

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

NATÁLIA THAÍS SCHIO

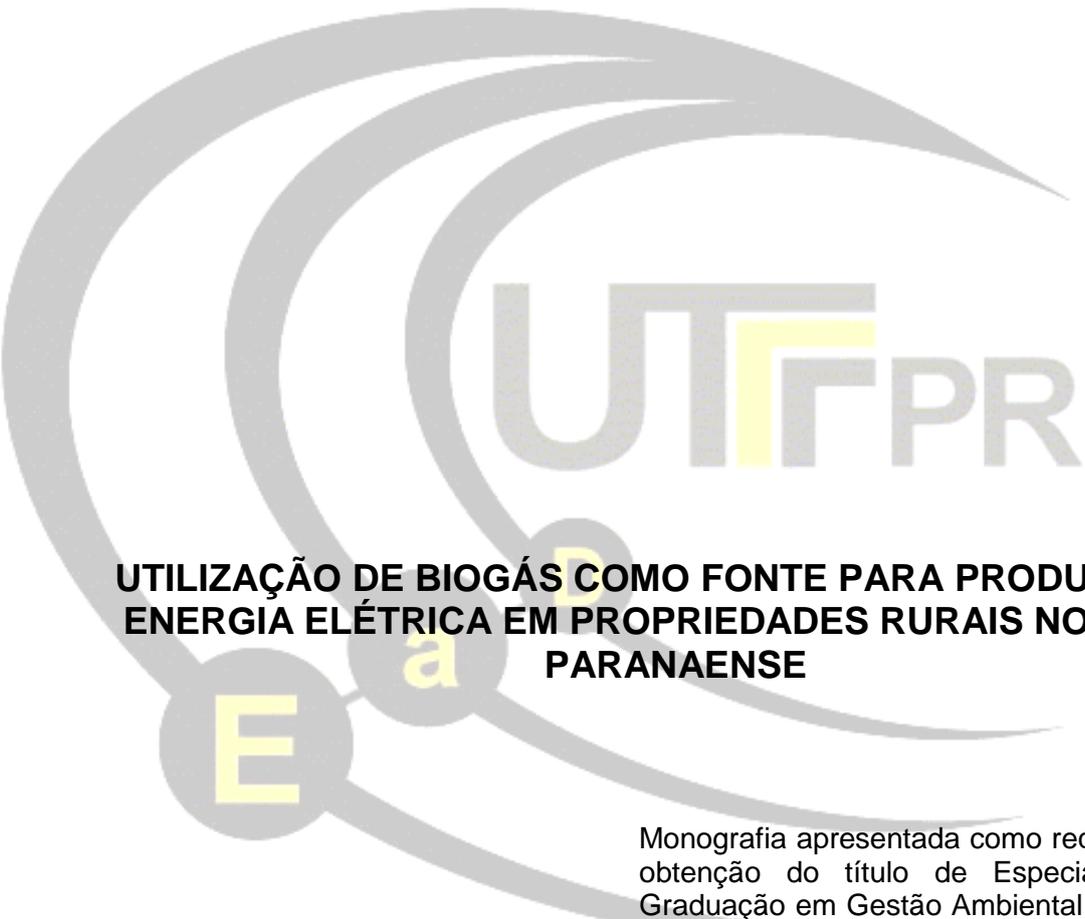
**UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS COMO FONTE PARA PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS NO OESTE
PARANAENSE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

NATÁLIA THAÍS SCHIO



**UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS COMO FONTE PARA PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS NO OESTE
PARANAENSE**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Filipe Marangoni

MEDIANEIRA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Utilização de Biogás como Fonte para Produção de Energia Elétrica em
Propriedades Rurais no Oeste Paranaense

Por

Natália Thaís Schio

Esta monografia foi apresentada às 08:00 h do dia 21 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Filipe Marangoni
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof.^a Dr.^a Carla Adriana Pizarro Schmidt
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin
UTFPR – Câmpus Medianeira

RESUMO

SCHIO, Natália Thaís. Utilização de biogás como fonte para produção de energia elétrica em propriedades rurais no oeste paranaense. 2015. 41 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Com o crescente aumento da atividade de produção de suínos no Brasil, em especial no estado do Paraná, e considerando seu poder poluidor altamente nocivo ao meio ambiente, bem como seu grande potencial de geração para fins energéticos, através do biogás, este trabalho visa fazer um comparativo entre estudos de caso aplicados em propriedades rurais, no oeste paranaense, que utilizem biomassa proveniente de dejetos da produção de suínos. Como exemplo destes tipos de unidades produtoras de suínos têm-se a Granja Colombari, em São Miguel do Iguaçu, a propriedade pertence ao Sr. Arnaldo Bombardelli, em Toledo, e a Fazenda Vale dos Ipês, em Ouro Verde do Oeste. Nas três propriedades, de diferentes portes, verificou-se a viabilidade da utilização de biogás para fins energéticos. Este estudo demonstra os benefícios ambientais obtidos pelo aproveitamento da biomassa gerada por dejetos de suínos contribuindo assim para a conservação e preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Biogás. Energia elétrica. Meio ambiente. Suinocultura.

ABSTRACT

SCHIO, Natália Thaís. Use of biogás to produce electricity in rural properties in west of Paraná. 2015. 41 pages. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

With the growing increasing swine production activities in Brazil, especially in west of Paraná, and considering its high power to pollute the environment and also its great potential for electricity generation through biogas, this study makes a comparative between cases studies in rural properties in west of Paraná that use biomass from waste swine production. Examples of these types of proprieties are the Granja Colombari, in São Miguel do Iguaçu, the propriety of Mr. Arnaldo Bombardelli, in Toledo, and the Fazenda Vale dos Ipês, in Ouro Verde do Oeste. In these three proprieties with different sizes it was studied the feasibility of using biogas for energy purposes. This study shows the environmental benefits achieved by the use of biomass waste from swine production contributing to the conservation and preservation of environmental.

Keywords: Biogas. Electricity. Environment. Swine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo indiano ..	17
Figura 2 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo chinês....	18
Figura 3 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo batelada	19
Figura 4 – Representação do biodigestor modelo canadense	20
Figura 5 – Mapa do Paraná evidenciando a região oeste	23
Figura 6 – Municípios que possuem associados, divididos por mesorregião	26
Figura 7 – Mapa de localização da Unidade Granja Colombari	28
Figura 8 – Vista aérea da Unidade Granja Colombari.....	29
Figura 9 – Tempo de retorno de investimento em sistema de geração.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos ..	27
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVO GERAL.....	8
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 A SUINOCULTURA NO BRASIL.....	11
2.2 PROBLEMA COM OS DEJETOS.....	12
2.3 IMPACTOS/POLUIÇÃO GERADA COM O NÃO TRATAMENTO CORRETO ...	12
2.4 A UTILIZAÇÃO/DESTINAÇÃO CORRETA PARA OS DEJETOS	13
2.5 O QUE É O BIOGÁS	14
2.6 CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS.....	15
2.7 TIPOS DE BIODIGESTORES	16
2.7.1 Biodigestor Modelo Indiano.....	16
2.7.2 Biodigestor Modelo Chinês	18
2.7.3 Biodigestor Modelo Batelada	19
2.7.4 Biodigestor Modelo Canadense	20
2.8 FORMAS DE UTILIZAÇÃO PARA O BIOGÁS	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1 LOCAL DA PESQUISA.....	23
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 A SUINOCULTURA NO OESTE DO PARANÁ	25
4.2 QUANTIDADE DE CRIADORES E DE SUÍNOS.....	26
4.3 QUANTIDADE MÉDIA DE DEJETOS GERADA	27
4.4 EXEMPLOS DE PRODUTORES QUE UTILIZAM BIOGÁS.....	28
4.5 CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS GERADO	30
4.6 UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	31
4.7 VANTAGENS ECONÔMICAS DA UTILIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL DE BIOGÁS.....	32
4.8 RESOLUÇÃO NORMATIVA 482/12 DA ANEEL	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, mais de 90% da energia elétrica é produzida por usinas hidrelétricas, que necessitam de níveis adequados de água em seus reservatórios para que possam gerar energia (BEN, 2014). Porém, tem-se observado, neste cenário, a diminuição da geração e consequente distribuição de energia devido à ausência de chuvas, que têm se agravado nos últimos anos, prejudicando até mesmo o fornecimento de água potável para a população, como vem ocorrendo desde o início de 2015 no Estado de São Paulo.

Com a diminuição na geração de energia, devido às condições ambientais atuais, e com o consumo exacerbado por parte da população, há também a constante preocupação com o futuro incerto das energias geradas por fontes não renováveis, como o petróleo, carvão e gás natural, por exemplo, visto que estas estão se extinguindo, seus preços têm alcançado valores cada vez maiores, e ao mesmo tempo ainda são grandes causadoras de impactos e poluição ambiental, principalmente devido à geração de gases poluentes.

Nestes cenários pessimistas, cabe então a busca por fontes alternativas de energia, que sejam provenientes de fontes naturais renováveis e que, paralelamente, agridam minimamente ao meio ambiente. Algumas fontes renováveis de energia já estão sendo utilizadas; porém, existem ainda fontes pouco exploradas, tais como: a energia solar, energia eólica e biomassa.

De acordo com a ANEEL (2008), qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. A biomassa pode ser definida também como qualquer material que tem a propriedade de se decompor por efeito biológico, isto é, pela ação de diferentes tipos de bactérias (COLDEBELLA, 2006).

