado nas Equações 4, 5 e 6.

$$PCI = \sum_{i=1}^N PCI_{gás} \cdot \%m_i \quad (4)$$

Na qual:

PCI=	Poder calorífico inferior (kcal/kg)
PCI <sub>gás</sub>	Poder calorífico inferior do gás analisado
%m <sub>i</sub>	Fração mássica

A fração mássica (%m<sub>i</sub>), por sua vez, é determinada pela Equação 5.

$$\%m_i = \frac{y_i \cdot MM_i}{\overline{MM}} \quad (5)$$

Na qual:

y <sub>i</sub> =	Fração molar
MM <sub>i</sub> =	Massa molar do gás (g/mol)
$\overline{MM}$ =	Massa molecular média (g/mol)

Para o cálculo da massa molecular média ( $\overline{MM}$ ), a Equação 6 foi aplicada.

$$\overline{MM} = \sum_{i=1}^N y_i \cdot MM_i \quad (6)$$

Os valores do  $PCI_{gás.}$ , aplicados na Equação 4, corresponderam a 11.950 kcal/kg para  $CH_4$  e 3.630 kcal/kg para  $H_2S$  (ASTM, 1998).

Transformou-se os resultados do PCI de kcal/kg para kcal/m<sup>3</sup>, mediante a Equação (7), com base em ANP (2015).

$$PCI_{mist} = PCI \cdot \rho \quad (7)$$

Na qual:

$PCI_{mist}$  = Poder calorífico inferior da mistura em kcal/m<sup>3</sup>  
 $\rho$  = Densidade do gás em kg/m<sup>3</sup>

A densidade foi calculada por meio da Equação 8, padronizada pelas condições de temperatura e pressão determinadas pela ANP (2015).

$$\rho = \frac{P \cdot \overline{MM}}{R \cdot T} \quad (8)$$

Na qual:

P= 101,325 KPa ou 1 atm Pressão  
R= 0,08205 adimensional Constante de gases perfeitos  
T= 20 °C ou 293,15 K Temperatura

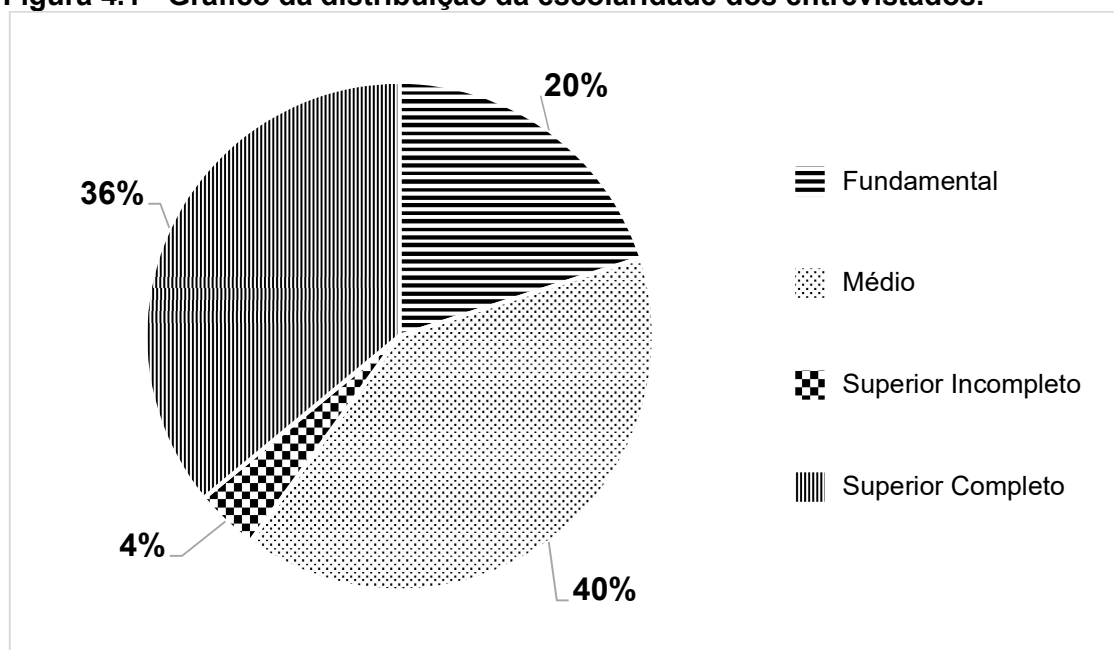
Importante ressaltar que cada kcal corresponde a, aproximadamente, 0,001163 kWh, unidade de medida de energia elétrica, aplicada na obtenção do resultado em kWh.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PERFIL DO PRODUTOR

Com relação ao perfil do produtor, dos 25 entrevistados, 80% foi do sexo masculino e 20% do sexo feminino. Todos apresentaram algum nível de escolaridade, que variou entre ensino fundamental e superior completo, cuja distribuição pode ser observada na Figura 4.1. Quanto ao estado civil, na maior parte, 76% eram casados, 20 % solteiros e 4% possuía união estável.

**Figura 4.1 - Gráfico da distribuição da escolaridade dos entrevistados.**



Fonte: Autoria própria (2017).

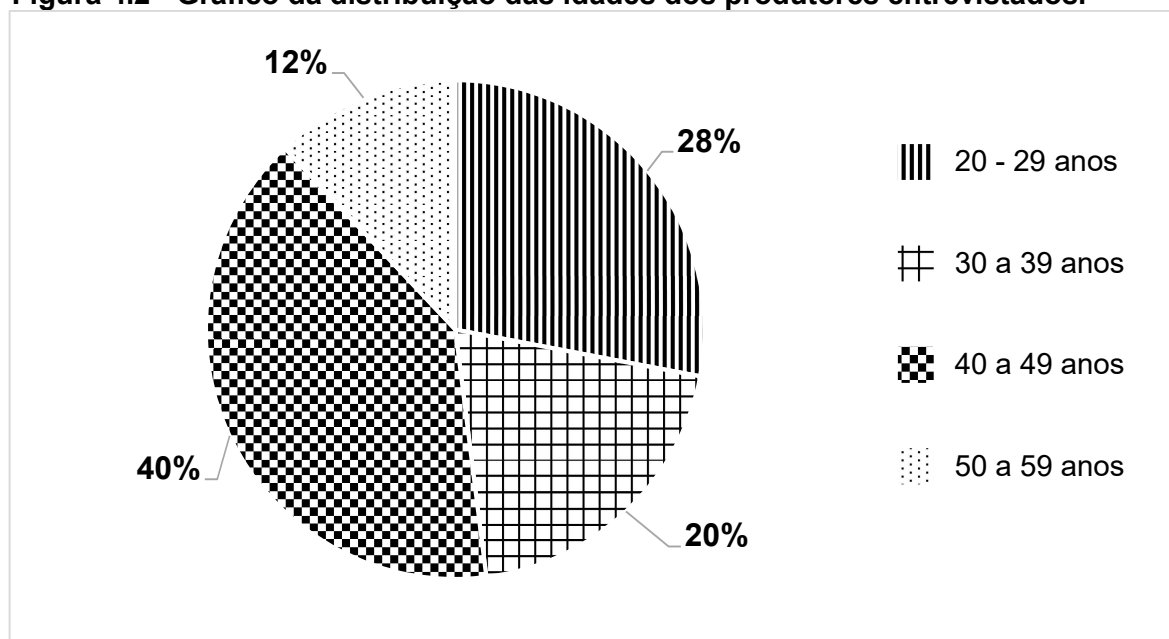
Com base nas informações da Figura 4.1, observa-se que os produtores entrevistados apresentaram significativo grau de instrução. Outra informação que pode ser contrastada com essa apresentada é de que 80% não trabalha em outro ramo que não seja o trabalho no campo, mesmo apresentando cursos em áreas não relacionadas com as atividades exercidas. Isso demonstra a decisão do produtor de permanecer na área rural.

Esses aspectos comprovam a ocorrência da valorização do campo que, sob a visão de Wanderley (2000), ocorreria com o estabelecimento do Pronaf nos anos 90.

Os moradores dessa área estariam se transformando em agricultores familiares “portadores de uma outra concepção de agricultura diferente e alternativa à latifundiária e patronal dominante no país”.

Os entrevistados apresentaram idades que variavam entre 20 e 56 anos, com média de 38,4 anos (Figura 4.2).

**Figura 4.2 - Gráfico da distribuição das idades dos produtores entrevistados.**



Fonte: Autoria própria (2017).

A maioria dos entrevistados, 88%, apresentou idade igual ou menor que 50 anos, e nenhum deles apresentou idade superior a 60 anos.

Nesta pesquisa, quando questionados sobre a pretensão de ampliação do plantel de suínos, 64% dos entrevistados relataram não haver interesse. Provável reflexo, esse, do fato de que, em março de 2016, a Gazeta do Povo noticiou que a suinocultura da região Sul do Brasil estaria próxima a entrar em colapso total. Essa informação tem como base a opinião de diversos produtores do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e muitos cogitariam deixar a atividade devido ao alto custo de produção, impulsionado pela inflação do milho<sup>1</sup> e o pagamento baixo pelo kg do suíno (GAZETA..., 2016). Porém, mesmo com o reflexo da alta dos preços, a atividade permanece expressiva e importante para a região.

<sup>1</sup>Em julho de 2016, a saca com 60kg de milho foi comercializada, em média, por R\$ 34,69. No mesmo mês do ano de 2015, a saca de milho era vendida pelo produtor por R\$ 20,74 a saca, o que reflete um aumento de 67,26% no ano (PARANÁ, 2016).

