

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

**NYARA CHANDOHA CAMILO**

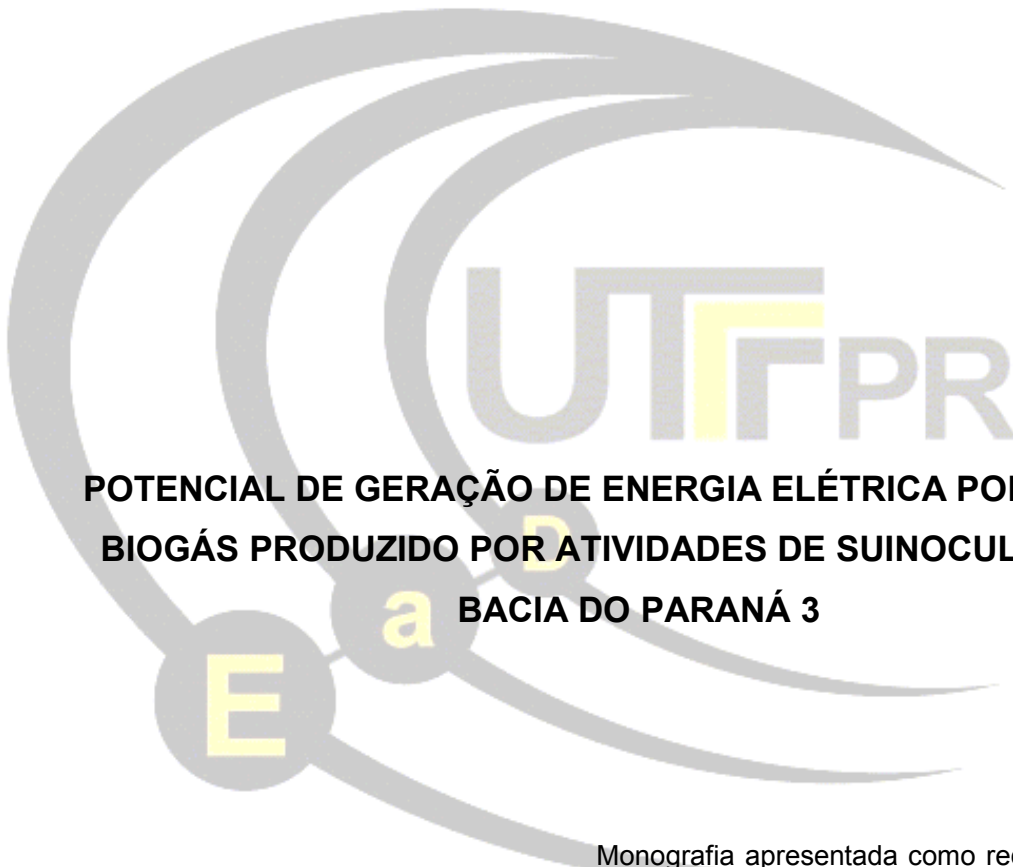
**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DO  
BIOGÁS PRODUZIDO POR ATIVIDADES DE SUINOCULTURA NA  
BACIA DO PARANÁ 3**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2015**

NYARA CHANDOHA CAMILO



**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DO  
BIOGÁS PRODUZIDO POR ATIVIDADES DE SUINOCULTURA NA  
BACIA DO PARANÁ 3**

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.

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

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Potencial de geração de energia elétrica por meio do biogás produzido por atividades de suinocultura na Bacia do Paraná 3

Por

**Nyara Chandoha Camilo**

Esta monografia foi apresentada às **13h30min do dia 08 de dezembro 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, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Juliana Bortoli Rodrigues Meess  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof<sup>a</sup>. Ma. Marlene Magnoni Bortoli  
UTFPR – Câmpus Medianeira

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por ser o motivo de tudo, aquele que me fortalece todos os dias, “porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas”.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim e prestarem todo suporte necessário para cada etapa da minha vida.

Ao meu marido, pelo amor e cuidado constantes.

À minha irmã Nicole, pelo exemplo e disposição em ajudar a todo o momento.

À minha orientadora professora Dra. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes, pelas conduções no decorrer do desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Aos tutores presenciais e a distância pelo auxílio durante a pós-graduação.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que esta monografia fosse concluída com êxito.

## RESUMO

CAMILO, Nyara Chandoha. Potencial de geração de energia elétrica por meio do biogás produzido por atividades de suinocultura na Bacia do Paraná 3. 2015. 35f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Os dejetos provenientes das atividades suinícolas podem trazer impactos negativos ao meio ambiente, mas, ao mesmo tempo, podem servir como alternativa econômica para o produtor rural. Em vista disso, o objetivo da presente pesquisa consiste em demonstrar o potencial de geração de energia elétrica de municípios que compõe a Bacia do Paraná 3, por meio do biogás produzido por atividades de suinocultura. Inicialmente, foi realizado o levantamento de cabeças de suínos dos municípios, a partir do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2006), seguido pelo cálculo de produção de dejetos e biogás segundo metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), finalizado pela conversão energética do metano em energia elétrica. Como resultados, a bacia apresenta 1.709.536 cabeças de suínos, gerando 7.463.835 m<sup>3</sup> de dejetos e 23.881.636 m<sup>3</sup> de biogás, anualmente, e, finalmente, produção de 34.102 MW.ano<sup>-1</sup> de energia elétrica. Com isso, evidenciou-se que o potencial da bacia alcança níveis satisfatórios para que um passivo ambiental possa ser transformado em alternativa econômica para os produtores rurais, assim como foi sugerido o modelo de geração distribuída para viabilizar a aplicação deste recurso.

**Palavras-chave:** Agroenergia. Biomassa. Metano.

## ABSTRACT

CAMILO, Nyara Chandoha. Potential for electricity generation from Paraná 3 Basin municipalities through the biogas produced by swine farming activities. 2015. 35f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

The waste from the swine activities can have negative impacts on the environment, but at the same time, it serves as an economic alternative for farmers. In view of this, the aim of this research is to demonstrate the potential for electricity generation from Paraná 3 Basin municipalities through the biogas produced by swine farming activities. Initially, it was performed a study of municipalities swine heads, based on the Agriculture Census of Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2006), followed by manure and biogas production calculation based on the methodology of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006), finalized by the energy conversion of methane to electricity. As a result, the basin has 1,709,536 heads of pigs, producing 7,463,835 cubic meters of waste and 23,881,636 cubic meters of biogas annually. Ultimately, the production of electricity calculated was 34,102 MW per year. Clearly, the potential of the basin reaches satisfactory levels to transform environmental liability into cost-effective alternative for farmers. As a suggestion, the distributed generation model facilitates the application of this feature.