Por se tratar de um país tropical, o Brasil apresenta alto potencial para a produção de biomassa vegetal, além da produção de resíduos industriais e dejetos gerados pelas atividades agroindustriais (COLDEBELLA, 2006).

Dentre os diversos tipos de biomassa existentes, pode-se citar a biomassa proveniente de dejetos resultantes da produção de suínos, atividade nociva ao meio ambiente devido ao seu potencial poluidor e também grande geradora de biogás, que é produzido pela quebra biológica da matéria orgânica na ausência de oxigênio.

Com o aumento crescente da população de suínos no Brasil, que até o final de 2012 chegava a contar com aproximadamente quarenta milhões de animais (GERVÁSIO, 2014), e com a implantação de novos projetos no setor suinícola, torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos, dentro do sistema de produção, com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade na produção (BECK, 2007).

Considerando o contexto anteriormente descrito, este projeto de pesquisa visa fazer um comparativo entre os principais estudos de caso aplicados em propriedades rurais, no oeste paranaense, que utilizem biomassa proveniente de dejetos da produção de suínos.

O tratamento dos dejetos deverá ser feito através de biodigestão e concomitante produção de biogás, para geração de energia elétrica, a fim identificar custos, vantagens e desvantagens de tais processos e analisar sua viabilidade econômica e ambiental.

Além disso, tal estudo visa contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos produtores de suínos, uma vez que pode vir a servir como referência para a solução de problemas relacionados principalmente à questão ambiental e de disponibilidade de energia, além de incentivar a permanência do trabalhador no meio rural, através de uma produção sustentável.

Há ainda, intrínseco a este estudo, uma importância socioeconômica, uma vez que fornece um subsídio para a tomada de decisões, visto ser caracterizado por um teor técnico e abordagem imparcial sobre um tema de grande relevância para a economia local, no caso, o oeste do Estado do Paraná.

1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar os benefícios ambientais obtidos pelo aproveitamento da biomassa gerada por dejetos de suínos, através da utilização de biogás, contribuindo assim para a conservação e preservação do meio ambiente, seja pela utilização dessa biomassa como fonte renovável de energia elétrica, como também

pela não poluição dos recursos naturais através da má disposição de tais dejetos, bem como para o desenvolvimento do conhecimento da tecnologia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a viabilidade econômica e ambiental da utilização de biogás, para produção de energia elétrica, a partir de dejetos provenientes da suinocultura;
- Apresentar as vantagens e desvantagens econômicas da utilização agroindustrial de biogás;
- Apresentar os ganhos ambientais obtidos pelo sistema de produção de energia renovável na propriedade rural;
- Incentivar o desenvolvimento de uma matriz energética sustentável;
- Estimular o uso do potencial regional de produção de energia renovável.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A demanda por fontes alternativas de energia vêm crescendo ao longo dos anos devido às diversas variáveis que têm afetado a produção, distribuição e consequente custo para a geração de energia elétrica no Brasil. Atualmente, tem-se acompanhado a crise energética brasileira em diversos estados pelo país, o que tem desencadeado altos valores de produção, que são repassados aos consumidores. Aliado a isso, tem-se ainda as variações do preço do petróleo e o elevado custo do uso de energia termelétrica.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2014), no Balanço Energético Nacional 2014, cujo ano base foi o ano de 2013, para a energia elétrica, pelo segundo ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis observadas ao longo do período, houve redução da oferta de energia hidráulica e o aumento da geração térmica. A menor oferta hídrica explica o recuo da participação de renováveis na matriz elétrica, de 84,5% em 2012 para 79,3% em 2013. Com relação às emissões, em 2013, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 459 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo a maior parte (215,3 Mt Co₂-eq) gerada no setor de transportes.

Uma alternativa para se evitar a dependência das condições climáticas na geração de energia elétrica seria utilizar a biomassa proveniente de suinocultura para a produção de biogás, uma vez que o Paraná abriga grande parte da produção nacional de leitões, conforme observado por Santos Filho et al. (2013) que cita o Paraná como terceiro maior produtor do país (16,28%) e, conseqüentemente, gera matéria prima suficiente para produção local desta fonte alternativa de energia.

Além de garantir renda e emprego para a população e contribuir com o desenvolvimento econômico do oeste paranaense, de acordo com Schultz (2007), a suinocultura se destaca também por seu significativo potencial poluidor, onde a geração de dejetos corresponde a quatro vezes o equivalente populacional humano. Os dejetos suínos possuem altas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, além de substâncias patogênicas, cor e odor, que, se não forem corretamente manipulados, podem causar desequilíbrios ambientais, proliferação de vetores e, conseqüentemente, aumento de doenças vinculadas à água e ao solo.

Oliveira (2004, apud MACHADO, 2009) aborda que a suinocultura é uma das atividades de maior impacto ambiental, sendo definida pelos órgãos de controle ambiental como “grande potencial produtor”. Portanto, é necessário encontrar um sistema que seja capaz de harmonizar a continuidade das atividades desta importante cadeia produtiva com o uso racional dos recursos naturais, almejando a qualidade ambiental nas regiões de maior concentração de suínos.

2.1 A SUINOCULTURA NO BRASIL

A suinocultura é uma das atividades mais importantes do complexo agropecuário brasileiro, sendo desenvolvida em sua maior parte em pequenas propriedades rurais e em áreas com limitações topográficas para o estabelecimento de lavouras extensivas, que além de gerar renda, alimento e emprego, fixa o homem no campo (OLIVEIRA, 1993).

Em se tratando da suinocultura, verifica-se que ela passou por profundas alterações tecnológicas nas últimas décadas, visando principalmente o aumento de produtividade e a redução dos custos de produção. A produtividade, por animal e por área, aumentou consideravelmente, passando-se a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões de terra. Simultaneamente, iniciaram-se os problemas com o mau cheiro, oriundo das criações, e com o destino dos efluentes (SEBRAE, 2008).

A tendência moderna do confinamento total dos suínos tende a concentrar grande número de animais em pequenas áreas criando com isto novos problemas que tem constituído um desafio para criadores, técnicos e pesquisadores, destacando-se entre esses o manejo e a utilização dos dejetos. O fato assume importância ainda maior na produção de suínos, por ser esta espécie geradora de um dos maiores volumes de dejetos por unidade de área ocupada (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

Segundo Gervásio (2014) no Brasil o rebanho de suínos atingiu a marca de 38,9 milhões de cabeças em 2011, sendo o quarto maior produtor mundial. Na região sul do país a suinocultura é uma das atividades mais importantes, representando quase 50% de toda a produção nacional.

De acordo com o IBGE (2013, apud DE ZEN et al., 2014), atualmente, o Sul do Brasil detém a maior parte da produção de suínos nacional. Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal de 2013, o rebanho dessa região foi da ordem de 17,9 milhões de cabeças, o que corresponde a 49% do total nacional. Se considerada apenas a suinocultura industrial, essa participação deve ser ainda maior. A região com o segundo maior rebanho é a Sudeste, com 6,9 milhões de cabeças em 2013. Em terceiro lugar, vem o Nordeste, com 5,6 milhões de cabeças. Vale ressaltar que, na região nordestina, assim como no Norte, a produção ainda é mais voltada para subsistência.

2.2 PROBLEMA COM OS DEJETOS

A enorme quantidade de dejetos gerada e a falta de processos sustentáveis na criação de suínos podem ser considerados os principais problemas ambientais dessa atividade, devendo-se conhecer, também, os impactos negativos ocasionados pelos processos inadequados de disposição desses resíduos, como o despejo em rios e riachos ou até mesmo por tecnologias de tratamentos ineficientes, causando poluição e riscos sanitários. A má disposição dos dejetos ou tratamentos não satisfatórios podem ocasionar consideráveis impactos ambientais, além de oferecer risco a saúde humana e animal (PEREIRA, 2006).

Há ainda a problemática relacionada ao odor desagradável que é emitido durante a decomposição dos dejetos.

2.3 IMPACTOS/POLUIÇÃO GERADA COM O NÃO TRATAMENTO CORRETO

Para o tratamento dos resíduos gerados na suinocultura é comum o armazenamento dos dejetos na forma líquida, em esterqueiras e lagoas anaeróbias, porém, mesmo minimizando o problema dos resíduos, estes tipos de tecnologias podem contribuir para a poluição atmosférica, por meio da emissão de metano (CH₄) e amônia (NH₃), podendo ainda gerar mau cheiro (DAMASCENO, 2010).

De acordo com Bley Júnior (2013 apud OLIVEIRA JUNIOR, 2013) a causa principal da poluição é o lançamento direto do esterco de suínos sem o devido tratamento nos cursos de água, que acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros produtos tóxicos, uma vez que a carga orgânica dos dejetos suínos é 25 vezes maior do que a do esgoto humano.

Os principais constituintes dos dejetos suínos que afetam as águas superficiais são matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. Nitratos e bactérias são os principais componentes que afetam a qualidade da água subterrânea.

2.4 A UTILIZAÇÃO/DESTINAÇÃO CORRETA PARA OS DEJETOS

Várias medidas devem ser tomadas para a correta destinação dos dejetos provenientes da suinocultura, a fim de que não ofereçam risco de poluição à natureza e diminua-se a proliferação de doenças, bem como a geração de odores desagradáveis. Dentre elas pode-se citar sua utilização como biofertilizante, adubo e geração de energia.