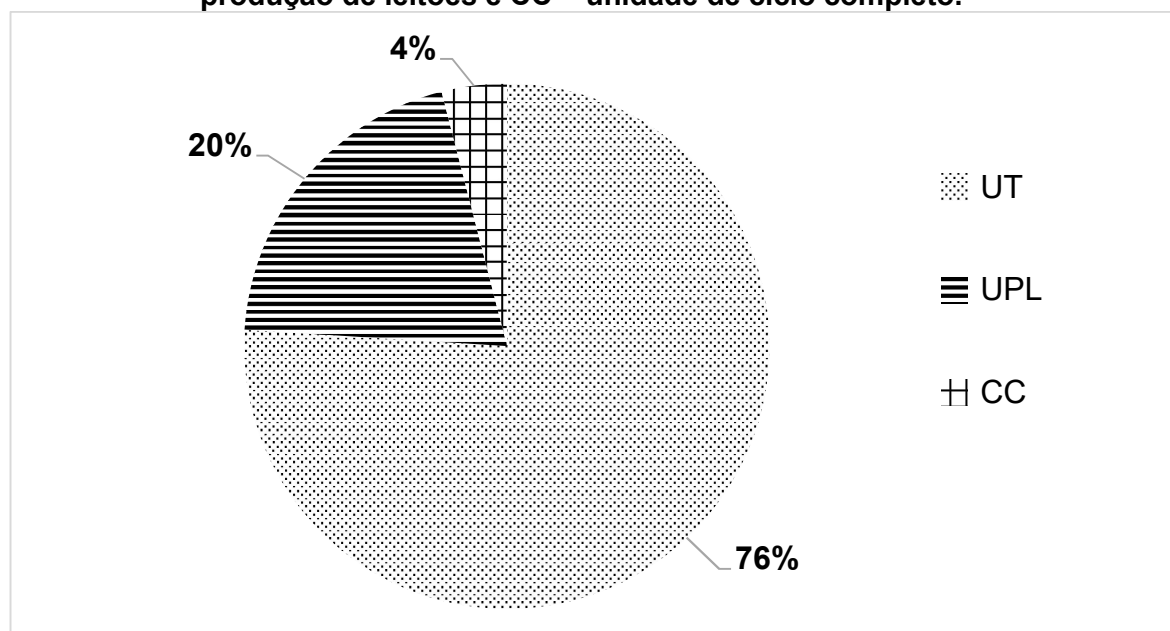
## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES

### 4.2.1 Sistemas de criação

De acordo com as entrevistas e visitas realizadas, o sistema de criação mais aplicado consiste em UT, com representação de 76% do total. Esse fator está de acordo com Coletti e Lins (2011), que citam a predominância do sistema de UT após os anos 2000. A distribuição dos tipos de criação encontra-se ilustrada na Figura 4.3.

O predomínio do sistema de produção em UT e UPL está interligado ao fato de 88% possuiu algum tipo de parceria com cooperativas da região, seja contrato de compra e venda ou comodato. A UT e a UPL necessitam de parcerias, seja para venda ou compra dos leitões, respectivamente.

**Figura 4.3 - Gráfico da distribuição dos sistemas de criação das propriedades pesquisadas, onde UT = unidade de terminação; UPL = unidade de produção de leitões e CC = unidade de ciclo completo.**



Fonte: Autoria própria (2017).

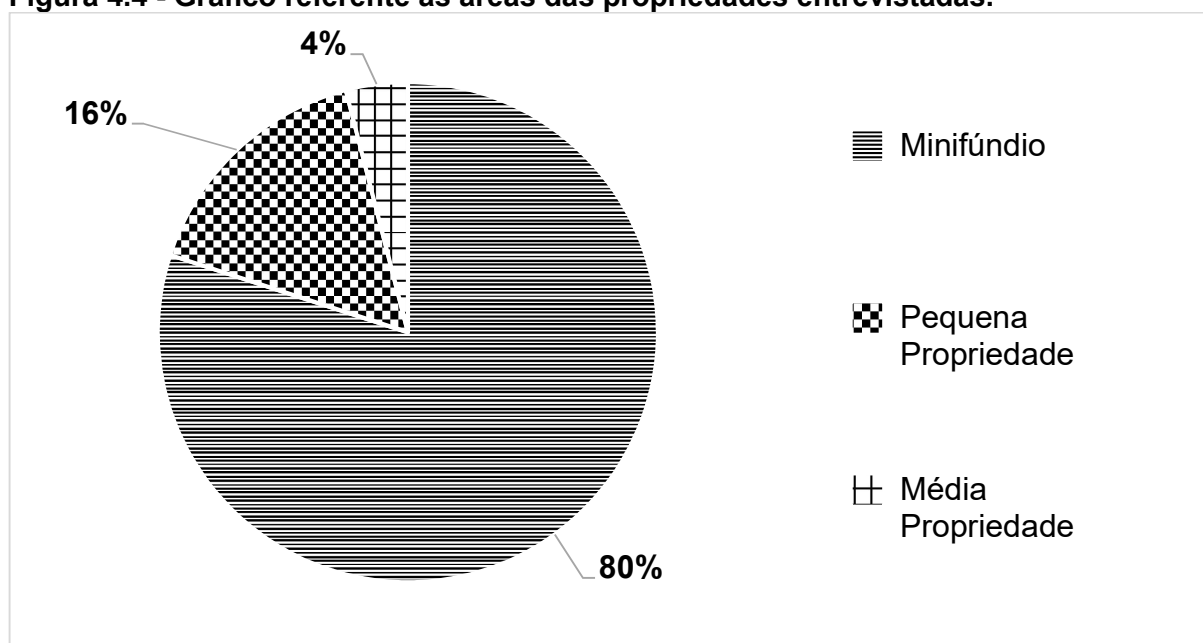
Coletti e Lins (2011) afirmam que, no modelo de integração da agricultura familiar com a agroindústria, as associações e cooperativas se abrangeram e, em sua pesquisa realizada no estado de Santa Catarina, em 11 das 13 propriedades rurais

visitadas havia alguma parceria, para fins como de agregar valor à produção e comercialização via fontes alternativas às existentes.

#### 4.2.2 Tamanho das propriedades

Segundo a Lei 8.629 (BRASIL, 1993), a classificação em relação ao tamanho da área dos imóveis rurais tem como base no número de módulos fiscais que, no Estado do Paraná, corresponde a 18 ha cada (IAP, 2017). Áreas inferiores a 1 (um) módulo fiscal são consideradas minifúndio; entre um e quatro módulos fiscais, classifica-se em pequena propriedade; superior a quatro até quinze, média propriedade; e superior a quinze, grande propriedade (BRASIL, 1993). Com base nessas informações, um gráfico referente às áreas das propriedades visitadas pode ser observado na Figura 4.4.

**Figura 4.4 - Gráfico referente às áreas das propriedades entrevistadas.**



Fonte: Autoria própria (2017).

Observa-se que 80% possuiu minifúndios. Destes, 60% comentou haver outras atividades além da produção de suínos. Portanto, o tamanho reduzido da propriedade não restringe à implementação de atividades complementares à renda.

Ao analisar todos os entrevistados que apresentaram outras fontes de renda além da suinocultura, como bovinocultura e lavoura, obteve-se o valor de 68% que, em sua totalidade, são unidades de terminação. Sugere-se que o motivo esteja relacionado ao fato de que esse sistema contemple somente uma das fases de produção do suíno, a terminação, enquanto as outras modalidades apresentam mais de duas fases (ABCS, 2014). Assim, unidades de produção de leitões e de ciclo completo (CC) representam tanto o maior trabalho com manutenção e manejo, quanto maiores lucros com a venda dos animais, o que pode ocasionar a não implantação de fontes complementares de renda.

#### 4.2.3 Alimentação, dessedentação e manejo dos dejetos

Ao analisar os sistemas de alimentação e dessedentação dos animais, todas as propriedades apresentaram sistemas automatizados. Ipardes (2002), Rached (2009) e Allegretti, Schmidt e Machado (2014), relataram, em épocas distintas, sobre o desenvolvimento tecnológico observado e registrado nas granjas do Brasil.

Rached (2009) cita que, quando as granjas estão voltadas para os grandes mercados internos e externos, ocorre o desenvolvimento tecnológico para que haja o aumento da produtividade. Além disso, os sistemas integrados com a agroindústria viabilizam o fornecimento de créditos aos produtores que podem investir em melhorias técnicas, como a automatizações de processos (ALLEGRETTI; SCHMIDT; MACHADO, 2014).

Com relação à destinação dos dejetos suínos, 20% apresentaram sistema de biodigestão com biodigestores canadenses, enquanto que 80% destinam seus resíduos para esterqueiras.

Ao serem questionadas as razões pelas quais os produtores decidiram implantar o biodigestor em suas propriedades, quatro declaram ter tido apoio financeiro para a instalação do sistema e entraram com a manutenção. Dessas, todas aplicam o biogás como fonte de energia elétrica para a propriedade. Apenas uma delas instalou o sistema com recurso próprio, devido às exigências ambientais e somente realiza a queima do gás, ou seja, não o aproveita para nenhum fim.

Os motivos citados para a não implementação do sistema de biodigestão são:



- a) 50% declarou ser inviável financeiramente;
- b) 15% não considera uma prioridade;
- c) 15% está com projetos de instalação em andamento;
- d) 10% nunca teve interesse na instalação;
- e) 10% considera inviável por ter uma produção pequena de suínos.

Da maioria que declarou não apresentar recursos financeiros suficientes para o investimento nesse método de tratamento de dejetos suínos, três comentaram a falta de apoio de órgãos públicos e empresas privadas para que propriedades pequenas instalem biodigestores.

#### 4.2.4 Percepção com relação à importância da suinocultura e da utilização do biogás

Foi investigada e caracterizada a percepção dos suinocultores com relação às questões como a importância da suinocultura e do conhecimento a respeito do biogás e da importância de sua utilização.

Acerca da importância da suinocultura, a maioria de 40% a associou ao ganho extra que complementa a renda familiar. Já 32% alegaram que a atividade é a principal fonte de renda familiar, e 12% citou que a importância vem devido à produção de alimentos.

O entrevistado 22 afirmou que *“... a importância de qualquer produção de alimento é saber que você está sustentando alguém. Hoje a atividade mais importante que existe é produzir alimento”*. A porcentagem de 8% abrangeu a importância para o país e região. Ambos declaram que a suinocultura gera muitos empregos e movimenta a região. Os outros 8% enfocaram na facilidade do manejo da atividade.

Os entrevistados 09 e 21 citaram também que a suinocultura é importante para fixar as pessoas no campo, porque traz uma renda segura para o produtor. O entrevistado 05 afirmou que *“...a suinocultura está devolvendo os filhos para o interior”*. Wanderley (2000) cita que expectativas favoráveis da produção agropecuária local, que garantam renda adequada, são aspectos que incentivam a permanência no meio rural. Assim, a suinocultura tem disponibilizado isso para os produtores entrevistados, em sua maioria.