**Keywords:** Bioenergy. Biomass. Methane.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição Geográfica da Suinocultura no Brasil .....	11
Figura 2 – Sequências metabólicas e grupos de microrganismos da digestão anaeróbia .....	15
Figura 3 – Simulação do Funcionamento de um Motor Ciclo Otto .....	17
Figura 4 – Delimitação das Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná .....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Plantel de Suínos no Paraná .....	12
Tabela 2 – Consumo Energético Final (em milhões de tep) .....	14
Tabela 3 – Produção de Dejetos por Categoria de Animal .....	21
Tabela 4 – Parâmetros para o Cálculo de Produção do Biogás .....	22
Tabela 5 – Produção de Suínos nos Municípios da Bacia do Paraná 3 .....	23
Tabela 6 – Produção de Dejetos na Bacia do Paraná 3 .....	24



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 A SUINOCULTURA BRASILEIRA.....	10
2.1.1 Suinocultura no Paraná.....	11
2.1.2 Aspectos Ambientais da Atividade Suinícola.....	12
2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL.....	13
2.2.1 O Biogás como Fonte de Energia.....	14
2.2.2 Aplicação Energética do Biogás.....	16
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 LOCAL DA PESQUISA .....	19
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	20
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	21
3.4 ANÁLISES DOS DADOS .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil alcançou o número de 2.100.936 cabeças de matrizes industriais e produção de carne suína de 3.471,7 mil toneladas, no ano de 2014 (ABPA, 2015). Este fato demonstra que a suinocultura apresenta relevante papel para a economia brasileira, em especial no estado do Paraná.

Ao mesmo tempo em que promove a economia da região, as atividades suinícolas podem trazer impactos negativos ao meio ambiente quando os dejetos dos animais não são devidamente tratados, ocasionando não só contaminação e poluição de corpos hídricos e solos, mas também atmosféricas, pois a biodigestão desses resíduos gera emissão de gases nocivos aos seres vivos.

Essa preocupação com relação às poluições atmosféricas, juntamente à possibilidade de escassez do petróleo, ocasionou a ênfase na pesquisa por fontes renováveis de energia e, dentre elas, o biogás, gerado pela biodigestão anaeróbia da matéria orgânica. Esta fonte pode ser aplicada em conversões energéticas, como energia elétrica e térmica, trazendo alternativas econômicas para os produtores.

A Bacia do Paraná 3 se encontra no Oeste do Paraná, região que detém significativo número de produtores de suínos, inclusive o município de Toledo, que, conforme o IBGE (2006), possui o maior plantel desses animais. Apresentando relevante potencial poluidor devido aos dejetos que são gerados, a bacia também consiste em uma importante fonte energética, pois o biogás produzido pela biodigestão anaeróbica pode ser aplicado para este fim.

Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa consistiu em demonstrar o potencial de geração de energia elétrica de municípios que compõe a Bacia do Paraná 3, por meio do biogás produzido por atividades de suinocultura, utilizando o censo de 2006.

Como objetivos específicos buscou-se:

- Realizar o levantamento do número de cabeças de suínos existentes nos municípios da Bacia do Paraná 3;
- Estimar a produção de dejetos e biogás;
- Calcular o potencial de geração de energia elétrica para o biogás produzido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