O manejo dos dejetos é parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de suínos e deve estar incluído no planejamento desta atividade. A seleção de um sistema de tratamento dos dejetos é baseada em vários fatores, tais como: potencial de poluição, necessidade de mão-de-obra, área disponível, operacionalidade do sistema, legislação, confiabilidade e custos. Não existe um sistema que atenda todas as situações, cada sistema tem suas vantagens e desvantagens que precisam ser consideradas no projeto técnico. Por isso, a utilização de dejetos de suínos não deve ser concebida unicamente como alternativa de renda, mas como meio de diminuir ou eliminar sua ação poluidora da natureza com menor custo. Os dejetos podem ser utilizados como compostos orgânicos, aumentando a produtividade agrícola, e/ou alimento para outras espécies de animais (SEBRAE/RS, 2007).

De acordo com a EMBRAPA Suínos e Aves (2003), deve-se:

- Estabelecer um projeto de coleta, armazenagem, tratamento, transporte e disposição dos dejetos de acordo com as características da propriedade;
- Quando houver área suficiente para o uso dos dejetos como fertilizante orgânico, construir esterqueiras para armazenamento do dejetos, com

tempo de retenção mínima de 120 dias, recomendado pelos Órgãos de Fiscalização Ambiental;

- Não havendo área suficiente para recebimento de dejetos, maximizar e valorizar a produção de lodo ou composto para atender a capacidade de absorção da propriedade e tratar o excesso de acordo com a Legislação;
- Adotar sistema de separação de fases (decantador) combinado com sistemas de tratamento como lagoas anaeróbias, facultativas e de aguapé;
- Dimensionar o decantador de acordo com a característica dos dejetos e da vazão diária e as lagoas, através da carga orgânica gerada diariamente;
- Utilizar tecnologias de tratamento dos resíduos, tanto da fase líquida, através de sistema de lagoas para remoção dos nutrientes e do odor, quanto da fase sólida, através do processo de compostagem ou geração de biogás;
- Manter as calhas de coleta de esterco dos suínos com líquido suficiente para cobrir o esterco (água de desperdício de bebedouros e urina). A água não deixa as larvas das moscas viverem no esterco;
- A água de limpeza com desinfetante deve ser desviada para um sumidouro para não atrapalhar a fermentação do esterco;
- Se a canaleta externa de coleta de esterco for muito rasa ou for em desnível, que não permita a manutenção da água, raspar o esterco para a esterqueira duas vezes por semana, antes das larvas das moscas formarem o casulo;
- O esterco misturado à maravalha, usada na maternidade ou em outras baias de animais, deve ser destinado à compostagem em leiras cobertas com lona plástica ou em composteiras construídas em alvenaria.

2.5 O QUE É O BIOGÁS

De acordo com o Barros (2015), o biogás é um gás resultante da fermentação anaeróbia (em ausência de oxigênio livre do ar) da matéria orgânica. Resíduos vegetais e dejetos de animais, como suínos, aves e bovinos de leite, podem ser tratados com sucesso em biodigestores, produzindo biogás e biofertilizante (subproduto do processo), reduzindo o poder poluente que o despejo *in natura* dos resíduos causa ao meio ambiente. Estima-se que a produção de biogás para suínos (em média de 90 kg) seja de 0,240 (m³/cabeça/dia).

O biogás possui, como composição típica, 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio. Dependendo da eficiência do processo, influenciado por fatores como carga orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, o biogás pode conter entre 40 e 80% de metano (GALBIATTI et al., 2010).

Conforme Cassini (2003), citado por Prado et al. (2010), o biogás, conhecido como o gás dos pântanos, foi descoberto por Shirley em 1667 e é produzido por fenômenos naturais existentes em várias partes do planeta, como em pântanos, oceanos e água doce e por fontes antropogênicas, como em plantações de arroz alagado, tratamento de efluentes, aterro sanitário, etc.

De acordo com Metcalf e Eddy (2003, apud PRADO et al., 2010) o biogás é composto, na sua maior parte, de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), contendo, ainda, traços de vapor de água (H_2O vapor), gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), hidrogênio (H_2), monóxido de carbono (CO), amônia (NH_3), mercaptanas e outros gases.

2.6 CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS

A composição do biogás, combustível resultante da biodegradação anaeróbia de matérias orgânicas, varia de acordo com as características do tipo de resíduo empregado como substrato de fermentação e as condições de operação do biodigestor. Os principais constituintes do biogás são o metano (60-80% v/v) e o dióxido de carbono (20-40% v/v); outros gases, como sulfeto de hidrogênio, nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono, também podem compor o biogás, porém em menores concentrações (SOUZA et al. 2010).

De acordo com Barros (2015):

Quanto maior o teor de metano, mais puro é o biogás. O gás sulfídrico, também formado no processo de fermentação, é responsável pelo odor pútrido do gás e pode ocasionar corrosão nos componentes do sistema. A proporção dos gases na mistura se modifica de acordo com o manejo aplicado. O biogás tem inúmeras aplicações, podendo ser usado como fonte de energia para aquecimento e movimentação mecânica nas instalações rurais, diminuindo os custos na propriedade e evitando o descarte impróprio de resíduos.

Cada 1 m³ de biogás equivale a 0,66 litros de diesel ou 0,7 litros de gasolina, possuindo um poder calorífico entre 5.000 a 7.000 kcal/m³ de gás. A escolha de um biodigestor adequado é o principal fator para um desenvolvimento e processo apropriados, de modo que haja compatibilidade entre as características da biomassa utilizada e o biodigestor considerado.

2.7 TIPOS DE BIODIGESTORES

Segundo Deganutti et al. (2002), o biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde irá ocorrer a decomposição do material orgânico (em solução aquosa) que foi depositado, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara. Este processo de decomposição que o material sofre no interior do biodigestor, com a conseqüente geração de biogás, recebe o nome de digestão anaeróbica.

Tendo como base os consumos médios de biogás das diversas utilidades que se deseja instalar em uma propriedade, pode-se determinar o volume de biogás diário suficiente para suprir as necessidades da propriedade.

Biodigestores são compartimentos fechados, com seu interior protegido do contato com o ar atmosférico, para que toda biomassa contida em seu interior, sofra o processo de fermentação através da atividade de bactérias anaeróbias. Os produtos finais da digestão anaeróbia dessa biomassa serão o biogás e também o fertilizante (JUNQUEIRA, 2014).

O autor Farias (2009), comenta sobre a definição de biodigestor, e seu princípio básico de operação, da seguinte forma:

Um biodigestor é, basicamente, uma câmara fechada na qual a biomassa (em geral detritos orgânicos) é fermentada anaerobicamente. O resultado dessa fermentação é a liberação de biogás e a formação de um efluente muito rico em nitrogênio que pode ser usado como biofertilizante. Em relação ao abastecimento de biomassa, o biodigestor pode ser classificado como contínuo, com abastecimento diário de biomassa e descarga de efluente proporcional à entrada, ou também pode ser classificado como intermitente (batelada), quando é armazenada a capacidade máxima de biomassa, e esta é retida somente após a completa biodigestão.

2.7.1 Biodigestor Modelo Indiano

De acordo com Deganutti et al. (2002), este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função

da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação.

O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante.

O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam certa regularidade no fornecimento de dejetos (DEGANUTTI et al., 2002).

Este tipo de biodigestor pode ser observado na Figura 1, onde é apresentada uma vista tridimensional.

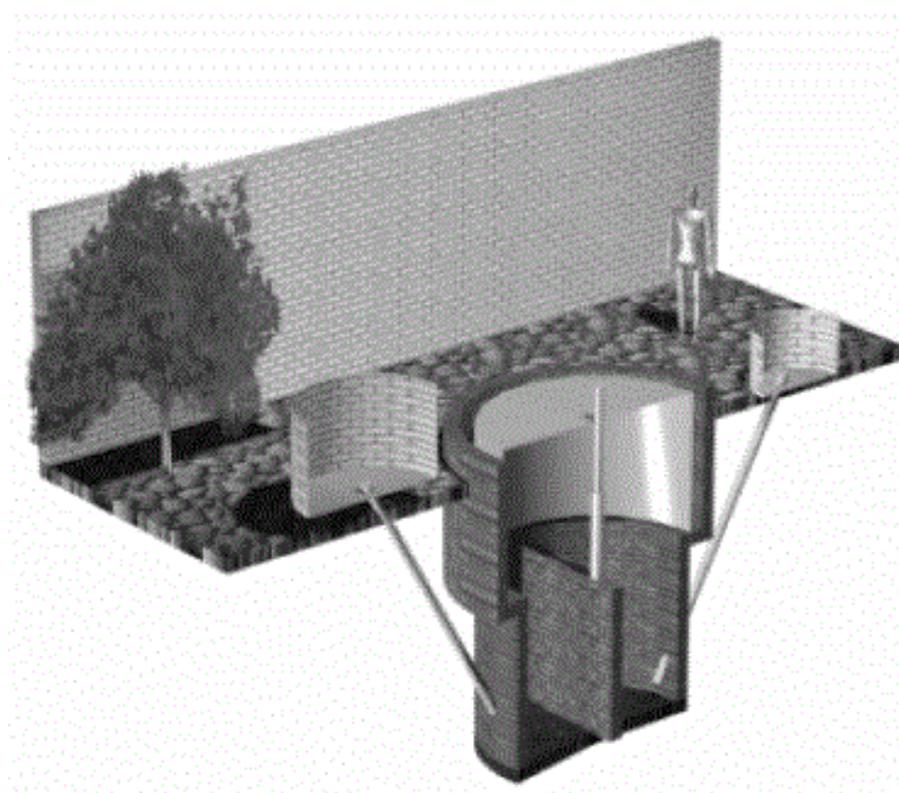


Figura 1 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo indiano
Fonte: Deganutti et al. (2002).