Ao questionar os entrevistados com relação ao biogás, somente 8% afirmou não conhecer sobre o assunto, e 40% focou na importância ambiental, energética e econômica da sua utilização. O entrevistado 06 ainda complementou que “... se você consegue colocar um biodigestor, além de fornecer renda, isso coloca um brinco de ouro na propriedade, as pessoas veem de outra forma. Dá um auge na propriedade e no nome da suinocultura”. Outros 40% enfocaram nas questões energéticas e econômicas da utilização do gás. O entrevistado 04 ainda alegou que “... não se é dado o devido valor para ele (biogás) no Brasil, dado ao seu potencial”. Os que focaram, somente, em questões ambientais, correspondem a 8%, e apenas 4% focou em questões técnicas com relação ao manejo de dejetos.

Nota-se que a maioria, 92%, reconhece, de alguma forma, a importância do biogás, ponto muito relevante, pois, como Bley Júnior (2015) afirma, o não reconhecimento do valor do biogás por quem o produz consiste em um fator que desestimula a progressão necessária de sua adoção e difusão.

Em maio de 2017, o Programa Agro Energia foi lançado em parceria com órgãos governamentais e empresas privadas, que tem por objetivo investir na produção de energia limpa e renovável em atividades de agronegócio, o que irá possibilitar a redução dos custos e melhorar a competitividade do setor. O Banco do Brasil estima o investimento de até R\$ 1 bilhão nos próximos anos na região Oeste do Paraná, que serão usadas para instalar biodigestores, comprar geradores e integrar a propriedade agrícola à rede elétrica (WEB ..., 2017).

Com o reconhecimento da importância do biogás expressa pelos produtores na análise de percepção, aliada ao apoio de investidores, as expectativas do avanço dessa fonte renovável de energia na região são consideravelmente elevadas.

#### 4.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

Para a realização dos cálculos de produção de biogás e do potencial energético, mediu-se a composição média do biogás produzido nas unidades pesquisadas. Para tanto, as propriedades amostradas deveriam apresentar sistema de biodigestão instalado e, assim, selecionou-se uma de cada categoria animal – uma

UT, uma UPL e uma CC. Foram feitas três medições em cada propriedade e as médias dos resultados obtidos podem ser observadas na Tabela 4.1.

O desvio padrão, ou seja, a dispersão dos dados em torno da média amostral dos valores medidos de CH<sub>4</sub> para UT foi de 0,0057; para UPL de 0,028; e para CC de 0,15.

**Tabela 4.1 - Composição média do biogás produzido pelas propriedades entrevistadas**

<b>CATEGORIA</b>	<b>%CH<sub>4</sub></b>	<b>%CO<sub>2</sub></b>	<b>ppm H<sub>2</sub>S</b>	<b>%AR (N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>)</b>
UT	49,10	27,80	1414	1,68
UPL	51,51	32,85	1530	0,75
CC	52,55	32,19	2925	0,00

UT = Unidade de Terminação; UPL = Unidade de Produção de Leitões; CC = Ciclo Completo.

Fonte: **Autoria própria (2017).**

Gusmão (2008) obteve variações e composições médias de CH<sub>4</sub> maiores para todos os tipos de criação pesquisados. Para UT, os resultados foram de 65 ± 5,41; UPL de 66,9 ± 7,89; e CC de 70,8 ± 1,28, porém a ordem crescente de produção permaneceu a mesma (UT<UPL<CC).

Mago et al. (2010) avaliou a concentração de CH<sub>4</sub> em doze biodigestores de atividade suinícola em Santa Catarina, e apresentou resultados considerados pelos autores dentro da faixa recomendada pelas literaturas. As maiores concentrações ocorreram nos períodos mais quentes do ano e a média correspondeu a 61,5% de CH<sub>4</sub>.

Segundo Hashimoto, Chen e Varel (1981), inibições de produção de CH<sub>4</sub> podem ocorrer devido a diversos fatores, como: sobrecarga do substrato, substâncias inibitórias acima dos limites e/ou transferência de massa de substrato reduzida.

Gusmão (2008) analisou as composições no período do verão, enquanto os dados observados na Tabela 4.1 foram medidos no outono. Essas diferenças de temperatura entre as duas estações do ano (verão e outono) devem ser consideradas, pois, em biodigestores, as bactérias têm maior atividade na fase mesofílica (20 a 45 °C), e eles são projetados de forma a que o processo ocorra nessas condições (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006). As bactérias metanogênicas apresentam melhor fermentação de seus metabólitos na faixa de temperatura entre 30 a 37 °C (OLIVEIRA, 2004). Portanto, em temperaturas inferiores, a biodigestão anaeróbia pode ser inibida,

possível motivo pelo qual as produções de CH<sub>4</sub> apresentaram-se inferiores às de Gusmão (2008).

Em todas as unidades pesquisadas, somente houveram traços de H<sub>2</sub>S, com ordem crescente de produção diretamente proporcional à de CH<sub>4</sub>. Todos os valores foram superiores à 1000 ppm, assim como para Gusmão (2008). Lins, Mito e Fernandes (2015) apresentaram, em uma unidade de suinocultura de terminação, a produção de 2.782,3 ppm, e em uma produção de leitões, 1.309,1 ppm.

Nas unidades medidas existe um nível aceitável de H<sub>2</sub>S para o seu uso, porém, como Lins, Mito e Fernandes (2015) ressaltam, a presença desse componente pode trazer corrosão de equipamentos e odor característico.

#### 4.4 ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

##### 4.4.1 Produção média de dejetos e dimensionamento de biodigestores

Para realizar a estimativa de produção média de dejetos, necessita-se conhecer o número de animais. Das propriedades visitadas, somente uma apresentou sistema de criação ciclo completo (CC), cinco unidades produtoras de leitões (UPL) e dezenove unidades de terminação (UT). Registrou-se o número de suínos das propriedades e o resultado pode ser observado no esquema dos cinco números da Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 – Esquema dos cinco números para a variável número de suínos total e por sistema de produção**

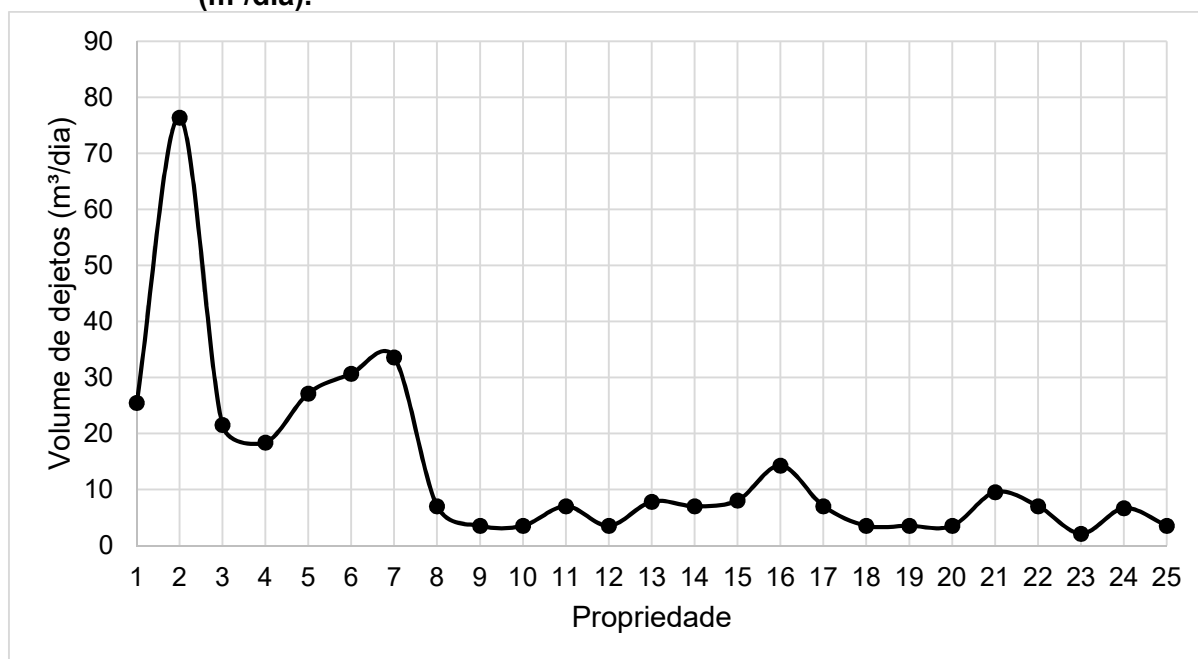
VARIÁVEL	ESQUEMA DOS CINCO NÚMEROS				
Número de suínos (TOTAL)	MÍNIMO 300	1ºQ 500	MÉDIA 2032	3ºQ 2818	MÁXIMO 9542
Número de suínos (UPL)	1000	2300	4207	6313	7507
Número de suínos (UT)	300	500	1064	1118	4800

Fonte: Autoria própria (2017).

O número máximo de 9542 do total de suínos é referente à única unidade de CC avaliada, que se apresenta como o sistema de produção com o maior número de animais. Essa modalidade é composta por todas as categorias de suínos: reprodutor, fêmea para reposição, matriz em gestação, matriz em lactação; leitão até 25 kg; suínos com peso acima de 25 kg (IAP, 2016), o que possibilita o sobressalto nessa variável. Deste modo, o sistema de UPL apresentou a segunda maior média de número de animais (4207), e o sistema com menor quantidade de categorias de suínos mostrou a menor média do total de animais (1064).

Estimou-se a produção diária de dejetos em m<sup>3</sup>. Os resultados podem ser observados na Figura 4.5.

**Figura 4.5 – Gráfico do volume estimado de produção de dejetos por propriedade (m<sup>3</sup>/dia).**



Fonte: Autoria própria (2017).