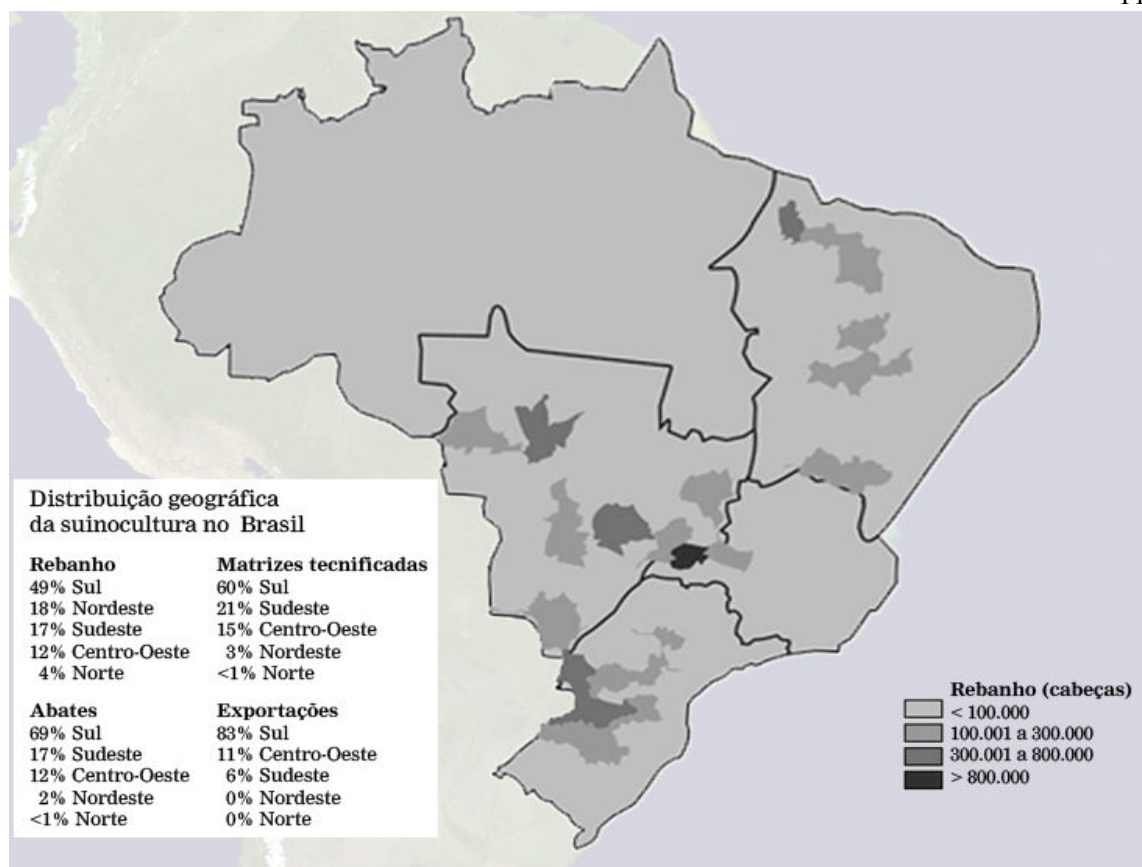
### 2.1 A SUINOCULTURA BRASILEIRA

O Brasil possui cerca de 200 milhões de cabeças de suínos, número que representa o segundo lugar mundial, além de se encontrar em quarto lugar no ranking de produção e exportação de carne suína no mundo, representando 10% do total exportado e com lucros que ultrapassam US\$ 1 bilhão ao ano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2015). Com base em dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006), pode-se notar que o plantel de suínos no país passou de 27.811.244 cabeças nos anos de 1995-1996 para 3.1189.351 em 2006.

O agronegócio brasileiro apresenta considerável qualidade técnica e produtiva (ISHIZUKA, 1997). Atualmente, a produção de suínos é realizada em propriedades pequenas, médias e integradas – fornecimento via indústria processadora de insumos e tecnologia, assim como metodologias e procedimentos de trabalho (PARANÁ, 2013b).

No país, existem 114 mil produtores com rebanhos apresentando produção, em média, de 10 litros de leite/dia/vaca, enquanto que a média nacional fica em torno de 5 litros por dia (SECRETARIA DO ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 2010).

A Figura 1 demonstra a concentração da suinocultura na Região Sul, havendo também crescimento nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, devido à instalação de significativas plantas frigoríficas e à procura por matéria-prima (milho e soja) para a produção de ração, segundo a Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS, 2011).



**Figura 1: Distribuição Geográfica da Suinocultura no Brasil.**  
**Fonte: CIAS (2011).**

### 2.1.1 Suinocultura no Paraná

No Estado do Paraná, a suinocultura representa um dos setores responsáveis pela expansão agroindustrial. Já em 2002, a atividade se encontrava presente em quase todas as pequenas propriedades rurais, onde empregava, basicamente, mão de obra familiar e consistia em uma relevante fonte de renda e equilíbrio social (BEZERRA, 2002).

A Tabela 1 apresenta o plantel paranaense total e de matrizes de suínos no ano de 2006.

**Tabela 1 – Plantel de Suínos no Paraná.**

<b>Suínos</b>	<b>Plantel</b>
Total	4.569.266
Matrizes	507.900

**Fonte: IBGE (2006).**

Segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2006), a região do oeste do Paraná possui maior produção de suínos, apresentando, no município de Toledo, o plantel mais significativo.

#### 2.1.2 Aspectos Ambientais da Atividade Suinícola

Os dejetos provenientes das atividades pecuárias, quando destinados incorretamente, podem causar poluição em corpos hídricos, no solo e no ar (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

Os impactos ambientais negativos ocasionados pela falta de tratamento e manejo adequado dos resíduos da pecuária são imensuráveis, e os efluentes originados na produção animal considerados a principal fonte de poluição dos recursos hídricos em muitos países, ultrapassando os índices das indústrias consideradas, até então, as maiores causadoras de degradação do ambiente (CAMPOS, 2001).

Quando corretamente manejados, os dejetos podem apresentar uma alternativa econômica para a propriedade rural, não comprometendo a qualidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2000). Em especial, o potencial de produção de biogás dos dejetos da suinocultura apresenta superioridade ao serem comparados com outros ramos da pecuária (MATEUS, 2007).

Em pesquisa realizada por Prati (2010), analisou-se a geração de energia elétrica por meio do biogás originado no tratamento de dejetos da pecuária, tendo como conclusão que o tratamento desses resíduos melhorou a qualidade de vida da

propriedade rural, pois reduziu maus odores, contribuiu para a ausência da emissão de metano na atmosfera e até mesmo aumentou a rentabilidade da suinocultura do local estudado.

## 2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Com a problemática da possibilidade de escassez do petróleo e a preocupação com a quantidade elevada de gases do efeito estufa que vem sendo eliminados para a atmosfera, enfatizou-se nas fontes de energia renováveis, as quais representam aquelas que não necessitam de combustível e não geram resíduos perigosos, e quando utilizadas corretamente, não geram impactos negativos ao meio ambiente (GALDINO et al., 2002).

Em 1990, o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foi criado, quando, por meio de pesquisas científicas internacionais, constatou-se a necessidade de redução na emissão de CO<sub>2</sub> em 60% para normalizar as condições atmosféricas (GREENPEACE, 2004).

Dentre várias conferências realizadas, a de Kyoto, no Japão, em 1997, apresentou maior relevância, que, por meio do Protocolo de Kyoto, apresentou-se o conceito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), beneficiando países que realizassem projetos nesse aspecto com créditos de carbono, os quais poderiam ser vendidos (FEARNSIDE, 2001).

Em 2005, o Protocolo de Kyoto entrou em vigência no Brasil, fornecendo vantagens nesse quesito, devido ao seu abrangente território favorável ao desenvolvimento de novas tecnologias de resgate de carbono (DENARDI, 2008).

O Brasil representa uma das maiores potências na questão da energia da biomassa, devido ao considerável número de florestas e das significativas quantidades de resíduos gerados pelos processos agropecuários (ESPARTA, LUCON; UHLIG, 2004).

A Tabela 2 apresenta um panorama do consumo energético final da biomassa no Brasil até 2030.