2.7.2 Biodigestor Modelo Chinês

Segundo Deganutti et al. (2002), este modelo de biodigestor é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria (tijolo) para a fermentação, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão.

Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é libertado para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte. Semelhante ao modelo indiano, o substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material (DEGANUTTI et al., 2002).

Este tipo de biodigestor pode ser observado abaixo, na Figura 2, em vista tridimensional.

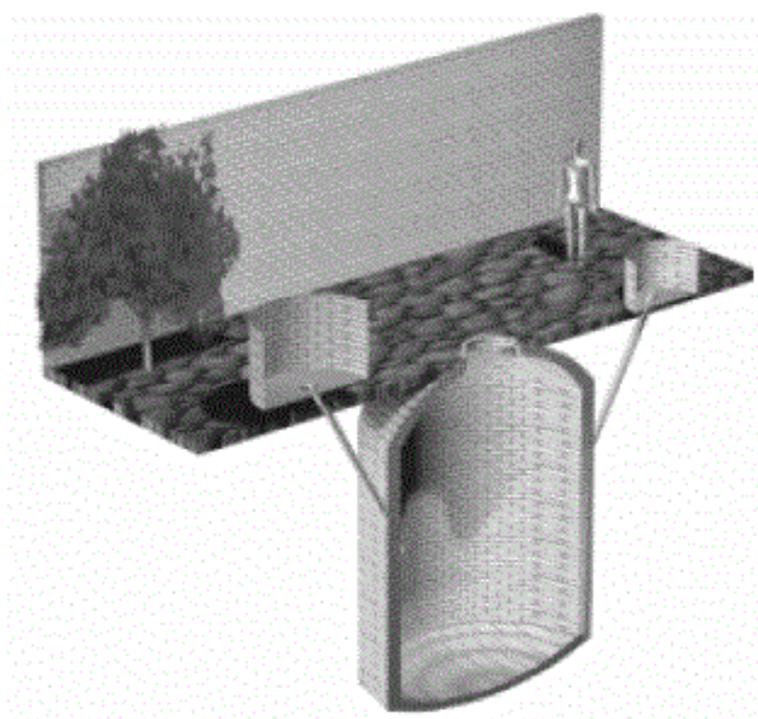


Figura 2 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo chinês
Fonte: Deganutti et al. (2002).

2.7.3 Biodigestor Modelo Batelada

Segundo Deganutti et al. (2002), trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás.

Enquanto, os modelos chinês e indiano prestam-se para atender propriedades em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos curtos, como exemplo aquelas que recolhem o gado duas vezes ao dia para ordenha, permitindo coleta diária de biomassa, que deve ser encaminhada ao biodigestor, o modelo em batelada adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja a biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão (DEGANUTTI et al., 2002).

Este tipo de biodigestor pode ser observado abaixo, na Figura 3, em vista tridimensional.

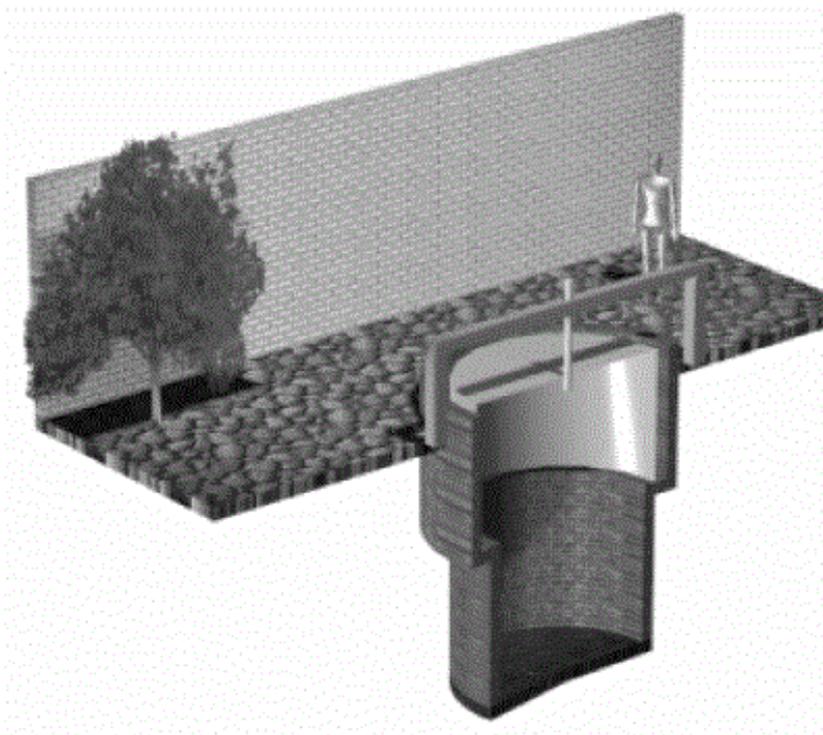


Figura 3 – Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo batelada
Fonte: Deganutti et al. (2002).

2.7.4 Biodigestor Modelo Canadense

De acordo com Souza (2009, apud JUNQUEIRA, 2014) o modelo canadense também é chamado de biodigestor de fluxo tubular, apresenta uma tecnologia mais moderna, mesmo possuindo uma construção simples, com uma câmara de biodigestão escavada no solo e um gasômetro inflável feito de material plástico ou similar.

Segundo Junqueira (2014):

Esse biodigestor é do tipo horizontal, com uma caixa de entrada em alvenaria, onde a profundidade é menor que a largura, para que o substrato tenha maior exposição ao sol a fim de aumentar a produção de biogás e evitar o entupimento do duto de entrada.

Durante a produção de biogás, a cúpula de material plástico maleável infla, acumulando o biogás. Nesse tipo de biodigestor, podemos ainda enviar o biogás para um gasômetro separado para obtermos um maior controle.

Atualmente esse tipo de biodigestor é o mais difundido no mundo, e mais aplicado também no Brasil, sendo largamente utilizado em propriedades rurais. Por ser construído basicamente de material plástico, esse biodigestor apresenta construção bastante simples, porém possui menor durabilidade e está sujeito a acidentes, como no caso de haver perfuração da lona plástica, com vazamento de gás.

Este tipo de biodigestor pode ser observado abaixo, na Figura 4, em vista bidimensional.

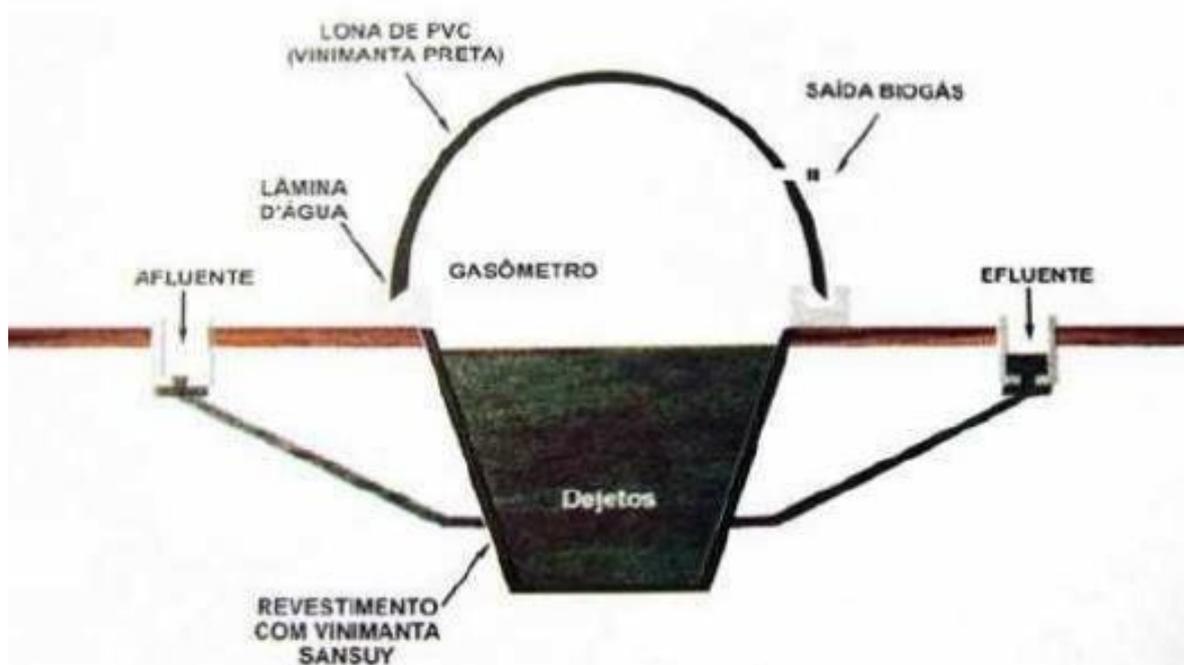


Figura 4 – Representação do biodigestor modelo canadense
Fonte: Junqueira (2014).

2.8 FORMAS DE UTILIZAÇÃO PARA O BIOGÁS

O gás resultante da digestão anaeróbia dos dejetos (biogás) pode ser utilizado na produção de energia. Uma alternativa para diminuir os efeitos indesejados no ambiente é sua fermentação em um biodigestor. O metano, principal componente do biogás, obtido pela decomposição de excrementos suínos, é considerado vinte e uma vezes mais nocivo para a atmosfera que o gás carbônico (SCHULTZ, 2007).