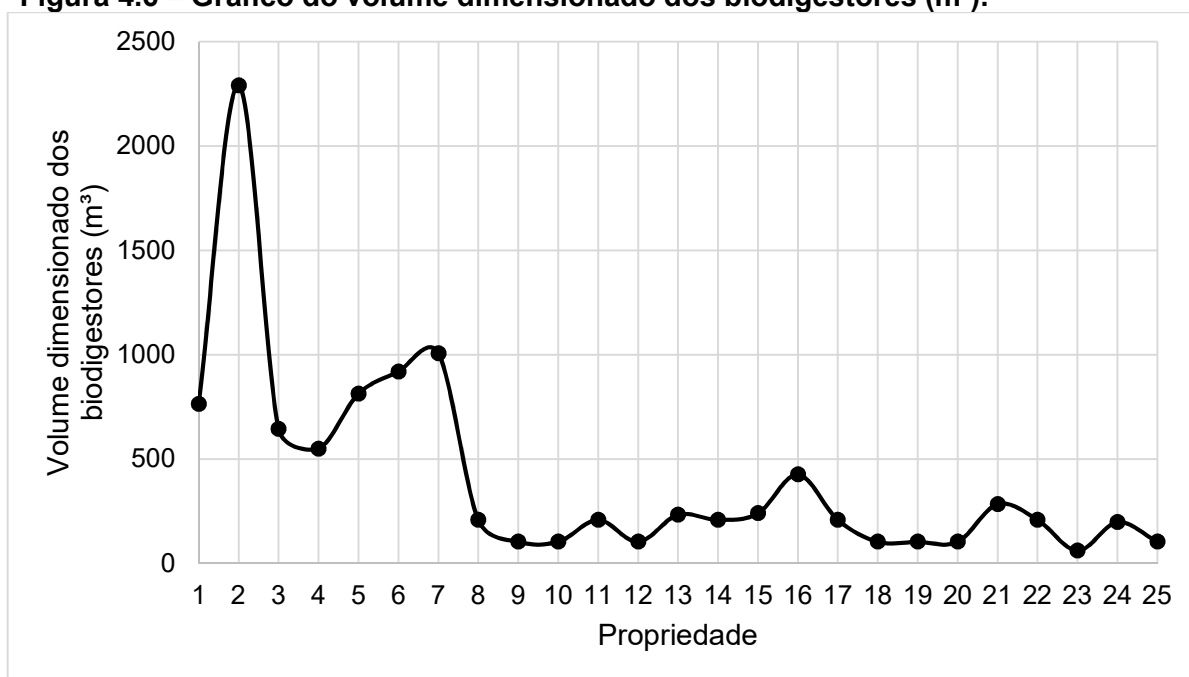
A propriedade 02, que corresponde à única CC e com o maior número total de suínos, mostrou-se com a maior estimativa de produção de dejetos: 76,39 m<sup>3</sup>/dia. O motivo relaciona-se, também, com a presença de todas as categorias de suínos no sistema de produção de CC e, em especial, de matrizes e suínos em terminação (IAP, 2006).

A maior média de número total de suínos, conforme a Tabela 4.1, foi das unidades produtoras de leitões. Porém, a segunda maior estimativa de produção de dejetos, de 33,60 m<sup>3</sup>/dia, foi da propriedade 07, que corresponde a uma UT.

Segundo Tietjen (1966); Loehr (1974); Sancevero et al. (1979); Kozen (1980); Committee of National Pork Producers Council (1981) apud Oliveira (1993), os leitões são os menores produtores de dejetos, e representam a maioria no plantel das UPL pesquisadas, o que pode ter influenciado no resultado, além do fato de que a propriedade 07 representa a UT com maior número maior número de suínos.

Com base nas estimativas de produção de dejetos, o volume dos biodigestores foi calculado com TRH de 30 dias. O gráfico dos dimensionamentos pode ser observado na Figura 4.6.

**Figura 4.6 – Gráfico do volume dimensionado dos biodigestores (m<sup>3</sup>).**



Fonte: Autoria própria (2017).

Ao comparar-se as Figuras 4.5 e 4.6, nota-se que o dimensionamento dos biodigestores é diretamente proporcional à produção de dejetos. O maior volume, assim como o maior número de animais e de produção de dejetos, também é representado pela propriedade 02, com 2291,68 m<sup>3</sup>, seguido pela propriedade 07, com 1008 m<sup>3</sup>.

Cinco propriedades apresentaram biodigestores instalados, cujas quantidades e volumes totais reais podem ser observados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 – Quantidade e volume total dos biodigestores instalados nas propriedades com sistema de biodigestão implantado**

CÓDIGO DA PROPRIEDADE	CATEGORIA DA PRODUÇÃO	NÚMERO TOTAL DE SUÍNOS	QUANTIDADE DE BIODIGESTORES INSTALADOS	VOLUME TOTAL DE BIODIGESTORES INSTALADOS (m <sup>3</sup> )
02	CC	9542	03	6000
04	UPL	5119	02	1600
06	UPL	7507	02	3000
07	UT	4800	02	1400
20	UT	500	01	300

Fonte: Aatoria própria (2017).

No volume total dos biodigestores instalados, observa-se uma ordem proporcional ao número total de animais, diferente do que ocorreu nas estimativas. Além disso, nota-se que a estimativa sugere a instalação de biodigestores com valores até três vezes menores.

O volume total instalado na propriedade 07, de 1400 m<sup>3</sup>, corresponde ao que mais se aproximou do valor estimado, que foi de 1008 m<sup>3</sup>. O fato de não apresentar muitas variações nas categorias de suínos pode representar uma possível causa desses valores próximos.

O cálculo do dimensionamento está ligado à produção média de dejetos líquidos, determinada com base em pesquisa de Tietjen (1966); Loehr (1974); Sancevero et al. (1979); Kozen (1980) e Comittee of National Pork Producers Council (1981) apud Oliveira (1993). Porém, como Oliveira (1993) afirma, essa quantidade varia conforme diversos fatores, como produção de urina, que depende da quantidade de água ingerida pelo animal, e, também, a quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros e utilizada na limpeza das instalações. Uma margem de segurança deve ser adotada, ponderando-se esses fatores.

Cada propriedade necessita de um estudo específico, com a consideração de suas particularidades no momento de implementação do sistema de biodigestão, como, por exemplo, a pretensão de ampliação do plantel de animais.

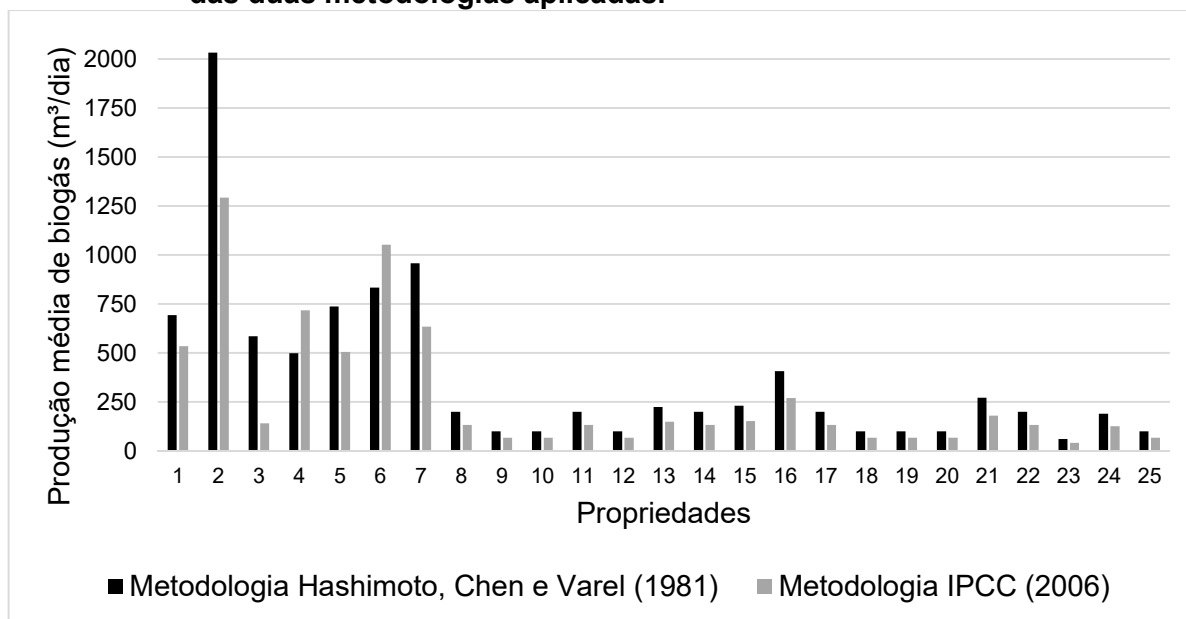
#### 4.4.2 Produção média de biogás

A produção média de biogás foi calculada com base em duas metodologias, as quais foram comparadas para que, então, apenas uma fosse tomada como base para os cálculos de potencial energético.

O gráfico da comparação entre as produções médias de biogás ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ) das estimativas baseadas em Hashimoto, Chen e Varel (1981) e IPCC (2006) conforme a Figura 4.7.

A maior produção média potencial calculada foi na propriedade 02, a única CC visitada e, também, a com maior número de matrizes (2.105) e total de animais (9.542). A segunda propriedade com maior número de animais (7.507), a propriedade 6, UPL, não correspondeu à segunda maior potencial produtora de biogás.

**Figura 4.7 - Gráfico da comparação entre as produções médias de biogás ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ) das duas metodologias aplicadas.**



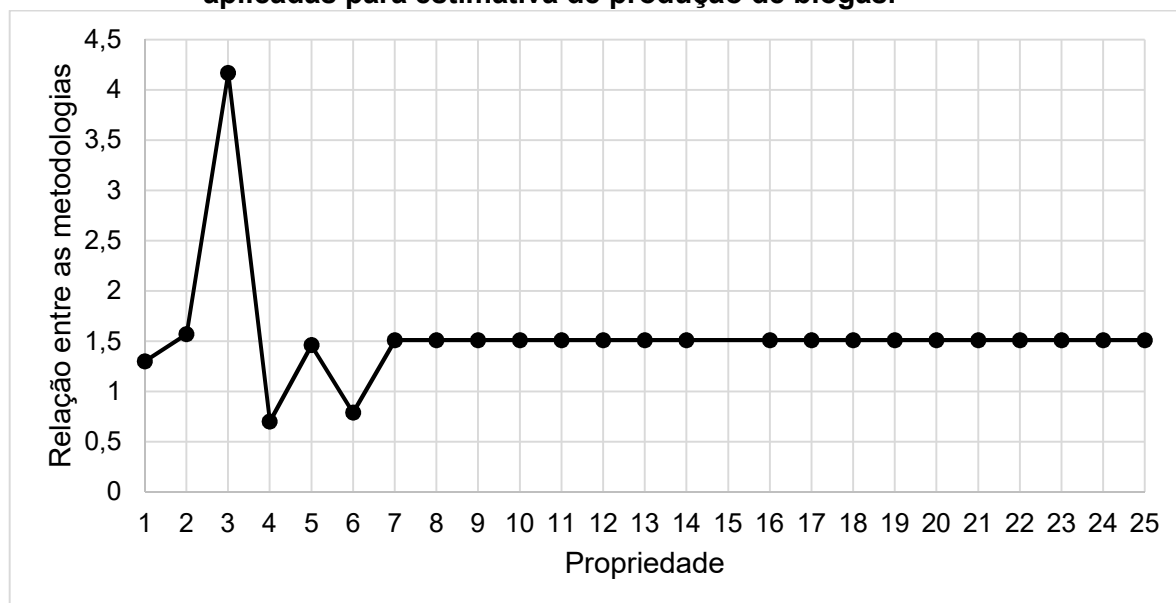
Fonte: Autoria própria (2017).