**Tabela 2 – Consumo Energético Final (em milhões de tep).**

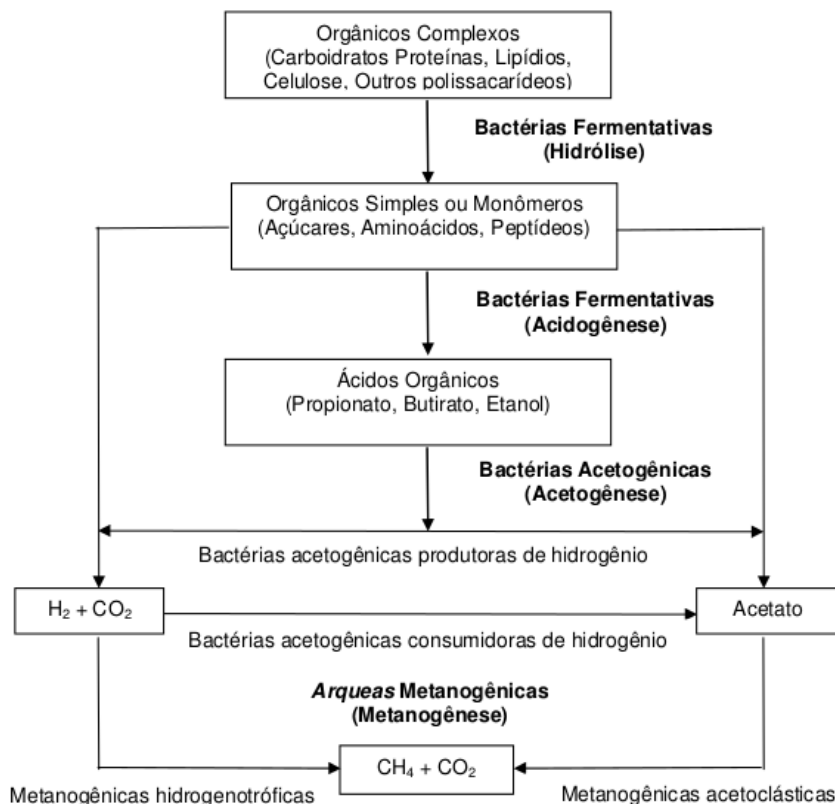
<b>Fonte</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Biomassa	43.704	55.114	76.529	97.389

**Fonte: Brasil (2007).**

### 2.2.1 O Biogás como Fonte de Energia

A biodigestão anaeróbia representa uma opção para o tratamento dos resíduos da pecuária, porque não só reduz a provável contaminação do meio ambiente, mas também, por meio do seu processo, produz o biogás, que consiste em uma fonte de energia renovável (AMARAL et al., 2004).

Na Figura 2, podem ser observados os estágios da biodigestão, detalhando-se suas sequências metabólicas e os grupos microbianos que participam de cada uma.



**Figura 2: Sequências metabólicas e grupos de microrganismos da digestão anaeróbia.**  
**FONTE: Chernicharo (1997) e Zaher et al. (2007) apud Caldereiro (2015)**

O processo de digestão 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 metano pelas bactérias que utilizam acetato – acetoclásticas - e pelas utilizadoras de hidrogênio - hidrogenotróficas (CHERNICHARO, 1997).

Segundo Chernicharo (2007), nos sistemas anaeróbicos, a maioria dos materiais degradáveis é convertido em biogás (de 70% a 90%), o qual é removido da fase líquida e deixa o reator em forma gasosa. Somente uma pequena parte do material orgânico é transformado em massa microbiana (5% a 15%), que se constitui



do excesso de lodo no sistema. O restante deixa o reator como material não degradável (10% a 30%).

O biogás consiste em um composto gasoso que apresenta composição média de 59% de gás metano ( $\text{CH}_4$ ), 40% de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e 1% de gases-traço, incluindo-se o gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), e é considerado uma fonte renovável, pois está constituído no ciclo biogeoquímico do carbono (BLEY JR, 2015).

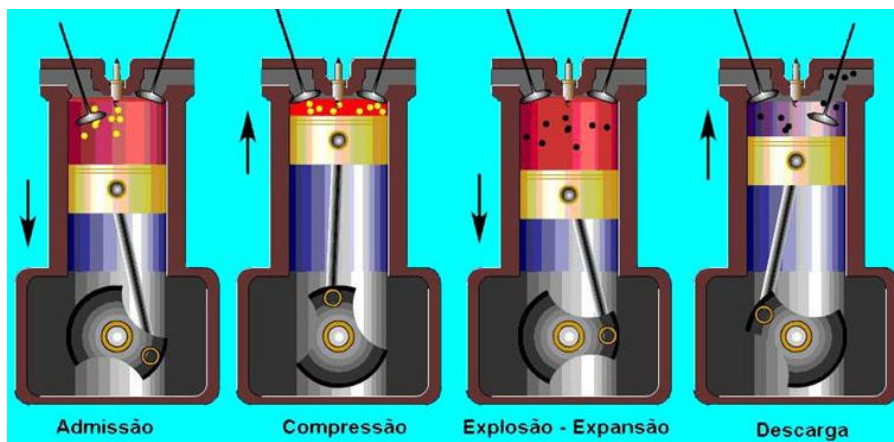
No processo de produção de biogás, sua eficiência pode ser influenciada por alguns fatores, sendo eles: carga orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, ocorrendo variação de 40% a 80% na quantidade de metano (COELHO et al., 2006).

### 2.2.2 Aplicação Energética do Biogás

O procedimento de transformação do biogás em energia elétrica ocorre por meio da conversão da energia química presente nas moléculas do gás em energia mecânica, realizando-se a combustão controlada, a qual aciona um gerador que a transforma em energia elétrica. Existem maneiras variadas para que esse processo ocorra, como a utilização dos motores Ciclo-Otto, a combustão interna, a queima direta, dentre outras (COELHO et al., 2006).

A queima do biogás compreende em uma reação exotérmica, que por sua vez libera energia na forma de calor, podendo ser realizada por motores Ciclo Otto. Estes apresentam o maior rendimento energético e menor custo em comparação a outros equipamentos, apresentando quatro tempos de funcionamento, pois ocorre em quatro etapas (GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE, 2009).

A Figura 3 demonstra o funcionamento de um motor Ciclo Otto.



**Figura 3: Simulação do Funcionamento de um Motor Ciclo Otto**  
**FONTE: Silveira (2010).**

No processo, inicialmente, as válvulas de admissão e de descarga se encontram fechadas, e o pistão fica em posição mais baixa. Enquanto ocorre o curso, o pistão se move para cima, comprimindo a mistura de ar e combustível. No momento em que o pistão atinge sua posição mais alta, a vela libera faíscas e a mistura sofre ignição, elevando a temperatura e pressão do sistema. Os gases expostos à alta pressão forçam o pistão para baixo e isto faz com que o eixo de manivelas gire, produzindo trabalho útil durante o curso. Ao final, o pistão está para baixo e o cilindro cheio de produtos da combustão. O pistão se move para cima mais uma vez, liberando os gases de exaustão pela válvula de descarga e, uma segunda vez, para baixo, sugando ar fresco e combustível pela válvula de admissão (ÇENGEL; BOLES, 2013).