Estima-se que a população brasileira de suínos gere dejetos suficientes para se produzir cerca de quatro milhões de m³/dia de biogás. Esse biogás poderia gerar aproximadamente dois milhões de kwh de energia elétrica por dia, o que representa sessenta milhões de kwh por mês (LIMA, 2007).

No meio rural, os sistemas biointegrados, especificamente com aproveitamento de biomassa para fins energéticos, podem ser um meio facilitador para atingir a sustentabilidade da produção em função da disponibilidade de biomassa nas propriedades agrícolas, por apresentar baixo custo de oportunidade dos resíduos da produção, grande potencial de geração de energia, diminuição no potencial poluidor dos resíduos, redução na pressão sobre os recursos naturais e economia de recursos energéticos (ANGONESE et al., 2006).

De acordo com Souza et al. (2004):

A diversidade de tecnologias em energia renovável a torna conveniente para prover potência para redes elétricas existentes e produzir energia para sistemas isolados ou em ilha. Por ser um país tropical, existe aqui um enorme potencial de biomassa, devido à grande produtividade de massa vegetal. A biomassa é definida como toda matéria orgânica de origem animal e vegetal, formada pelo processo de fotossíntese, o qual ocorre na presença da luz solar. Pode-se dizer que a biomassa é uma forma de armazenamento de uma pequena fração da energia solar, que incide na superfície da terra, na forma de ligações moleculares orgânicas. É liberada por processos biológicos e termoquímicos. Ao contrário da energia dos combustíveis fósseis, a biomassa é renovável e não contribui para o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, ou melhor, todo CO₂ liberado durante o uso da biomassa é absorvido novamente no processo de fotossíntese para formação da mesma.

Em um estudo realizado por Cervi, Esperancini e Bueno (2010) sobre a viabilidade da utilização de biogás da suinocultura, os autores demonstraram que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista

econômico, mas depende diretamente do dimensionamento técnico da demanda de energia elétrica para as diversas atividades da propriedade frente à oferta de energia do grupo gerador.

O mesmo foi observado por Coldebella et al. (2008), onde concluiu-se que os custos de produção de biogás encontrados estão diretamente relacionados à quantidade de biogás que se produz e ao investimento destinado à construção do biodigestor. O tempo de retorno do investimento torna-se atrativo com a intensificação do uso do sistema, porém seria necessário que as concessionárias adquirissem o excedente de energia produzida e está diretamente relacionado a tarifa de energia elétrica que é cobrada do produtor rural.

Da mesma maneira, Martins e Oliveira (2011) concluíram em seu estudo a viabilidade econômica da geração de energia elétrica com o uso do biogás gerado a partir da digestão anaeróbia de dejetos de suínos. Embora seja possível a comercialização, os resultados demonstram que é mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária. No entanto, é necessário que a propriedade tenha equipamentos, instalações que necessitem de uma quantidade de energia que justifique os investimentos na geração com o uso do biogás. Um fator limitante na viabilidade técnica do sistema de geração de eletricidade é o número de animais necessário para produzir os resíduos que são transformados em biogás.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nos itens a seguir serão apresentadas a região do Paraná compreendida neste estudo e o tipo de pesquisa que foi realizada.

3.1 LOCAL DA PESQUISA

A área de estudo utilizada para este trabalho foi a mesorregião oeste paranaense. Na Figura 5 pode ser observada, em destaque, a região em relação ao Estado do Paraná.

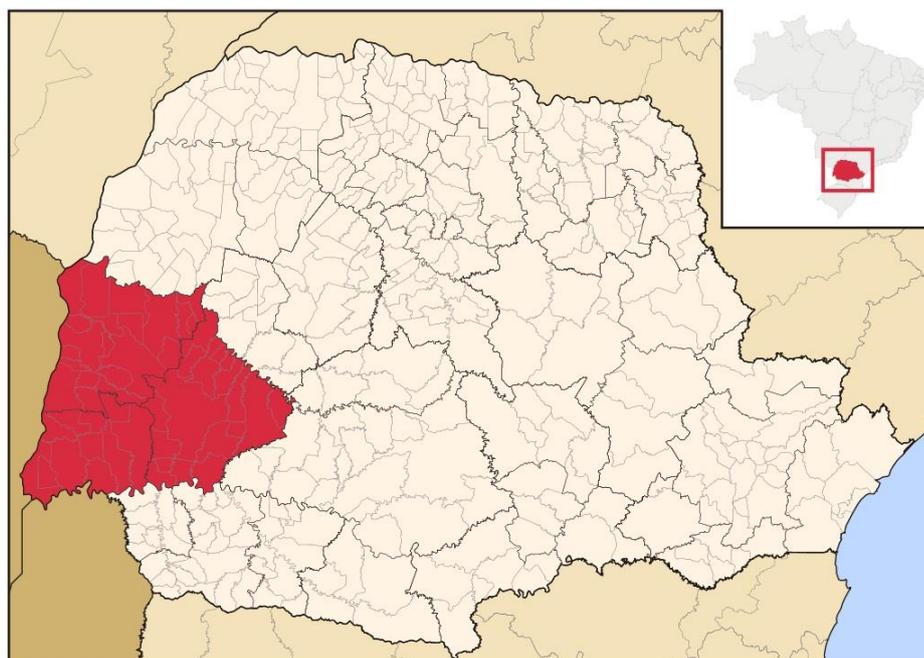


Figura 5 – Mapa do Paraná evidenciando a região oeste
Fonte: Abreu (2006).

Dentre as mesorregiões do estado, a mesorregião Oeste é constituída por 50 municípios, com área total de 22.840 km², e localização estratégica pelos limites fronteiriços com parte dos países do MERCOSUL (Paraguai e Argentina). A participação de cooperativas na economia paranaense está presente nas mesorregiões do estado, com destaque para as produções do agronegócio, especialmente das cadeias produtivas de carnes (PAULA, 2012).

3.2 TIPO DE PESQUISA

Dentre os diversos tipos de pesquisa existentes, este trata-se de uma pesquisa quantitativa, aplicada e explicativa, segundo a classificação com base em sua abordagem, finalidade e objetivos gerais, respectivamente. Quanto aos procedimentos técnicos, pode ser considerada uma pesquisa *ex-post-facto*.

De acordo com Gil (2002), a pesquisa explicativa é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Já com relação aos procedimentos técnicos, a coleta de dados é feita conforme pesquisa experimental, porém, com dois momentos na coleta de dados: primeiro o pesquisador identifica as “variações” da variável independente dos grupos, podendo utilizar observação, questionário, entrevistas, registros documentais; posteriormente mensura as variáveis dependentes. Quanto à manipulação dos dados, faz-se uma análise estatística e lógica das relações, com o apoio das teorias e comparações com outros estudos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as informações e resultados obtidos com a realização do trabalho. Trata-se de um estudo comparativo entre diversos trabalhos realizados na região oeste paranaense cujo tema principal é a utilização de biogás proveniente de suinocultura para produção de energia elétrica.

4.1 A SUINOCULTURA NO OESTE DO PARANÁ

A atividade de criação de suínos esteve sempre presente na realidade econômica do oeste paranaense, passando de uma atividade de subsistência na época de sua colonização, para uma atividade agroindustrial a partir de 1970. Além disso, a atividade agroindustrial da carne suína apresentou expressivo crescimento entre a década de 1990 até 2007, refletindo no aumento do número de empregados formais ocupados nessas atividades. O número de empregados na atividade de criação de suínos cresceu 240%, e na atividade de abate de suínos cresceu 327% neste período (WILLER et al., 2012).

Coldebella (2006) ressalta que a atividade é de fundamental importância no contexto socioeconômico do Estado, pois proporciona fonte de renda e emprego em todos os setores da economia, gerando aumento na demanda de insumos agropecuários, ampliação e modernização dos setores de comercialização e das agroindústrias.

O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor nacional de suínos, tendo vinte e dois frigoríficos inscritos no SIF – Serviço de Inspeção Federal. Também possui cinquenta e cinco frigoríficos inscritos no SIP – Serviço de Inspeção Estadual. No Paraná é estimada a existência de aproximadamente cento e trinta mil propriedades que possuem suínos, contudo, destes estima-se que apenas trinta e um mil têm produção regular e de caráter comercial (GERVÁSIO, 2014).

4.2 QUANTIDADE DE CRIADORES E DE SUÍNOS

No Estado do Paraná estima-se que há 131.000 produtores de suínos, todavia destes somente 31.000 são consideradas propriedades comerciais e representam a maior parte da produção de suínos (GERVÁSIO, 2014).

De acordo com o IBGE (2013, apud GERVÁSIO, 2014) o rebanho paranaense é composto por 5,52 milhões de cabeças. Este rebanho está distribuído pelo estado, contudo o maior rebanho encontra-se na cidade de Toledo que representa 9,9% do rebanho total. Em seguida temos Marechal Cândido Rondon, cidade limítrofe a Toledo, com 5,9% do rebanho estadual.

Segundo o Instituto Agrônômico do Paraná (2015):

O rebanho estadual é de 3,93 milhões de cabeças, sendo 1,21 de suínos comum e 2,72 milhões de suínos especializados cujo desfrute médio é de 68% e 144%, respectivamente. A produção total de carne é estimada em 350.571 toneladas anuais. O abate mensal inspecionado, situa-se entre 150 a 230 mil cabeças.