Isso ocorreu pelo fato de que o número total de matrizes (1.000) dessa propriedade é semelhante ao das outras UPL, ultrapassando-as somente em quantidade de leitões, e, conforme a Tabela 2.3, a produção de dejetos é maior em matrizes e, conseqüentemente, também, a de biogás.

Notou-se que houve diferença entre os resultados das metodologias e calculou-se a relação entre elas. Figura 4.8.



**Figura 4.8 – Gráfico da relação entre os resultados obtidos nas duas metodologias aplicadas para estimativa de produção de biogás.**



Fonte: Autoria própria (2017).

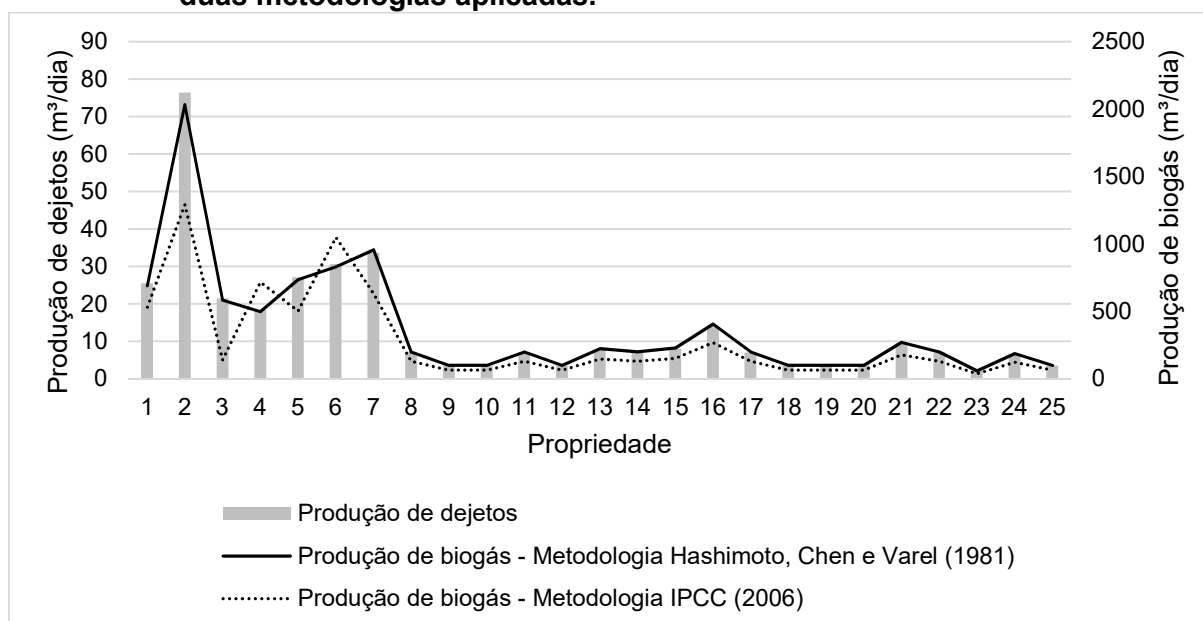
Obteve-se uma média de 1,55 na diferença entre os resultados, ou seja, os resultados da metodologia de Hashimoto, Chen e Varel (1981) são, em média, 1,55 vezes maiores do que os do IPCC (2006), com um valor mínimo de 0,70 e máximo de 4,17. O desvio padrão amostral, ou seja, a dispersão dos dados em torno de média amostral, foi de 0,59.

Quando comparadas por categoria, a unidade de CC apresenta relação de 1,57 na comparação dos resultados, e nas UTs o valor permaneceu em 1,51 na totalidade das amostras. Já as UPLs apresentaram a maior variação nas relações, com média de 1,68 e desvio padrão de 1,43. O valor mínimo foi de 0,70 e máximo de 4,17. As diferenças de parâmetros considerados para os cálculos influenciam nesses resultados.

Nas propriedades 04 e 06, a relação foi de 0,79 e 0,70, respectivamente, o que demonstra que a produção de biogás na metodologia de IPCC (2006) foi maior, comparada com a de Hashimoto, Chen e Varel (1981). Isso se deve ao fato de que as propriedades apresentaram elevado número total de cabeças de suínos, favorecendo a primeira metodologia na obtenção de resultados maiores, por ser baseada nesse fator (nº total de cabeças de suínos).

O gráfico da relação entre a produção de dejetos (m³/dia) e a produção de biogás (m³/dia) das duas metodologias pode ser observado na Figura 4.9.

**Figura 4.9 - Gráfico da relação entre a produção de dejetos e a produção de biogás das duas metodologias aplicadas.**



Fonte: Autoria própria (2017).

Na metodologia de Hashimoto, Chen e Varel (1981), considera-se o volume do biodigestor, enquanto a do IPCC (2006) o número de cabeças de animais. Essas relações ficam claras no gráfico da Figura 4.9. Na primeira metodologia, a produção de biogás acompanha a produção de dejetos em todos os sistemas de produção, enquanto na segunda somente em UT (propriedades 07 a 08).

Pelo fato de que as matrizes geram a quantidade mais significativa de dejetos, conforme Tietjen (1966); Loehr (1974); Sancevero et al. (1979); Kozen (1980); Committee of National Pork Producers Council (1981) apud Oliveira (1993); Perdomo (1999) e ABCS (2011), e as UPL e CC possuem esse tipo de suíno, padronizar o valor conforme o número de cabeças pode subestimar a capacidade que é possível de o biodigestor produzir de biogás, pois cada tipo de animal gera uma quantidade diferente de dejetos.

Kerkhoff et al. (2015), afirma que os dados de entrada para calcular o EF na metodologia do IPCC, são somente de SV e  $B_0$ , e adotam-se outros valores e fatores estabelecidos pelo IPCC para a América Latina, sem detalhar as particularidades de cada região dessa extensa faixa territorial. Porém, o método apresenta significativa relevância porque serve de base para a criação de modelos adaptados para a região de interesse.

A produção média de biogás por suíno, de cada metodologia aplicada e real, foi calculada e pode ser observada na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4 – Comparação entre as metodologias de cálculo para valores de produção de biogás por animal**

METODOLOGIA	PRODUÇÃO MÉDIA DE BIOGÁS EM CC (m <sup>3</sup> /matriz/dia)	PRODUÇÃO MÉDIA DE BIOGÁS EM UPL (m <sup>3</sup> /matriz/dia)	PRODUÇÃO MÉDIA DE BIOGÁS EM UT (m <sup>3</sup> /suíno/dia)
Hashimoto, Chen e Varel (1981)	0,97	0,73	0,20
IPCC (2006)	0,61	0,69	0,13
Valor Real (propriedade 07)	-	-	0,16

Fonte: Autoria própria (2017).

Oliveira e Higarashi (2006) apresentaram uma produção média de biogás, por suíno em terminação, de 0,24 m<sup>3</sup>/dia, enquanto que Gusmão (2008) de 0,216 m<sup>3</sup>, valores mais aproximados com a metodologia de Hashimoto, Chen e Varel (1981).

A propriedade 07 correspondeu à única a apresentar gasômetro em pleno funcionamento nos períodos de visitas. A produção que foi medida, de 0,16 m<sup>3</sup>/suíno/dia, encontra-se na média entre o valor obtido nas duas metodologias. Ressalta-se que, nos dias em que a visita foi realizada, o biodigestor passava por manutenções e experimentos para aprimorar a purificação do biogás, o que pode ter influenciado na produção do gás.

Gusmão (2008) também avaliou valores de produção por matrizes em UPL e CC, e obteve os resultados de 1,056 m<sup>3</sup>/dia e 0,432 m<sup>3</sup>, respectivamente. Esses valores dependem das características dos dejetos de suínos e do respectivo processo anaeróbio. Nota-se, mais uma vez, que a presença de mais de uma fase na criação dos suínos em uma propriedade corresponde ao fator chave para a variação de valores em estimativas de produção de biogás, devido às diversas especificidades presentes na geração dos dejetos líquidos dessas unidades.

Por ser uma metodologia ligada ao volume de geração de dejetos, o qual foi calculado por categoria, tomou-se como base para a discussão dos demais resultados as estimativas da metodologia de cálculo de Hashimoto, Chen e Varel (1981). Os resultados de produção média de biogás dessa metodologia encontram-se detalhados na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5 – Esquema dos cinco números para a produção média de biogás (m<sup>3</sup>/dia) total e por sistema de produção**

VARIÁVEL	ESQUEMA DOS CINCO NÚMEROS				
Produção média de biogás em m <sup>3</sup> /dia (TOTAL)	MÍNIMO 59,8	1ºQ 99,7	MÉDIA 376,3	3ºQ 541,1	MÁXIMO 2032,8
Produção média de biogás em m <sup>3</sup> /dia (UPL)	498,4	541,1	668,8	784,9	832,6
Produção média de biogás em m <sup>3</sup> /dia (UT)	59,8	99,7	212,1	222,9	957,0

Fonte: Autoria própria (2017).

A maior produção média de biogás correspondeu a da unidade de CC, e foi de 2032,8 m<sup>3</sup>/dia. A produção total de biogás encontrada para as 25 propriedades entrevistadas foi de 9.406,59 m<sup>3</sup>/dia. Dessas, somente 05 produzem e aplicam o biogás como energia elétrica para compensação. Porém, a única a realizar a medição corresponde à propriedade 07, que citou produzir, em média, 761 m<sup>3</sup>/dia de biogás, com a ressalva de que os biodigestores estavam passando por manutenções e experimentos na purificação do biogás no momento da visita. O valor estimado para essa propriedade foi de 956,96 m<sup>3</sup>/dia.