A geração distribuída ocorre em valores pequenos, para usuários associados ou isolados, cujo estabelecimento se encontra próximo à localização de consumo final. O sistema, em alguns casos, é ligado à rede, incentivando o surgimento de novas fontes de energia, além de reduzir os impactos negativos ocasionados ao meio ambiente na construção de grandes centrais, assim como os obstáculos para o financiamento das mesmas (DIAS; BOROTNI; HADDAD, 2005).

Este modelo de geração representa uma opção inovadora na área econômica para empreendimentos de pequeno, médio e grande porte, assim como para a agricultura familiar (BLEY JR et al., 2009).

Com o crescimento da agropecuária brasileira e o conseqüente aumento na quantidade de dejetos dos animais, a implantação de condomínios de agroenergia fornece uma alternativa para diminuir impactos negativos, além de incrementar a renda dos produtores rurais (PASQUAL et al., 2011).

Projetado para 34 pequenas propriedades rurais, o Condomínio de Agroenergia de Sanga Ajuricaba apresenta um total de 1.072 bovinos, 3.082 suínos, gerando uma quantidade total de 16 mil toneladas de dejetos, 266.000 m<sup>3</sup> de biogás por ano, 445.000 kWh ano<sup>-1</sup> de energia, 9.500 m<sup>3</sup> de fertilizante por ano e reduzindo emissões de 2.100 toneladas de CO<sub>2</sub> ano<sup>-1</sup> (ITAIPU BINACIONAL, 2015).

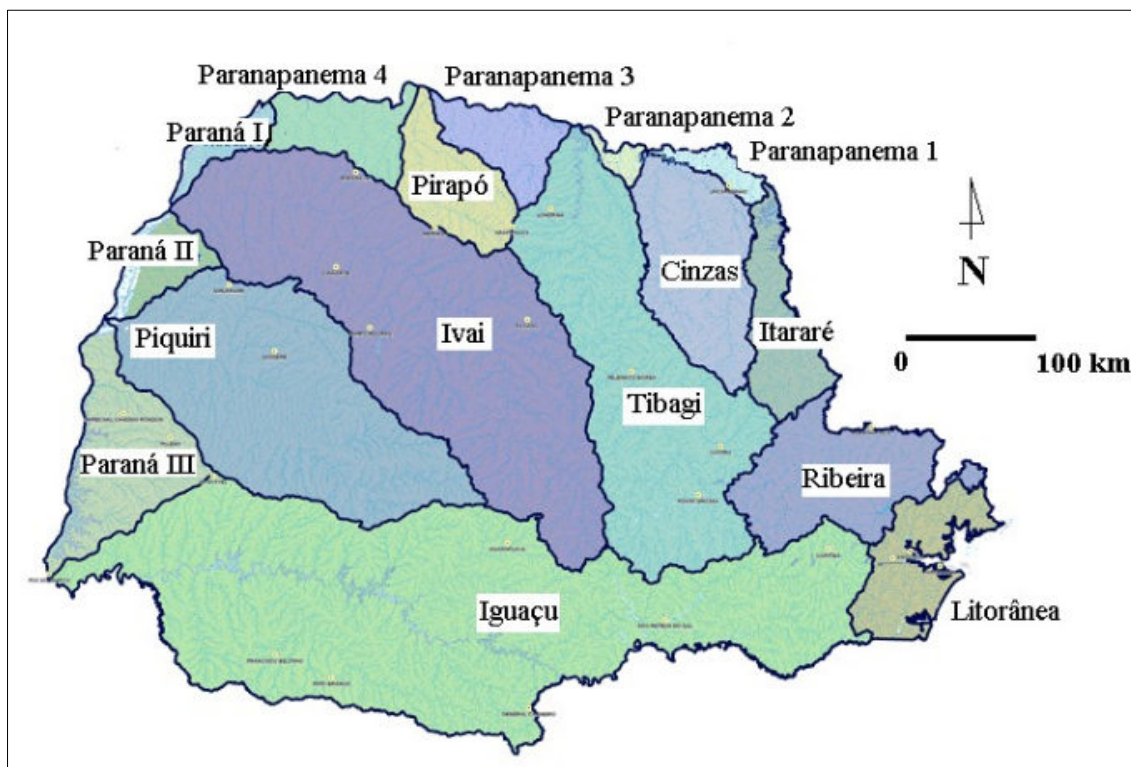
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A bacia do Paraná 3 está localizada na mesorregião Oeste do Paraná, compreendendo uma área de aproximadamente 8.000 km<sup>2</sup> e 28 municípios, sendo estes: Cascavel, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Foz do Iguaçu, Guaíra, Itaipulândia, Marechal Cândido Rondon, Maripá, Matelândia, Medianeira, Mercedes, Missal, Nova Santa Rosa, Ouro Verde do Oeste, Pato Bragado, Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Teresa do Oeste, Santa Teresinha de Itaipu, São José das Palmeiras, São Miguel do Iguaçu, São Pedro do Iguaçu, Terra Roxa, Toledo, Tupãssi e Vera Cruz do Oeste (PARANÁ, 2011).

O clima que predomina na bacia é o subtropical úmido, com temperatura média de 22° C e precipitação com distribuição anual que varia de 1.500 a 1.900 milímetros (PARANÁ, 2013a).

Sua delimitação é formada ao norte pela bacia do rio Piquiri e ao sul pela bacia do rio Iguaçu, como demonstra a Figura 4.



**Figura 4 - Delimitação das Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná**  
**Fonte: Paraná (2011).**

Com relação às atividades econômicas, a região é responsável por 21% da produção de suínos do Estado do Paraná, 18,3% de bovinos de corte, 16% de aves e 15% de peixes de água doce (PARANÁ, 2013a).

### 3.2 TIPO DE PESQUISA

Com base em seus objetivos, a presente pesquisa se classifica como exploratória, pois possui como finalidade a familiarização do problema, tornando-se mais explícito (GIL, 2008).