O rebanho encontra-se distribuído em 136.457 propriedades, considerando-se uma participação efetiva no mercado de aproximadamente 38 mil produtores.

A capacidade total de abate é de 5,43 milhões de cabeças/ano, distribuídas em 114 estabelecimentos, sendo 21 com inspeção federal (SIF), 47 com inspeção estadual (SIP) e 46 apresentam inspeção municipal (SIM). Os abatedouros com SIF respondem por 72% da capacidade de total de abate.

A Figura 6 apresenta um gráfico onde estão representados os municípios que possuem associados na Associação Paranaense de Suinocultores, divididos por mesorregião, onde é possível observar que as regiões oeste e sudoeste ocupam uma parcela significativa de associados no Estado, quase 50% do total paranaense.

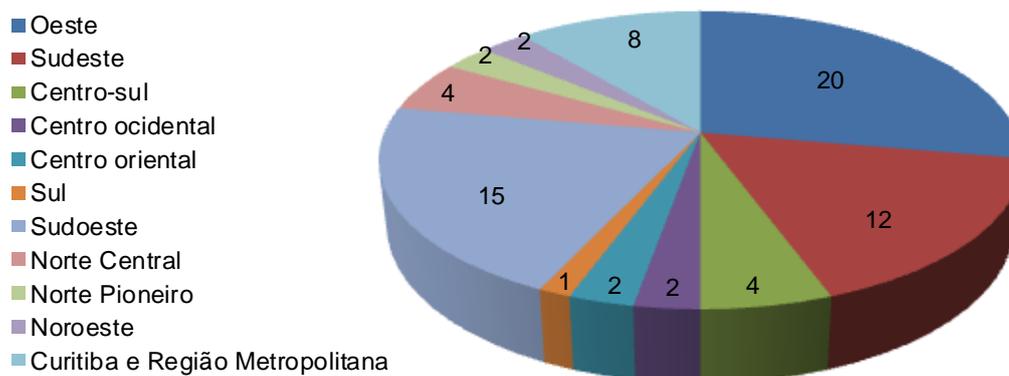


Figura 6 – Municípios que possuem associados, divididos por mesorregião
Fonte: Adaptado de Associação Paranaense de Suinocultores (2015).

4.3 QUANTIDADE MÉDIA DE DEJETOS GERADA

Conforme salientado por Schultz (2007) o total de dejetos gerados na atividade de suinocultura relaciona água de bebida desperdiçada, água de lavagem, restos de alimentação, urina e outros detritos.

Dentro da mesma atividade pecuária, os resíduos podem apresentar diferentes concentrações e biodegradabilidade, de acordo com a composição das dietas alimentares, sistema de cultivo e de limpeza das instalações (COLDEBELLA et al., 2008).

Segundo Oliveira Moreira (2007, apud FERNANDES, 2012) a produção de fezes e urina, a água de limpeza e higiene e as perdas de água pelos bebedouros são os fatores que mais contribuem para a diluição dos dejetos. O volume é um parâmetro importante para caracterizar a concentração de elementos, dimensionar as estruturas de tratamento, armazenagem e o fluxo hidráulico, sendo esse, considerado um aspecto difícil, em função das variações existentes entre as granjas e dentro da própria granja, ao longo do tempo.

A quantidade de dejetos produzidos pelos suínos varia com o peso dos animais. Já a água ingerida pelos mesmos vai influenciar na produção de urina, fazendo variar a quantidade de dejetos líquidos. O suíno produz uma média de 2,3 kg a 2,5 kg de dejetos sólidos por dia. Os dejetos produzidos possuem elevado poder poluente e, por isso, necessitam de uma estocagem orientada (BECK, 2007).

A Tabela 1, apresentada na sequência, mostra a quantidade de produção diária de dejetos (esterco e urina) por diferentes categorias de suínos.

Tabela 1 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos

Categoria	Esterco kg/dia	Esterco + urina kg/dia	Dejetos líquidos L/dia	Estrutura para estocagem m ³ /animais/mês	
				Esterco + urina	Dejetos líquidos
25 – 100 kg	2,3	4,9	7,0	0,16	0,25
Porcas de reposição, cobrição e gestante	3,6	11,0	16,0	0,34	0,48
Porcas em lactação com leitões	6,4	18,0	27,0	0,52	0,81
Machos	3,0	6,0	9,0	0,18	0,28
Leitões	0,35	0,95	1,40	0,04	0,05
Média	2,35	5,80	8,60	0,17	0,27

Fonte: Adaptado de Tecpar (2002), apud BECK (2007).

As propriedades de suinocultura variam de pequenas propriedades com capacidade de 100 matrizes, até grandes propriedades com mais de 2500 matrizes. Isso influi na maior ou menor produção de biogás, dado que o índice teórico de produção de resíduo (chorume) é de 72 litros/dia.cabeça, resultando em 0,775 m³ de biogás/cabeça de suíno dia, uma propriedade com 100 matrizes, produz 7200 litros/dia de chorume e 77,5 m³/dia de biogás por matriz. Com isso foi possível estimar a produção de biogás em função da capacidade de produção de uma propriedade rural de matrizes (SOUZA et al., 2004).

4.4 EXEMPLOS DE PRODUTORES QUE UTILIZAM BIOGÁS

Uma das principais unidades produtoras de suínos que utilizam o biogás na região oeste paranaense é a Granja Colombari, de propriedade do Sr. José Carlos Colombari, localizada no município de São Miguel do Iguaçu, indicada pelo quadrado amarelo na Figura 7. A Unidade Granja Colombari é considerada uma das Unidades de Demonstração (UDs) do Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental, que visa estimular o saneamento ambiental, com foco principalmente na Região Oeste do Paraná (FERNANDES, 2012).

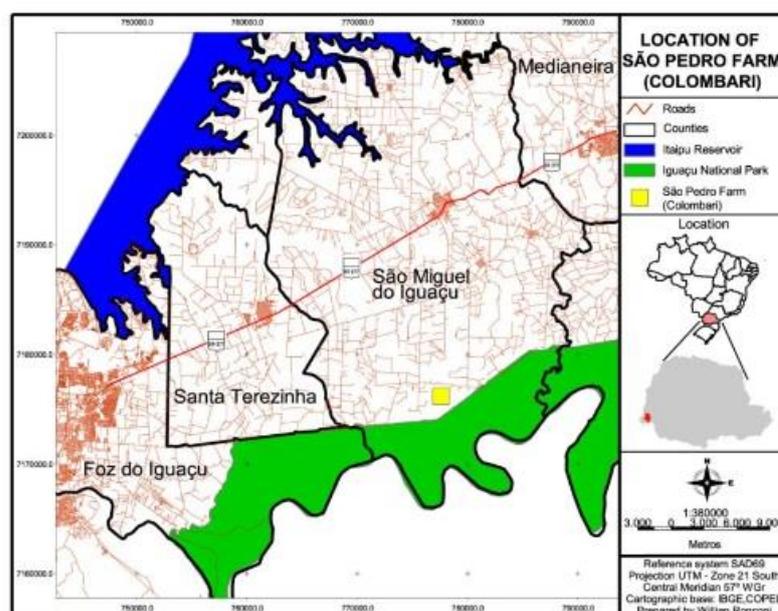


Figura 7 – Mapa de localização da Unidade Granja Colombari
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (2011), apud Fernandes (2012).

Segundo Fernandes (2012), a propriedade possui uma área total de 250 hectares, sendo 200 hectares destinados para a agricultura e 50 hectares destinados para a atividade de suinocultura, Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). Desde 1997, o produtor da Unidade Granja Colombari trabalha com a atividade de suinocultura na fase de terminação, apresentando no decorrer dos anos um aumento expressivo da sua produção de suínos.

A Figura 8 apresenta a vista aérea da Unidade Granja Colombari, que possui a capacidade de produção atual de suínos de 5.000 animais.



Figura 8 – Vista aérea da Unidade Granja Colombari
Fonte: Coordenadoria de Energias Renováveis (2009), apud Fernandes (2012).

Outra propriedade que utiliza biomassa para a produção de energia elétrica é a propriedade pertence ao Sr. Arnaldo Bombardelli e está localizada a aproximadamente cinco quilômetros da sede do município de Toledo. Segundo Coldebella (2006), a atividade de suinocultura opera num sistema produtivo de UPL (unidade produtora de leitões), e está em fase de ampliação do rebanho, atualmente conta com 1000 matrizes e 5000 leitões. Os dejetos gerados pelo sistema de produção são conduzidos a um biodigestor com 10,5 metros, 55 metros e 4,5 metros (largura/comprimento/profundidade). Os subprodutos da biodigestão (o biofertilizante e o biogás) são aproveitados para fertirrigação e produção de energia elétrica.

Além de grandes unidades produtoras de leitões, há ainda unidades menores que, da mesma maneira que as anteriormente citadas, também utilizam a biomassa de suinocultura como fonte energética. Neste enquadramento, pode-se citar a Fazenda Vale dos Ipês, que possui uma unidade de terminação de suínos

com capacidade instalada para 650 animais, localizada no município de Ouro Verde do Oeste. A unidade de produção consta com um galpão de alvenaria com 874 m², coberto com telhas cerâmicas sobre estrutura de madeira e beiral de 0,90 metros, que conduz as águas pluviais para o exterior. Os dejetos são encaminhados para canaletas laterais, que não recebem as águas da chuva. Para redução do volume de dejetos, a limpeza é feita através de raspagem a seco e os bebedouros são do tipo “chupeta” (ANGONESE et al., 2006).