ABCS (2014) e Chernicharo (1997) citam que diversos são os fatores que influenciam na capacidade do biodigestor em realizar a digestão dos dejetos, como temperatura, SV, atividade dos microrganismos e TRH. Por isso, as estimativas não apresentam resultados exatos com os valores reais. O ideal consiste na determinação de valores de SV e B<sub>0</sub> específicos para cada propriedade, com coletas de amostras e testes laboratoriais. Porém, para pesquisas de potencial de produção de biogás de regiões, estados ou países, realizar essa especificação torna-se inviável (KERKHOFF et al., 2015). Um resultado aproximado seguro da produção de biogás potencial é relevante para a determinação de estratégias para o aproveitamento energético do gás e de seus subprodutos (MARQUES e SILVA, 2014).

#### 4.3.4 Potencial energético

O agente que impulsiona máquinas térmicas consiste no diferencial de temperatura (ROSA, 2014), como, por exemplo, os motores à combustão que são utilizados na produção de energia do biogás. Por isso, saber o PCI do gás é essencial para o cálculo de potencial energético, pois os valores se alteram e são específicos para cada propriedade, e o cálculo desse fator é intrinsecamente ligado à composição média do gás.

Os resultados do cálculo de potencial energético (kWh/dia) de cada propriedade e total podem ser observados na Tabela 4.6.

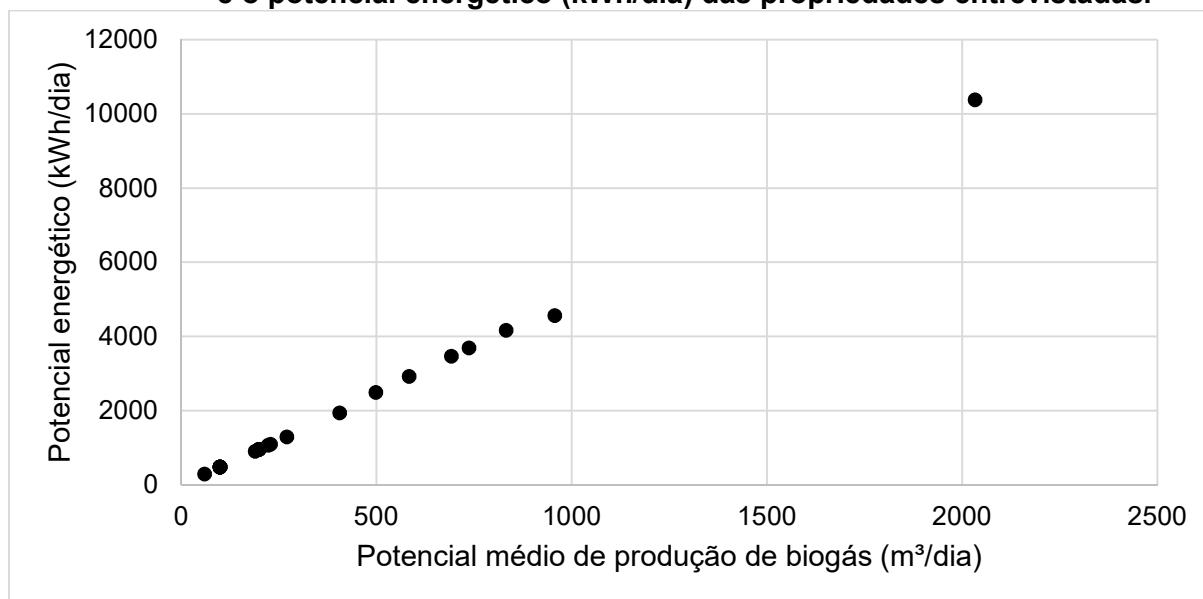
**Tabela 4.6 – Esquema dos cinco números para o potencial energético (kWh) total e por sistema de produção** (continua)

VARIÁVEL	ESQUEMA DOS CINCO NÚMEROS				
Potencial energético em kWh/dia (TOTAL)	MÍNIMO 285	1ºQ 476	MÉDIA 1854	3ºQ 2494	MÁXIMO 10381
Potencial energético em kWh/dia (UPL)	2494	2708	3347	3928	4167
	(conclusão)				
Potencial energético em kWh/dia (UT)	285	476	1012	1007	4566

Fonte: Autoria própria (2017).

O maior potencial energético apresentado correspondeu ao da única unidade de CC, e foi de 10.381 kWh/dia. O potencial energético total encontrado, das 25 propriedades, correspondeu a 46.346 kWh/dia. Dessas, a com maior produção potencial de energia elétrica foi a de CC, com 10.381 kWh/dia. A média de produção em UPL calculada foi de 3.347 kWh/dia, e a em UT de 1.012 kWh/dia. A média do total correspondeu a 1.854 kWh/dia, com desvio padrão de 2191, o que demonstra a considerável variação de resultados entre as propriedades. Nota-se que os valores foram diretamente proporcionais à produção potencial de biogás. Esse fator pode ser melhor observado no gráfico da Figura 4.10.

**Figura 4.10 - Gráfico da relação entre o potencial médio de produção de biogás (m<sup>3</sup>/dia) e o potencial energético (kWh/dia) das propriedades entrevistadas.**



Fonte: Autoria própria (2017).

Pode-se notar por meio do gráfico da Figura 4.10 que, quanto maior o potencial de produção de biogás, o potencial energético é ampliado. Kerkhoff et al. (2016) afirmam que se os valores calculados nas estimativas de potencial de produção de biogás forem convertidos para energia elétrica, isso representa um incremento relevante na oferta energética da região de produção.

Após conhecer o potencial energético, o biogás pode ser aplicado para o autoabastecimento da unidade produtora (BLEY JÚNIOR, 2015). Das 08 propriedades que apresentaram maior potencial energético médio, 04 citaram produzir e aplicar o biogás como energia elétrica, e conseguem compensar toda a energia necessária para o funcionamento de suas granjas: as propriedades 02, 04, 06 e 07. A propriedade 20 apresentou sistema de biodigestão, mas somente com a queima do biogás. As outras 17 corresponderam a UT com, no máximo, uma média de 1150 animais, e não possuem sistema de biodigestão instalado, portanto, não produzem biogás para qualquer aplicação.

Dos motivos para a não implantação de sistema de biodigestão para a produção de biogás, na maioria das propriedades (60%) foi a inviabilidade financeira e a valores inviáveis de plantel de suínos para tal. Bley Júnior (2015) cita que os biodigestores podem ser interligados à gasodutos rurais, e formam-se condomínios produtores de biogás que se associam e interligam-se a uma só central geradora de energia. Esses projetos oferecem escala para economia do biogás, o que viabiliza a

implantação do sistema para os pequenos produtores, com resultados relevantes dos pontos de vista ambiental, energético e, principalmente, econômico.

Devido à proximidade de 12 propriedades visitadas, as quais ainda não possuem sistema de biodigestão, desenhou-se uma possibilidade de implantação de condomínio de agroenergia (Figura 4.10), desconsiderando-se a localização e ligação do gasoduto até uma microcentral termelétrica, que apresentaria o conjunto motogerador para gerar energia às unidades produtoras de biogás.

**Figura 4.11 – Imagem que demonstra a possibilidade de implantação de condomínio de agroenergia, com a unificação de pequenas propriedades produtoras de biogás.**



Fonte: Adaptação de Google Earth (2017).

Realizou-se o cálculo do potencial médio de produção de biogás e energético somente dessas 12 propriedades próximas. Os resultados estão descritos na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7 - Potencial médio de produção de biogás e energético de 12 propriedades próximas como sugestão para condomínio de agroenergia**

TOTAL DE PROPRIEDADES	NÚMERO TOTAL DE ANIMAIS	POTENCIAL MÉDIO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS (m³/dia)	POTENCIAL ENERGÉTICO (kWh/dia)	EXTENSÃO ESTIMADA DE GASODUTO (km)
12	10.303	2054,06	10276,84	15

Fonte: A autoria própria (2017).

O primeiro condomínio de agroenergia do Brasil, formado por 33 pequenas propriedades rurais, está localizado em Marechal Cândido Rondon – PR, com atividades de bovinocultura e suinocultura e extensão de gasoduto correspondente a 25,5 km. Em conjunto, elas produzem energia elétrica e biofertilizante. Um gasoduto rural de baixa pressão canaliza o biogás até uma microcentral termelétrica. A produção média de biogás alcança 821,8 m<sup>3</sup>/dia e a produção de energia 350 kWh/dia, segundo dados de CIBIOGÁS (2015).

Mareschin (2015) analisou a viabilidade socioeconômica para a implantação de um condomínio de agroenergia com 07 propriedades rurais em São Miguel do Iguaçu-PR. O potencial médio de produção de biogás calculado foi de 1.680 m<sup>3</sup>/dia, e energético de 1.354,75 MWh/ano, ou seja, 3.711,64 kWh/dia, e o projeto foi considerado viável, com retorno de investimento em menos de dois anos.

Pelo fato de a maioria das propriedades produtoras de biogás não realizarem suas medições de vazão reais, comparou-se os o potencial energético das unidades que não utilizam o biogás das que o aplicam. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8 - Potencial energético das propriedades que aplicam o biogás e das que não o aplicam energeticamente**

DESCRIÇÃO DAS PROPRIEDADES	POTENCIAL ENERGÉTICO (kWh/dia)
Aplicam o biogás (04)	21.608,97
Não aplicam o biogás (20)	24.736,90

Fonte: Autoria própria (2017).

O potencial energético total calculado para as 25 propriedades foi de 46.345,86 kWh/dia. As quatro propriedades que aplicam o biogás apresentaram 46,63% do valor total, ou seja, quase a metade. Comparando-se o potencial energético dessas quatro propriedades com o das outras, elas apresentam 87,35% do potencial das outras vinte e uma.

A unificação do potencial energético de pequenas propriedades se apresenta como uma possível solução para os problemas de inviabilidade financeira para a implantação do sistema de biodigestão nessas vinte e uma unidades, o que traz benefícios para os produtores. Dentre eles, pode-se citar os de ordem econômica, como a compensação de energia elétrica e utilização do subproduto biofertilizante em lavouras; ambiental, com a diminuição da poluição pelo tratamento adequado dos



dejetos líquidos e do biogás produzido; e social, com o incentivo aos donos de propriedades e seus funcionários a incrementar seus conhecimentos com relação a essa fonte renovável de energia e, até mesmo, à promoção do desenvolvimento tecnológico das granjas.