Baseado nos procedimentos técnicos, desenvolveu-se pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

### 3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada mediante o levantamento de dados correspondentes ao plantel de suínos dos municípios pertencentes à Bacia do Paraná 3, baseando-se no último Censo Agropecuário produzido pelo IBGE, em 2006.

### 3.4 ANÁLISES DOS DADOS

A partir da coleta de dados, foi realizada a estimativa de produção de dejetos e de biogás dos municípios da Bacia do Paraná III, seguindo-se os parâmetros das metodologias específicas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006).

A Tabela 3 serviu como base para a determinação da produção de dejetos, multiplicando-se a produção horária de cada categoria animal (matriz e suíno terminação/reprodutor) pelo tempo de confinamento. Com isso, obteve-se os valores diários de geração de dejetos que, multiplicados pela permanência do animal na propriedade, gera-se a quantidade anual.

**Tabela 3 – Produção de Dejetos por Categoria de Animal.**

<b>Produção de dejetos</b>	
Matriz	0,02600 m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup>
Suíno Terminação/Reprodutor	0,01200 m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup>

**Fonte: IPCC (2006)**

Considerou-se 24h de tempo de confinamento para todas as categorias, e 365 dias de permanência do animal na propriedade para os suínos matriz; e 330 dias para os suínos em terminação.

Para o cálculo da geração diária de biogás, adotou-se a fórmula descrita na Equação (1), baseada em IPCC (2006).

$$Q_{\text{biogás}} = (\text{SV} \times \text{n}^{\circ} \text{ de cabeças}) \times [ (\text{FCM} \times \text{Ufb} \times \text{B}_0) / (\% \text{ de CH}_4 \text{ no biogás}) ]$$

Equação (1)

Nota:

$Q_{\text{biogás}}$  = Quantidade de biogás gerada ( $\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$ )

SV = Sólidos voláteis ( $\text{KgSV cab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )

FCM = Fator de conversão anual (adimensional)

Ufb = Fator de correção (incertezas do modelo – adimensional)

$B_0$  = Potencial de produção de metano ( $\text{m}^3 \text{ CH}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ SV}^{-1}$ )

Cada categoria animal apresenta parâmetros distintos utilizados no cálculo de geração diária do biogás. A Tabela 4 apresenta esses parâmetros para bovinos e suínos da América Latina.

**Tabela 4 – Parâmetros para o Cálculo de Produção do Biogás**

<b>Categoria</b>	<b>SV Padrão (KgSV cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>B<sub>0</sub> (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> Kg<sup>-1</sup> SV<sup>-1</sup>)</b>	<b>FCM</b>	<b>UFB</b>
Suínos	0,3	0,29	0,78	0,94

Fonte: IPCC (2006)

Adotou-se a porcentagem de 60% de metano presente no biogás, com base em Bley Jr (2015).

A geração de energia elétrica foi calculada a partir da informação de que  $1\text{m}^3$  de biogás corresponde a 1,428 kW de energia elétrica (BARRERA, 1993), considerando-se composição de 60% de metano (BLEY JR, 2015).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

A Tabela 5 demonstra a produção de suínos da Bacia do Paraná 3, conforme levantamento do Censo Agropecuário (IBGE, 2006).

**Tabela 5 – Produção de Suínos nos Municípios da Bacia do Paraná 3.**

Município	Suínos em Terminação	Suínos Reprodutores - Matrizes	(continua)
			Suínos Reprodutores - Varrões
Cascavel	69.767	4.241	651
Céu Azul	24.828	2.118	141
Diamante do Oeste	3.464	375	125
Entre Rios do Oeste	137.262	7.775	1.016
Foz do Iguaçu	2.508	522	324
Guaira	4.542	348	242
Itaipulândia	28.263	6.326	146
Marechal Cândido Rondon	199.366	12.279	452
Maripá	56.755	1.520	86
Matelândia	44.866	2.862	627
Medianeira	40.359	3.500	141
Mercedes	13.487	745	84
Missal	51.669	1.708	255
Nova Santa Rosa	120.614	8.764	543
Ouro Verde do Oeste	43.662	5.911	142
Pato Bragado	45.807	2.561	141
Quatro Pontes	58.448	5.498	175
Ramilândia	7.355	676	148



Tabela 5 – Produção de Suínos nos Municípios da Bacia do Paraná 3.

Município	Suínos em Terminação	Suínos Reprodutores - Matrizes	(conclusão)
			Suínos Reprodutores - Varrões
Santa Helena	62.544	4.406	325
Santa Teresa do Oeste	3.806	785	132
Santa Teresinha de Itaipu	1.293	267	112
São José das Palmeiras	7.812	1.137	100
São Miguel do Iguaçu	59.749	3.875	746
São Pedro do Iguaçu	35.963	8.860	254
Terra Roxa	5.469	621	169
Toledo	411.014	35.627	2.336
Tupãssi	24.900	868	112
Vera Cruz do Oeste	9.302	627	135
<b>Subtotal</b>	<b>1.574.874</b>	<b>124.802</b>	<b>9.860</b>
<b>Total</b>		<b>1.709.536</b>	

FONTE: IBGE (2006)

Pode-se observar que os maiores produtores de dejetos da suinocultura consistem nos municípios de Toledo e Marechal Cândido Rondon, assim como em relação ao número de matrizes. Apesar de este resultado ser apresentado como um risco para o entorno devido ao potencial poluidor dos resíduos oriundos desta atividade, Oliveira et al. (2000) afirma que os mesmos podem gerar benefícios econômicos. Desta maneira, conforme demonstrado na Tabela 8, o cálculo de produção de dejetos foi realizado segundo a Equação 1.

Tabela 6 – Produção de Dejetos na Bacia do Paraná 3.

Município	Produção de dejetos (m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )		
	Terminação	Matriz	Reprodutor
Cascavel	837	110	7,812
Céu Azul	298	55	1,692
Diamante do Oeste	42	9,75	1,5
Entre Rios do Oeste	1.647	202	12

Tabela 6 – Produção de Dejetos na Bacia do Paraná 3.