4.5 CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS GERADO

Com relação ao biogás gerado na Unidade Granja Colombari, Fernandes (2012) concluiu em seu estudo que a produção média de biogás na unidade produtiva é de 582,64 m³.dia⁻¹, apresentando uma concentração de 60% de metano, o que corresponde a um poder calorífico médio de 5,97 kWh.m⁻³, possibilitando assim uma eficiência de 24% na conversão do biogás na geração de energia elétrica. Portanto, a utilização da biomassa residual como fonte alternativa de energia na Unidade Granja Colombari, garante a geração de energia elétrica a partir da produção de biogás de qualidade, além de possibilitar a redução do seu passivo ambiental e agregar maior rentabilidade ao seu empreendimento.

Na propriedade do Sr. Arnaldo Bombardelli, Coldebella (2006) concluiu em seu estudo que no rebanho de 1000 porcas reprodutoras em criação de leitões, cada animal produz o equivalente a 85 litros de chorume ao dia, tendo uma produção diária de 85 m³ de dejetos. Desta maneira, na propriedade, são produzidos diariamente 933 m³ de biogás. Segundo o pesquisador, os valores de produção de biogás estão diretamente relacionados à temperatura, pois ela influencia a digestão anaeróbia e afeta os processos relacionados à atividade biológica dos microrganismos envolvidos.

Já na Fazenda Vale dos Ipês, Angonese et al. (2006) concluiu que a produção média diária de biogás foi de 31,5 m³. A produção de dejetos tem valor energético considerável (em torno de 30% da energia de saída total do sistema), no sentido de sua efetiva utilização no próprio sistema, por meio da renovação de energia, reduzindo o impacto ambiental e minimizando a importação de energia.

4.6 UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com CCE (2000, apud SOUZA et al., 2004) o poder calorífico inferior do biogás é de 6,5 kWh/m³ e a eficiência de conversão do biogás em energia elétrica com grupos geradores (motores ciclo Otto) é de aproximadamente 25%.

Souza et al. (2004) concluiu em seu estudo que o custo de produção da eletricidade com aproveitamento do biogás é composto do capital investido na construção e manutenção do biodigestor e sistema motor/gerador, sendo que o biodigestor representa cerca de R\$ 200.00/suíno e o conjunto motor gerador R\$ 440.00/kW. O biodigestor opera numa propriedade rural durante o ano inteiro, sob condições adequadas de operação e manutenção. O biogás ao ser produzido é utilizado diretamente pelo conjunto motor gerador, o qual pode operar durante dez horas diárias ou no horário de ponta (4 horas/dia). Numa propriedade típica contendo um aviário, pocilga, fábrica de ração e residências, a carga utilizada é de aproximadamente 39 kW.

A Figura 9 mostra o tempo de retorno do investimento no sistema de geração de energia elétrica proposto para operar 10 horas por dia em função da tarifa de energia paga pelo produtor rural. No caso da mesorregião oeste do Paraná, onde a tarifa cobrada pela concessionária local está em torno de R\$ 130.00 /MWh, o tempo de retorno é de 5,4 anos.

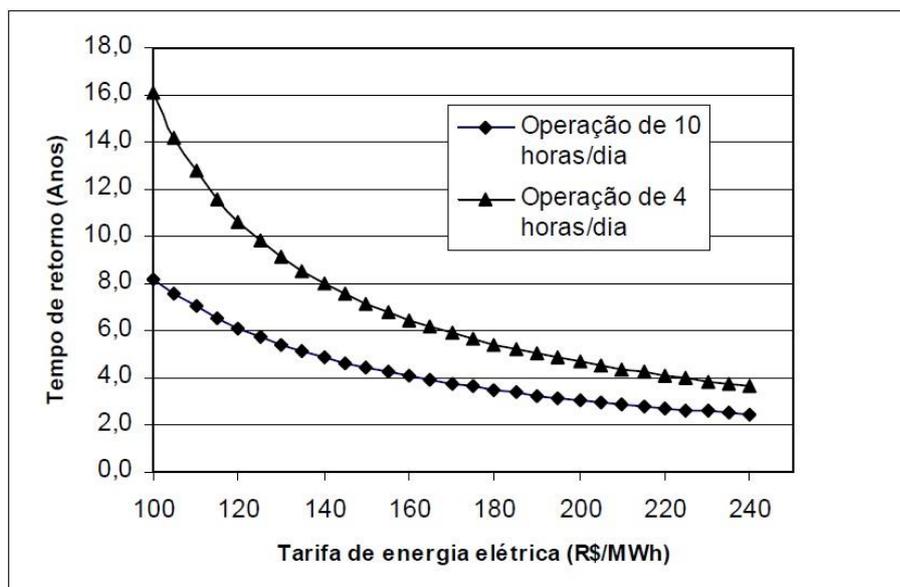


Figura 9 – Tempo de retorno de investimento em sistema de geração
Fonte: Souza et al. (2004).

Quanto menor for o tempo de operação, maior será o custo de geração de energia elétrica, aumentando com isso o tempo de retorno do investimento. Da mesma forma, quanto maior o valor da tarifa da energia elétrica, menor o tempo de retorno do investimento.

Segundo Lima (2007), os sistemas de produção de biogás, além de produzirem energia necessária às atividades agropecuárias onde se encontram, podem gerar um excedente energético. Quando se opta por sistemas de cogeração, parte da energia elétrica pode ser utilizada nas próprias instalações e parte pode ser comercializada. A cogeração pode ser definida como a produção combinada de calor e eletricidade.

4.7 VANTAGENS ECONÔMICAS DA UTILIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL DE BIOGÁS

O uso de biodigestores em propriedades rurais, além de ser uma excelente alternativa para o tratamento dos dejetos gerados pelas atividades do agronegócio, torna-se economicamente viável quando o biogás e biofertilizante são utilizados adequadamente.

Souza et al. (2004), por meio das análises dos resultados de seu estudo, observou que a viabilidade do sistema para a geração de energia elétrica depende da tarifa paga pelo proprietário rural à concessionária local de energia.

Os custos de produção de biogás estão diretamente relacionados à quantidade de biogás que se produz e ao investimento destinado à construção do biodigestor. O tempo de retorno do investimento torna-se atrativo com a intensificação do uso do sistema, porém seria necessário que as concessionárias adquirissem o excedente de energia produzida (COLDEBELLA et al., 2008).

Atualmente, isto já é possível. Em fevereiro de 2009, a COPEL assinou contratos para a compra de energia elétrica produzida através de biogás. De acordo com a COPEL (2009):

A Companhia Paranaense de Energia – COPEL, em cumprimento ao disposto na Instrução CVM 358/2002, comunica ao mercado que firmou, no dia 03 de fevereiro de 2009, os primeiros contratos no setor elétrico

brasileiro para aquisição de energia elétrica produzida a partir da biodigestão de resíduos orgânicos. São 6 contratos que totalizam potência de até 524 kW, energia suficiente ao atendimento de uma centena de moradias de padrão médio, que será fornecida por 4 produtores: Sanepar, Cooperativa Lar, Granja Colombari e Star Milk. Os contratos têm vigência até o final do ano de 2012.

A iniciativa pioneira tem respaldo em autorização concedida no final de julho de 2008 pela ANEEL, como resultado de testes bem sucedidos feitos pela COPEL – em parceria com a Itaipu.

Os ensaios e experiências tiveram início em 2007 com o propósito de reduzir impactos ambientais e estudar a viabilidade técnica e econômica de implantação de biodigestores em propriedades rurais dedicadas à suinocultura para, com o gás metano produzido pela decomposição da matéria orgânica coletada, gerar eletricidade para consumo na própria instalação e para venda de excedentes à Copel Distribuição através de geração distribuída.

Em abril de 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que garante ao consumidor brasileiro a oportunidade de gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade (ANEEL, 2012).

Ainda de acordo com a ANEEL (2012), os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

Como exemplo da aquisição de energia elétrica a partir de biogás por parte da COPEL pode-se citar um projeto realizado pela EMBRAPA Suínos e Aves em parceria com a Itaipu Binacional. De acordo com a EMBRAPA (2014):

A microcentral termelétrica a biogás do Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar Sanga Ajuricaba, em Marechal Cândido Rondon (PR), tornou-se em agosto a menor unidade geradora conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Agora toda a energia produzida no local é transferida para a rede de distribuição da COPEL, conforme prevê a resolução normativa 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A estimativa é que o condomínio gere aproximadamente 800 kWh por dia, ou 24 mil kWh/mês, o suficiente para abastecer com energia elétrica 150 casas - levando em conta o consumo médio residencial brasileiro. A capacidade instalada da microcentral é de 80 kW.

O condomínio tem hoje 33 pequenos produtores rurais. Em cada propriedade, dejetos da produção agropecuária (suínos e gado leiteiro) são transferidos para biodigestores, para extração do gás metano (cerca de 800 metros cúbicos por dia). Os biodigestores estão conectados à microcentral

por meio de um gasoduto de 25 quilômetros de extensão. Já a matéria orgânica residual do biodigestor pode ser transformada em biofertilizante. Além de gerar energia, o biogás produzido nas propriedades é usado internamente, como, por exemplo, para cozinhar ou aquecer a água que higieniza o sistema de ordenha.