Fiep (2016) afirma que, mesmo com diversos benefícios, o biogás ainda apresenta contribuição significativamente pequena na matriz energética brasileira, pois outras modalidades renováveis com demandas geográficas de instalação e de operação mais limitadas tomam a maioria. Por isso, Bley Júnior (2015) assegura que a exploração do biogás depende de uma ruptura da centralização do controle das operações com energia em grandes instituições. E os condomínios de agroenergia se constituem em uma ótima solução para essa descentralização.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produtor de suínos no município de São Miguel do Iguaçu, de maneira geral, manifestou a crença de que se deve manter família no campo e compreende a suinocultura como uma forma de produção que possibilita segurança e estabilidade financeira para sua permanência nas atividades do campo. Acreditam ainda que outros aspectos que possam promover a economia na produção rural e, em conjunto, propiciem benefícios ao meio ambiente, são bem vistos e aceitos com facilidade, como por exemplo a produção de energia por meio do biogás.

Nos cálculos das estimativas de produção de biogás, considerou-se que a metodologia de Hashimoto, Chen e Varel (1981) seria a mais adequada para tomar-se como base no cálculo do potencial energético, pois nas estimativas de produção de biogás, ela considera as particularidades na produção de dejetos das diferentes categorias de suínos, enquanto a do IPCC se baseia no número total de suínos, sem categorizá-los.

Diversos fatores são considerados, e estes podem variar entre diferentes metodologias. O ideal para a implantação de um sistema de biodigestão consiste em calcular exatamente as produções e parâmetros com base em testes laboratoriais. Porém, na apresentação de propostas, as estimativas de potencial energético representam métodos ideais para demonstrar as alternativas que podem ser alcançadas, em especial, na parte de aplicação do biogás, de forma rápida, simples e com baixo custo. Assim, um produtor rural, que se vê impossibilitado de aplicar o biogás que é produzido em sua criação ou que, até mesmo, nunca teve interesse nesse processo, pode identificar, avaliar e ponderar tais possibilidades.

A média de produção de biogás das 25 propriedades correspondeu a 376,3 m<sup>3</sup>/dia, e o total de 9.406,59 m<sup>3</sup>/dia. O potencial energético é diretamente proporcional à produção de biogás, e a média encontrada das 25 propriedades foi de 1.854 kWh/dia, e o total de 10.381 kWh/dia.

Do valor total, 46,63%, ou seja, quase a metade do potencial energético foi das quatro propriedades que aplicam o biogás, as quais tiveram algum investimento externo para a instalação do sistema de biodigestão e produção de energia.

Com a integração da produção de pequenas propriedades rurais pela implantação de sistemas condominiais e uma microcentral geradora de energia, os

custos para implementação do sistema de geração de energia por meio do biogás poderiam ser reduzidos e todos seriam beneficiados.

A participação de empresas privadas ou órgãos governamentais como investidores se constituiu em uma das soluções possíveis para que a região possa ter acesso a essa tecnologia, o que potencializa benefícios de ordem econômica, ambiental e social. Além disso, essas ações podem servir como exemplo para todo o país/estado/município, o que empreenderia o biogás na matriz energética brasileira.

Com o Programa Agro Energia, que tem como objetivo apoiar a produção de energia a partir da biomassa, aliado ao reconhecimento da importância do biogás expressa pelos produtores na análise de percepção e ao potencial energético caracterizado neste estudo, as expectativas do avanço dessa fonte renovável de energia na região e no país são consideravelmente elevadas.

## REFERÊNCIAS

ABCS. **Produção de Suínos: teoria e prática**. Coordenação Editorial Associação Brasileira de Criadores de Suínos; Coordenação Técnica da Integral Soluções em Produção Animal: Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. **Manual Brasileiro de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos**. Brasília: ABCS, MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

\_\_\_\_\_. **Bem-estar Animal na Produção de Suínos: toda a granja**. Brasília: ABCS; Sebrae, 2016.

AIRES, A. W; SILVA, F. M da.; CASTRO, V. M. W. de.; WENZEL, B. M. Avaliação do desempenho de um biodigestor canadense modificado no tratamento de dejetos suínos. **ENGEVISTA**, Niterói, v. 16, n. 4, p.329-338, dez., 2014

ALBERTA. **Swine mortality composting**. Alberta: Alberta Agriculture and Rural Development, 2011.

ALLEGRETTI, G.; SCHMIDT, V.; MACHADO, J. A. D. Sustentabilidade na suinocultura de terminação: indicadores ambientais de desempenho em um município gaúcho. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 Ed Especial II, p. 677-684, 2014.

AMADOR, J. P.; PEREIRA, João Eduardo da S.; WITTMANN, Nilton. Agronegócio suinícola. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19. 1999, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999.

ANP. Resolução ANP N° 8, de 20 jan 2015 – DOU 2.2.2015. Disponível em: <<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&sync=1&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 20 mai. 2017.

ASTM. **Designation; D 3588**. Standard practice for calculating heat value, compressibility factor, and relative density of gaseous fuels.1998.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009

BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2 ed. Foz do Iguaçu/Brasília: Technopolitik Editora, 2009.

BLEY JÚNIOR, C. **Biogás**: a energia invisível. 2 ed. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

BRASIL. Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, Roberto; MUNIZ, Antonio S.; BERTONHA, Altair. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 823-831, Aug. 2011.

CALDEREIRO, G. M. B. **Caracterização da digestão de resíduos agroindustriais em biodigestor de fluxo contínuo operado em escala real**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Tecnologias Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores anaeróbios**: princípios de tratamento biológico de águas residuárias. v. 5. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1997.

CIBIOGÁS. **Condomínio Ajuricaba**. Disponível em: <[https://cibiogas.org/condominio\\_ajuricaba](https://cibiogas.org/condominio_ajuricaba)>. Acesso em: 07 jun. 2017.

COLETTI, T.; LINS, H. N. A suinocultura no vértice das relações entre agroindústria e agricultura familiar no oeste de Santa Catarina. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 339-360, nov., 2011.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores Rurais**: modelo indiano, chinês e batelada. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho: Bauru, 2002.

DEPEC. **Carne bovina**: Janeiro de 2017. Disponível em:  
<[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_carne\\_bovina.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_carne_bovina.pdf)>.  
Acesso em 10 mar. 2017.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa. Concórdia: Embrapa; Porto Alegre: Emater, 2002.

EMBRAPA. **Produção de Suínos**. 2003. Disponível em:  
<<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/index.html>>. Acesso em 14 mar. 2017.

EPE. **Balço Energético Nacional 2016**: ano base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 3 ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2014.

FERNANDES, F., SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biosólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

FIEP. **Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o estado do Paraná**. Curitiba: Senai/PR, 2016.

GALBIATTI, J. A.; CAMELO, A. D.; SILVA, F. G.; GERARDI, E. A. B.; CHICONATO, D. A. Estudo qualitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010.

GASTARDELO, T. A. R.; MELZ, L. J. A suinocultura industrial no mundo e no Brasil. **Revista UNEMAT de Contabilidade**, Cáceres, v. 3, n. 6, p. 72 – 92, jul./dez., 2014.

GAZETA DO POVO. **Suinocultores do Sul temem pela falência da atividade nos próximos dias**. 2016. Disponível em: <  
<http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/pecuaria/suinocultores-do-sul-temem-pela-falencia-da-atividade-nos-proximos-dias-cxc3dxl1jfb665p9bfl8ike87>>. Acesso em: 31 out. 2016.

GUILHOTO, J. J. M.; AZZONI, C. R.; ICHIHARA, S. M. Contribuição da agricultura e do agronegócio familiar para o PIB do Nordeste. **Revista Econ NE**, Fortaleza, v. 45, p. 136-152, 2014.

GUIVANT, J. S.; MIRANDA, C. As duas caras de Jano: agroindústrias e agricultura familiar diante da questão ambiental. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 16, n. 3, p. 85 – 128, set./dez., 1999.

GUSMÃO, M. M. F. C. C. **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

HACK, E. C.; SATURNINO, P. M. F. da C.; MEINERZ, C. C.; NACKE, H.; ASSI, L.; GONÇALVES JR, A. C. Geração de resíduos provenientes da suinocultura na região Oeste do Paraná: um caso de insustentabilidade. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 10, n. 2, p. 21 – 36, 2011.

HASHIMOTO, A.G.; CHEN, Y.R.; VAREL, V.H. **Anaerobic fermentation of beef cattle manure**. Nebraska: Roman L. Hruska U.S. Mean Animal Research Center / U.S. Department of Agriculture Clay Center, 1981.

IAP. **Sistema de produção de suínos**. Disponível em:  
<<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1042.html>>. Acesso em 22 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **Módulos fiscais do município de São Miguel do Iguaçu**. Disponível em:  
<<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1328.html>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

IBGE. **Estatísticas da produção pecuária**: Setembro de 2016. Disponível em:  
<[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\\_201602caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201602caderno.pdf)>. Acesso em 10 mar. 2017

\_\_\_\_\_. **São Miguel do Iguaçu**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=412570&search=|jinfogr%E1ficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

IPARDES. **Banco de dados do Estado**. 2002. Disponível em:  
<<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 19 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados do Estado**. 2006. Disponível em:  
<<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 19 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados do Estado**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 19 jul. 2016.

IPCC. Agriculture, forestry and other land use. In: **2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. IPCC: Japão, 2006.

KERKHOFF, S; MITO, J. Y. L.; NASCIMENTO, K. R.; CAMILO, N. C.; MARIANI, L.; SILVA, J. L. G. Potencial teórico de produção de biogás e energia elétrica a partir da biomassa residual da suinocultura da região oeste do Paraná. In: Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 10, 2015, São Paulo. **Anais**. São Paulo, USP, 2015.

LAZARETTI, R. M. J.; SANTOS, J. M. G dos; ANDREAZZI, M. M. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões sudoeste, norte e noroeste do Estado do Paraná. In: Encontro Internacional de Produção Científica, 8, 2013, Maringá. **Anais**. Maringá, UNICESUMAR, 2013.

LINS, L.; MITO, J. Y. L.; FERNANDES, D. M. Composição Média do Biogás de Diferentes Tipos de Biomassa. In: SIGERA, 2015, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBERA, 2015.

MAGO, A. D.; ARAUJO, I. S.; BELLI FILHO, P.; OLIVEIRA, P. A. V. Caracterização do biogás e do afluente em biodigestores da atividade suinícola em Santa Catarina. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 5, 2010, Maceió. **Anais**. Maceió, UEPB, 2010.