Município	(conclusão)		
	Produção de dejetos (m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )		
	Terminação	Matriz	Reprodutor
Foz do Iguaçu	30	13,57	3,888
Guaíra	55	9,048	2,904
Itaipulândia	339	164	1,752
Marechal Cândido Rondon	2.392	319	5,424
Maripá	681	40	1,032
Matelândia	538	74	7,524
Medianeira	484	91	1,692
Mercedes	162	19,37	1,008
Missal	620	44	3,06
Nova Santa Rosa	1.447	228	6,516
Ouro Verde do Oeste	524	154	1,704
Pato Bragado	550	67	1,692
Quatro Pontes	701	143	2,1
Ramilândia	88	17,58	1,776
Santa Helena	751	115	3,9
Santa Teresa do Oeste	46	20,41	1,584
Santa Teresinha de Itaipu	16	6,942	1,344
São José das Palmeiras	94	30	1,2
São Miguel do Iguaçu	717	101	8,952
São Pedro do Iguaçu	432	230	3,048
Terra Roxa	66	16,15	2,028
Toledo	4.932	926	28
Tupãssi	299	22,57	1,344
Vera Cruz do Oeste	112	16,3	1,62
<b>Subtotal</b>	<b>18.898</b>	<b>3.245</b>	<b>118</b>
<b>TOTAL</b>		<b>22.262</b>	

A produção diária de dejetos suínos de 22.262 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> corresponde, ao ano, a 6.236.340 m<sup>3</sup> para animais em terminação e 1.227.495 m<sup>3</sup> para matrizes e reprodutores, totalizando 7.463.835 m<sup>3</sup> de dejetos, anualmente, somente para atividades de suinocultura. Deste modo, evidencia-se a necessidade de apresentação de uma alternativa para que estes resíduos não sejam, inadequadamente, destinados diretamente em solos e corpos hídricos sem o devido tratamento, pois, segundo Kunz, Higarashi e Oliveira (2005), os dejetos provenientes das atividades pecuárias, quando destinados incorretamente, podem causar

poluição, sendo esta considerada em muitos países, de acordo com Campos (2001), até mesmo superior à degradação provocada pelas indústrias.

Mateus (2007) afirma que os dejetos da suinocultura apresentam superioridade na produção de biogás. Ao serem comparados com os resíduos de outras atividades. Sendo assim, calculou-se a conversão destes para biogás, obtendo o valor de 65.429,14 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de biogás, ou, 23.881.636 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> para a totalidade dos municípios da Bacia do Paraná 3.

Fernandes (2012) monitorou dados de uma unidade de suinocultura, produtora de biogás, constatando que a produção média era de 582,64 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>, com concentração de 60% de metano, possibilitando uma eficiência de 24% na conversão do biogás na geração de energia elétrica. A autora concluiu que a aplicação da biomassa residual como fonte alternativa de energia nesta unidade estudada assegurava a geração de energia elétrica por meio da produção de biogás de qualidade, além de viabilizar a redução do seu passivo ambiental e agregar maior rentabilidade ao seu empreendimento. Com geração consideravelmente superior, pode-se tomar as mesmas conclusões ao analisar o potencial dos municípios da Bacia do Paraná 3, calculando-se a conversão energética do biogás produzido, a qual, a partir de 23.881.636 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> de biogás, alcança 34.102 MW.ano<sup>-1</sup>.

Analisando-se todos os resultados obtidos, certamente a Bacia proporciona condições favoráveis para que o passivo ambiental, oriundo dos dejetos da suinocultura, seja transformado em alternativa econômica para os produtores rurais. Porém, para que seja possível a implantação de uma estrutura de unidade de produção de biogás, contendo, basicamente, sistema de biodigestão e conjunto motogerador para conversão em energia elétrica, é necessário um investimento financeiro, em muitos casos, aquém das possibilidades do pequeno ou médio produtor. Para tanto, o conceito de geração distribuída se apresenta como uma alternativa a ser considerada, que consiste na descentralização da produção de energia, quando se gera energia no local onde é consumida (BLEY JR, 2015). De acordo com Dias, Borotni e Haddad (2005), esta forma de produção energética acontece em valores pequenos, para usuários associados ou isolados, cujo estabelecimento se encontra próximo à localização de consumo final. Isso incentiva novas fontes de energia, como o biogás. Para Bley Jr et al. (2009), este modelo

representa uma opção inovadora na área econômica para empreendimentos de pequeno, médio e grande porte, assim como para a agricultura familiar.

Em pesquisa elaborada por Camilo (2012), foi realizada uma análise da viabilidade técnica e econômica para implantação de um Condomínio de Agroenergia na microbacia de Lajeado Grande – Toledo - PR, aplicando-se, assim, o método de geração distribuída de energia. Com uma produção estimada, para 34 pequenas propriedades rurais, de  $689.755,57 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$  de biogás e, aproximadamente,  $1.197 \text{ MW}.\text{ano}^{-1}$  de energia elétrica, o projeto foi considerado viável, apresentando segurança econômica para sua implantação.

Em vista do exposto e considerando que o projeto do Condomínio de Agroenergia de Sanga Ajuricaba tornou viável a geração energética a partir de propriedades que produzem pequena quantidade de resíduos orgânicos (ITAIPU BINACIONAL, 2015), conclui-se que a melhor alternativa para a Bacia do Paraná 3 consiste no desenvolvimento de projetos semelhantes, para que o potencial do biogás produzido seja, satisfatoriamente, utilizado e aplicado.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dentre os resultados obtidos, pode-se concluir que o potencial de energia elétrica a partir do biogás produzido por atividades de suinocultura da Bacia do Paraná 3 alcança níveis satisfatórios para que um passivo ambiental, como os dejetos originados desta atividade, possa ser transformado em alternativa econômica para os produtores rurais.

Além disso, observa-se que a melhor alternativa para a Bacia consiste no desenvolvimento de projetos de geração distribuída, como os Condomínios de Agroenergia, para que o potencial do biogás produzido seja, satisfatoriamente, utilizado e aplicado.

Espera-se que o presente trabalho incentive a pesquisa e aplicação do biogás como fonte alternativa de energia, assim como a descentralização da produção energética como forma de viabilizar este fim.

## REFERÊNCIAS

ABPA. **Relatório anual de atividades 2014**. São Paulo: ABPA, ApexBrasil, 2015. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>>. Acesso em 13 jan. 2016.