Outro fator bastante relevante relativo à utilização de biogás como fonte energética foi observada por Willer (2012). De acordo com o autor, existe uma influência dos municípios que cediam as principais indústrias em centralizar o abate de suínos e em centralizar em seu entorno os municípios que ofertam a matéria-prima, ou seja, a criação de suínos forma concentrações espaciais no território mesorregional do oeste paranaense. Assim, o sistema de produção integrada existente entre as indústrias e os produtores de suínos, é responsável pela ocupação de um significativo contingente populacional, garantindo renda e emprego para essa população e contribuindo para o desenvolvimento econômico de toda a região oeste do estado do Paraná.

4.8 RESOLUÇÃO NORMATIVA 482/12 DA ANEEL

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (ANEEL, 2012).

Em suma, segundo a ANEEL (2012):

De acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012, os microgeradores são aqueles com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), e os minigeradores, aqueles cujas centrais geradoras possuem de 101 kW a 1 megawatt (MW). As fontes de geração precisam ser renováveis ou com elevada eficiência energética, isto é, com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada.

A novidade da norma é simplificar a conexão das pequenas centrais à rede das distribuidoras de energia elétrica e permitir que a energia excedente produzida possa ser repassada para a rede, gerando um “crédito de energia” que será posteriormente utilizado para abater seu consumo.

O saldo positivo desse crédito de energia não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (ponta/fora ponta), quando aplicável, em outra unidade consumidora (desde que as duas unidades estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular) ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses.

Portanto, toda a geração de energia elétrica excedente pode ser injetada na rede de distribuição da concessionária, e o consumidor recebe “créditos de energia” provenientes do aproveitamento do biogás. No entanto, ainda de acordo com a Resolução Normativa nº 482:

Compete ao consumidor a iniciativa de instalação de micro ou minigeração distribuída – a ANEEL não estabelece o custo dos geradores e tampouco eventuais condições de financiamento. Portanto, o consumidor deve analisar a relação custo/benefício para instalação dos geradores, com base em diversas variáveis: tipo da fonte de energia (painéis solares, turbinas eólicas, geradores a biomassa, etc), tecnologia dos equipamentos, porte da unidade consumidora e da central geradora, localização (rural ou urbana), valor da tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, condições de pagamento/financiamento do projeto e existência de outras unidades consumidoras que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica. (ANEEL, 2012)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado ao longo do trabalho, no oeste paranaense, o cultivo de leitões não é utilizado apenas para fins de subsistência, ele ocupa uma parcela socioeconômica significativa do mercado, gerando renda e emprego em toda sua cadeia produtiva, desde o pequeno produtor até o fornecimento da carne suína por grandes frigoríficos para o consumidor final. Aliando este fator ao fato da atividade ser altamente poluente, cabe a necessidade da busca alternativa pela diminuição dos impactos ambientais, o que garante melhores condições de vida não somente ao produtor, mas à população como um todo.

A atividade de produção de suínos é geradora de grande impacto ambiental e demanda uma quantia considerável de energia elétrica durante todas as fases da criação dos leitões. A partir daí obtêm-se a maior vantagem da utilização do biogás como fonte de energia elétrica: economia para o produtor rural e preservação ambiental, aliadas. Vale salientar, porém, que o tempo de retorno do investimento é a longo prazo.

Além disso, o excedente energético produzido na propriedade rural, e que não venha a ser utilizado pelo produtor, pode ainda ser arrematado pela companhia de energia elétrica. Neste contexto, a geração distribuída entra como um incentivo adicional ao pequeno produtor para o armazenamento do biogás, que além de auxiliar o meio ambiente, ainda tem a possibilidade de diminuir os gastos com eletricidade em sua propriedade.

De acordo com Coldebella et al. (2008) o estudo da viabilidade econômica de implantação do sistema, está diretamente relacionado a quantidade de energia elétrica a ser produzida, ao investimento inicial do projeto e a vida útil dos equipamentos utilizados, pois estes são os principais fatores que influenciam no tempo de retorno do investimento.

REFERÊNCIAS

ABREU, Raphael Lorenzeto de. **Mesorregião do Oeste Paranaense**. 2006. Wikipédia Commons. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parana_Meso_OesteParanaense.svg>. Acesso em 26 out. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: 1 ed. ANEEL, 2002, 153 p.

_____. **Geração Distribuída**. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757>>. Acesso em: 26 out. 2015.

ANGONESE, André R. et al.. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 745–750, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662006000300030&script=sci_arttext>. Acesso em: 08 out. 2014.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE SUINOCULTORES. **Produtores**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.aps.org.br/mercado-suino/produtores.html>>. Acesso em 22 ago. 2015.

BARROS, Talita D. **Biogás**. Brasília: EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5eo0sawqe3qf9d0sy.html>>. Acesso em 14 jun. 2015.

BECK, Anderson de M. O biogás de suínos como alternativa energética sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27 p., 2007, Foz do Iguaçu. **A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650481_0089.pdf>. Acesso em: 12 out. 2014.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura S. T.; BUENO, Osmar de C. Viabilidade econômica da utilização de biogás produzido em granja de suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, set./out. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162010000500006&script=sci_arttext>. Acesso em 09 out. 2014.

COLDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso de biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos_dissertacoes/coldedella.pdf>. Acesso em: 07 out. 2014.

_____ et al.. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe Gepec**, Toledo, v. 12, n. 2, jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/viewArticle/2186>>. Acesso em: 08 out.2014.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **COPEL assina contratos para compra de eletricidade produzida com biogás**. Curitiba, 2009. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/bri02_09port/\\$FILE/br_i02_09port.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/bri02_09port/$FILE/br_i02_09port.pdf)>. Acesso em 26 out. 2015.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos de suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nítrico**. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DE ZEN, Sergio. et al.. Suinocultura brasileira avança no cenário mundial. **Informativo CEPEA**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-4, out./dez. 2014.

DEGANUTTI, Roberto et al.. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Encontro de Energia no Meio Rural**, Campinas, a. 4, 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em 15 ago. 2015.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Produção de Suínos. **Sistemas de Produção**, v. 2, jan. 2013. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/manej_odejetos.html>. Acesso em 25 ago. 2015.

_____. **Energia produzida por biogás abastece rede da COPEL.** 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2030980/energia-produzida-por-biogas-abastece-rede-da-copel>>. Acesso em 26 out. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2014:** Relatório Síntese, ano base 2013. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em: 08 out. 2014.

FARIAS, Diego F.; SILVA JUNIOR, Mario Augusto A. **Estudo para implementação de um biodigestor comunitário em comunidade de baixa renda.** 2009. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FERNANDES, Dangelia Maria. **Biomassa e biogás da suinocultura.** 2012. 211 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

GALBIATTI, João A. et al.. Estudo quali-quantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010.

GERVÁSIO, Edmar W. **Suinocultura:** Análise da Conjuntura Agropecuária. Departamento de Economia Rural, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf>. Acesso em: 09 out. 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 04 ed. São Paulo: Atlas, 2002, 176 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Resumo do estudo da cadeia produtiva da suinocultura no Estado do Paraná.** Londrina, 2015. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=230>>. Acesso em 25 ago. 2015.

JUNQUEIRA, Sérgio Luís C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: Estudo de caso na Fazenda Aterrado**. 2014. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

LIMA, Paulo César R. **Biogás da suinocultura**: Uma importante fonte de geração de energia. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2007. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1724>>. Acesso em: 10 out. 2014.

MACHADO, Mariane G. **Tratamento e aproveitamento de dejetos suínos com ênfase na produção de biogás**. Estudo de caso: Suinutri Indústria e Comércio de Carnes e Derivados Ltda – Campo Verde, MT. 2009. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

MARTINS, Franco M.; OLIVEIRA, Paulo A. V. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, mai./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n3/a08v31n3.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188 p.

OLIVEIRA JUNIOR, Frederico A. de. **Ensino não formal da diminuição da carga poluidora de dejetos animais a partir da produção de biogás e biofertilizante em pequenas propriedades rurais**. 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PAULA, Germano de. **Análise energética e econômica da produção de leitões na região oeste do Paraná**. 2012. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

PEREIRA, Edilaine Regina. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PRADO, Marco Antônio C.; CAMPOS, Cláudio Milton M.; SILVA, Julia F. Estudo da variação da concentração de metano no biogás produzido a partir das águas residuárias do café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, mar./abr. 2010.

SANTOS FILHO, Jonas dos; TALAMINI, Dirceu; MARTINS, Franco. **Distribuição espacial da produção de suínos no Brasil**. Central de Inteligência de Aves e Suínos. EMBRAPA, 2013. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=59>. Acesso em 07 jul. 2015.

SCHULTZ, Guilherme. **Boas práticas ambientais na suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. Disponível em: <[http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/\\$File/NT0003798E.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/$File/NT0003798E.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2014.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Informações de mercado sobre suinocultura**. 2008. Disponível em: <[http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/B64E78E191FFE3BB83257405004EC83F/\\$File/01.SUINO_relatorio.pdf](http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/B64E78E191FFE3BB83257405004EC83F/$File/01.SUINO_relatorio.pdf)>. Acesso em 12 ago. 2015.

SOUZA, Samuel N. M. de; PEREIRA, William C.; PAVAN, André A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 127-133, 2004. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/1510/869>>. Acesso em: 09 out. 2014.

WILLER, Ednilse Maria et al.. Análise do crescimento da cadeia agroindustrial de suínos no oeste do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Empresariais da UNIPAR**, Umuarama, v. 13, n. 1, p. 115-137, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/empresarial/article/view/4367>>. Acesso em: 09 out. 2014.