MARASCHIN, G. **Análise de Viabilidade Socioeconômica na Implantação de um Condomínio de Agroenergia no Município de São Miguel do Iguçu – Pr.** 2015. 58f. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

MARÇAL, D. A.; ABREU, R. C.; CHEUNG, T. L.; KIEFER, C. Consumo da Carne Suína no Brasil: Aspectos Simbólicos como Determinantes dos Comportamentos. **Rev. Agro. Amb.**, Maringá, v. 9, n. 4, p. 989 – 1005, out./dez. 2016

MARQUES, F.S.; SILVA, F.P. Método simplificado de identificação de potencial de produção de biogás na suinocultura – terminação. In: Simpósio de Bioenergia e Biocombustíveis do Mercosul, 2, Foz do Iguçu. **Anais**. Foz do Iguçu, UNIOESTE, 2014.

MME. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME; EPE, 2007.

NISHIMURA, R. **Análise de Balanço Energético de Sistema de Produção de Biogás em Granja de Suínos: Implementação de Aplicativo Computacional**.



2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

OLIVEIRA, L.A.G. **Dejetos Suínos: Qualidade, Utilização e o Impacto Ambiental**. 2011. 54 f. Disciplina Seminários Aplicados (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2011.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia - SC. Documentos, 27, p. 188, 1993.

OLIVEIRA, P. A. V. Produção e aproveitamento do biogás. In: EMBRAPA. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: EMBRAPA, 2004. Cap. 4, p. 42-55.

OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa. Documento nº 115, 42 p. 2006.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 558 – 568, abr./jun., 2012.

PARANÁ. **Agricultura**. Disponível em:  
<<http://www.casacivil.pr.gov.br/2016/08/90206,10/Parana-devera-colher-359-milhoes-de-toneladas-no-ano-agricola-2015-16.html?>>. Acesso em: 31 out. 2016.

\_\_\_\_\_. **Suinocultura: análise da conjuntura agropecuária: atualização fevereiro de 2013**. Curitiba: SEAB/Departamento de Economia Rural, 2013. 16 p. Disponível em:  
<[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura\\_2012\\_2013.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2016.

PERDOMO, C.C. **Sugestões para o Manejo, Tratamento e Utilização de Dejetos Suínos**: instrução técnica para o suinocultor. Concórdia: EMBRAPA, 1999.

PHILIPPE, F. X.; NICKS, B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 199, p. 10–25, 2015.

PINHEIRO, J. G.; PANZARDI, A. **Tecnologia e manejo**. Disponível em: <<http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/suinocultura/ouofino-saude-animal-manejo-em-bandas-de-suinos.html>>. Acesso em 03 mar. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU. Disponível em: <<http://www.saomiguel.pr.gov.br/>>. Acesso em: 25 ago 2016.

PPM. **Pesquisa Pecuária Municipal 2015**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

RACHED, R. Z. **Caracterização de pequenas propriedades de suínos no estado de São Paulo**. São Paulo. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, São Paulo, 2009.

RAMOS, P. D. P. **Conceitos de agronegócio e agricultura familiar: visões, importância e funcionamento**. Planaltina. 2014. 27 f. Relatório Final (Bacharel em Gestão do Agronegócio) – Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, 2014.

REVISTA AMANHÃ. **Região Sul Terá Rede de Energias Renováveis**. Disponível em: <<http://www.amanha.com.br/posts/view/3725/regiao-sul-tera-rede-de-energias-renovaveis>>. Acesso em: 20 mar. 2017

RIAÑO, B.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C. Greenhouse gas emission of an on-farm swine manure treatment plant: comparison with conventional storage in anaerobic tanks. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, p. 542 – 548, 2015.

ROSA, A. V. **Processos de energias renováveis**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RYNK, R. **On-farm composting handbook**. Ithaca: Regional Agricultural Engineering Service, 1992.

SAMPAIO, S. C.; FIORI, M. G. S.; OPAZO, Miguel A. U.; NÓBREGA, Lúcia H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30 n. 1, p. 138 – 149, 2010.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F. Informações básicas para projetos de construções rurais: instalações para suínos. Viçosa: UFV, 2004.

SERAFIM, G.B.; GUIMARÃES FILHO, L.P. Estudo sobre o Reaproveitamento dos Dejetos de Suínos na Bacia do Rio Sangão - Santa Catarina. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 5, n. Edição especial, p. 151-174, 2012.

SHIKIDA, P. F. A.; JUNGES, D. M.; KLEINSCHMITT, S. C.; SILVA, J. R. da. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no município de Toledo – Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira Economia, Administração e Sociologia Rural, 46, 2008, Rio Branco. **Anais**. Rio Branco, SOBER, 2008.

SILVA, J. N.; CORREIA, H.; HERMETO, C. F. Módulo 1 – Parte A: combustão de biomassa. In: MEC. **Fontes alternativas de energia para a agricultura**. Brasília, ABEAS/CAPES/MEC, 1985.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WANDERLEY, M. N. B. A valorização da agricultura familiar e a reivindicação da ruralidade no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 2, p. 29-37, jul./dez., 2000.

WEB RÁDIO ÁGUA. **Agro Energia**: Oeste do Paraná impulsiona uma nova economia sustentável. Disponível em: <[http://www2.webradioagua.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=409:agro-energia-oeste-paranaense-impulsiona-uma-nova-economia-sustentavel&Itemid=332](http://www2.webradioagua.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=409:agro-energia-oeste-paranaense-impulsiona-uma-nova-economia-sustentavel&Itemid=332)>. Acesso em 19 jun 2017.

WILLER, E. M.; ALVES, L. R.; STADUTO, J. A. R.; GERMANN, C. Distribuição espacial da cadeia agroindustrial de suínos no Oeste paranaense, Brasil. **Rev. Ciênc. Empres.**, Umuarama, v. 13, n. 1, p. 115-137, jan./jun., 2012.

WITTMANN, D. **A indústria de energia elétrica no Brasil e o desenvolvimento sustentável**: uma proposta para o horizonte 2050 à luz da teoria de sistemas. 2014. 200f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

## **APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO**



## UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ORIENTADOR: Prof<sup>a</sup>. Dra. ELIANE GOMES

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO MUCELIN

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA – Pesquisa Dissertação de Mestrado

**Data da entrevista:**

**Local:** São Miguel do Iguaçu

### ROTEIRO DE ENTREVISTA: **ATOES SOCIAIS SUINOCULTORES DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU**

#### **I PARTE - APRESENTAÇÃO**

Mestranda em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais.

Projeto de Dissertação: Caracterização e potencial energético de criações de suínos do município de São Miguel do Iguaçu – Paraná – Brasil.

Que a identidade dos entrevistados será preservada e os resultados serão analisados em contexto.

#### **II PARTE – ENTREVISTA**

##### **A) INFORMAÇÕES DO ENTREVISTADO**

- ✚ Sexo ( ) 1= Masculino; 2 = Feminino Idade .....
- ✚ Escolaridade ( ) 1= Não possui; 2 = Fundamental; 3 = Médio; 4 = Superior incompleto; 5 = Superior completo
- ✚ Trabalha em algum outro ramo? 1 = Sim; 2 = Não
- ✚ Seu estado civil?..... 1 = Solteiro; 2 = Casado; 3 = Divorciado; 4 – União Estável
- ✚ Têm filhos?.....Caso afirmativo, quantos?.....

**B) INFORMAÇÕES DA PROPRIEDADE**

B1) Qual é o sistema de produção de suínos da propriedade?

(1) Produção de Leitões (2) Ciclo Completo (3) Terminação (4) Outro

B2) Há quanto tempo o senhor(a) está no ramo da suinocultura?

B3) Nos últimos 12 meses, qual foi a produção de suínos durante cada mês (leitões até 25kg; matrizes; suínos em terminação com mais de 25kg)?

Mês 1:

Mês 2:

Mês 3:

Mês 4:

Mês 5:

Mês 6:

Mês 7:

Mês 8:

Mês 9:

Mês 10:

Mês 11:

Mês 12:

B4) Qual é a área utilizada por suíno (m<sup>2</sup>)?

B5) Qual é a área total da propriedade (m<sup>2</sup>)?

B6) O senhor(a) já realizou ampliação de sua produção de suínos?

(1) Sim. (2) Não.

B7) O senhor(a) pretende realizar ampliação de sua produção de suínos?

(1) Sim (2) Não

B8) Qual é a origem da água utilizada para dessedentação dos suínos?

(1) Poço raso/Poço cacimba(2) Nascente/Mina(3) Poço artesiano (4) Rede pública (5) Cisterna(6) Poço tubular profundo

B9) Como a água é fornecida para os suínos?

(1) Bebedouro tipo chupeta automática (2) Bebedouro tipo concha (3) Cocho

B10) Qual é o sistema aplicado no comedouro?

(1) Automático (2) Manual

B11) Além da suinocultura, o senhor (a) pratica mais alguma atividade na propriedade?

(1) Não(2) Sim. Em caso afirmativo, quais as duas mais rentáveis?

Obs.: Qual a quantidade de área e produção?

B12) Qual é o destino das carcaças dos suínos mortos?

(1) Compostagem (2) Enterramento (3) Desidratação (4) Queima (5) Ração

B13) O senhor(a) conhece ou já ouvir falar em biodigestor?

(1) Sim.(2) Não.

B14) Qual o destino dos dejetos suínos gerados na sua propriedade?

(1) Biodigestor (2) Esterqueira (3) Outro

B15) Há biodigestor instalado na propriedade?

(1) Sim.(2) Não. Em caso afirmativo, por que o senhor(a) implementou esse sistema?

Caso negativo:

(1) Falta de recursos financeiros(2) Desinteresse e/ou desconhecimento da tecnologia( ) Outro: \_\_\_\_\_

### **C) INFORMAÇÕES DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

C1) Caso haja tratamento dos dejetos com biodigestores, o biogás produzido é utilizado para alguma finalidade?

(1) Não(2) Sim. Caso afirmativo, qual (is)?

C2) Qual é a produção média de biogás por dia (m<sup>3</sup>)?

C3) A purificação do biogás é realizada?

(1) Não(2) Sim. Caso afirmativo, qual filtro é utilizado?

### **D) PERCEPÇÃO ACERCA DA SUINOCULTURA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

D1) Para o(a) senhor(a), qual é a importância da produção de suínos?

D2) O(a) senhor(a) recebe apoio de algum órgão público, cooperativa ou outro?

(1) Sim (2) Não

D3) O senhor(a) conhece a respeito de biogás?

(1) Sim.(2) Não. Em caso afirmativo, qual é a importância da utilização do biogás para o(a) senhor(a)