AMARAL, Cecília Maria C.; AMARAL, Luiz Augusto; LUCAS JÚNIOR, Jorge; NASCIMENTO, Adjair A.; FERREIRA, Daniel de S.; MACHADO, Márcia R. F.. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p.1897-1902, nov. /dez. 2004.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993.

BEZERRA, Severino A. **Gestão ambiental da propriedade suinícola: um modelo baseado em um biosistema integrado**. 2002. 251 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BLEY JR, Cícero; LIBÂNIO, José Carlos; GALINKIN, Maurício; OLIVEIRA, Mauro Márcio. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu/Brasília: Technopolitik Editora, 2009. 140 p.

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

BRASIL. **Matriz energética nacional 2030**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732860/Matriz+Energ%C3%A9tica+Nacional+2030/39d39feb-1307-4f4f-9658-039b86b94bbd;jsessionid=663523DDBACC54787760CDC404F8C998.srv155>>. Acesso em 19 ago. 2015

CALDEREIRO, Gisele 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.

CAMILO, Nyara Chandoha. **Viabilidade técnica e econômica para implantação de um condomínio de agroenergia na microbacia de Lajeado Grande -Toledo -PR.** 2012. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Ambiental, Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2012.

CAMPOS, Aloísio Torres. **Tratamento e manejo de dejetos bovinos.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica.** 7 ed. Porto Alegre: AMGH Editora LTDA, 2013.

CHERNICHARO, Carlos A. de L. **Biological wastewater treatment: anaerobic reactors.** v. 4. Londres: IWA Publishing, 2007.

CHERNICHARO, Carlos A. de L. **Reatores Anaeróbios: princípios de tratamento Biológico de águas Residuárias.** v. 5. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1997.

CIAS. **Distribuição espacial da produção de suínos no Brasil.** Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com\\_content&view=article&id=59](http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=59)>. Acesso em: 19 ago. 2015.

COELHO, Suani Teixeira; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González; DA SILVA, Orlando Cristiano; DE ABREU, Fernando Castro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto utilizando um grupo gerador de 18 kW.** Brasília: USP, 2006.

DENARDI, Estefânia Prezutti. **O Brasil e o Protocolo de Kyoto.** Curitiba: Ambiente Brasil, 2008. Disponível em: <[www.ambientebrasil.com.br/gestao/brasilkyoto.doc](http://www.ambientebrasil.com.br/gestao/brasilkyoto.doc)>. Acesso em: 22 abr. 2015.

DIAS, Marcos Vinícius Xavier; BOROTNI, Edson da Costa; HADDAD, Jamil. Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 11, n. 2, p.1-11, 2005.

ESPARTA, A. Ricardo J.; LUCON, Oswaldo S.; UHLIG, Alexandre. Energia renovável no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 10., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2004. p. 2221 - 2231.

FEARNSIDE, Philip M. As florestas no acordo do clima. **Ciência hoje**, [S. l.], v. 29, n. 171, p.60-62, mai. 2001.

FERNANDES, Dangela M. **Biomassa e biogás da suinocultura**. 2012. 209 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

GALDINO, Marco A. E.; LIMA, Jorge H. G.; RIBEIRO, Cláudio M.; SERRA, Eduardo T. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da Direng**, Brasil, p.17-25, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE. **Manual para aproveitamento do biogás**. São Paulo: ICLEI, 2009.

GREENPEACE. 2004. **O protocolo de Kyoto**. Disponível em: <[http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo\\_kyoto.pdf](http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo_kyoto.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2015.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

ISHIZUKA, Masaio Mizuno. A biotecnologia no tratamento de dejetos suínos. **Biotecnologia: ciência e desenvolvimento**, São Paulo, n., p.16-17, nov. /dez. 1997.

ITAIPU BINACIONAL. **Plataforma Itaipu de energias renováveis**. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando de. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p.651-665, set. /dez. 2005



MATEUS, Tiago. **A suinocultura e a fermentação anaeróbica: o potencial energético do biogás através de efluentes da agropecuária**. 2007. 10 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Energias Renováveis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Suínos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

OLIVEIRA, R. A.; DENICULI, W; IABORAHY, C. R.; CECON, P. R. Redução da demanda bioquímica de oxigênio de águas residuárias da suinocultura com o emprego da macrófita aquática. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, 2000.

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

PARANÁ. **Características gerais da bacia: produto 01**. In: Plano da bacia hidrográfica do Paraná 3. Cascavel: Instituto das Águas do Paraná, 2011. p 4 – 5.

\_\_\_\_\_. **Bacia do Rio Paraná III**. In: Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica. 2 ed. Curitiba: SEMA, 2013a. p. 131 – 138.

\_\_\_\_\_. **Suinocultura**: análise da conjuntura agropecuária. Atualização fevereiro de 2013. Curitiba: SEAB/Departamento de Economia Rural, 2013b. 16 p.

PASQUAL, Janaina Camile; MARIANI, Leidiane; BLEY JÚNIOR, Cícero; REBOLLAR, Paola May; GONZALEZ, Rafael Hernando de Aguiar. A utilização do sensoriamento remoto para o planejamento de condomínios de agroenergia a partir de biogás de biomassa residual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** . Curitiba: Inpe, 2011. p. 4279 - 4286.

PRATI, Lisandro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. 2010. 83 p. Monografia (Graduação) – Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SECRETARIA DO ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Paraná sobe no ranking e já é o segundo maior produtor de leite**. 2010. Disponível em

<<http://www.seab.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=3452>>. Acesso em: 24 de abr. 2015.

SOUZA, Delisangela Alves de; BORGES, Mônica Pereira; PIMENTEL, Sara Laís Bezerra; ROSANOVA, Clauber. **Aproveitamento do esterco suíno da geração de energia limpa**. Tocantins: IFTO, 2009. 12 p.

SILVEIRA, Felipe Argiles, ZAMBIASI, Clarissa Ana; LUZ, Maria Laura Gomes Silva; GOMES, Mario Connil; RAMIREZ, Orlando Pereira. **Estudo econômico para utilização de biodigestores para tratamento de dejetos suínos e alternativas para o desenvolvimento sustentável da propriedade**. Pelotas: UFPEL. 2010.