

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

ALEJANDRA PRADA GUEVARA

**ANÁLISE DOS CONDICIONANTES PARA O AUMENTO DA OFERTA DE  
ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS NO BRASIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2015

ALEJANDRA PRADA GUEVARA

**ANÁLISE DOS CONDICIONANTES PARA O AUMENTO DA OFERTA DE  
ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Professora Dra. Maria de Fátima dos Santos Ribeiro.

CURITIBA

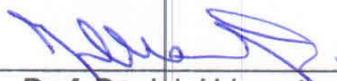
2015

## TERMO DE APROVAÇÃO

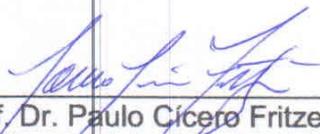
ALEJANDRA PRADA GUEVARA

### ANÁLISE DOS CONDICIONANTES PARA O AUMENTO DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS NO BRASIL

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 09 de setembro de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior  
Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis



Prof. Dr. Paulo Cícero Fritzen  
Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

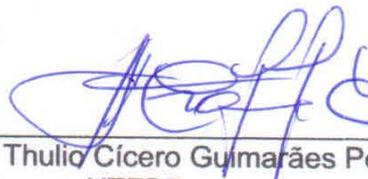
#### BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Maria de Fátima  
dos Santos Ribeiro  
Orientador - UTFPR



Prof. Dr. Jaír Urbanetz Júnior  
UTFPR



Prof. Dr. Thulio Cícero Guimarães Pereira  
UTFPR

## RESUMO

PRADA G., Alejandra. **Análise dos condicionantes para o aumento da oferta de energia elétrica a partir do biogás no Brasil. 2015. 65f.** Monografia (Especialização em Energias Renováveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

O Brasil é o quarto maior produtor de suínos no mundo. O rebanho de cerca de 40 milhões de cabeças encontra-se principalmente em criatórios de animais a cada vez mais concentrados geograficamente, produzindo dejetos que apresentam uma ameaça ambiental. Porém, esses dejetos são também a matéria-prima para a produção de biogás, combustível que pode ser convertido em energia elétrica. Para a geração e captação do mesmo, usam-se biodigestores que têm sido instalados no território nacional desde o final da década de 70. Contudo, esta tecnologia não é disseminada atualmente. Na presente pesquisa pretende-se entender o motivo desta realidade com o intuito de determinar os condicionantes para o aumento da oferta da energia elétrica a partir do biogás no Brasil. Para esse propósito, considerou-se necessário caracterizar a cadeia do biogás para a geração de energia elétrica dentro do complexo agroindustrial de suínos e realizar uma retrospectiva das iniciativas de promoção do uso de biodigestores no Brasil nos últimos 35 anos. O resultado desta análise mostrou que, embora existam esforços organizacionais e institucionais visando a viabilidade dos projetos que contemplam a geração de energia elétrica a partir do biogás, existem também dificuldades técnicas principalmente ligadas à conexão do sistema de geração de energia elétrica com a rede de distribuição e a uma legislação que não promove eficazmente a implantação destes sistemas. Considerando que a geração de energia elétrica a partir do biogás tem características diferentes comparado com a geração a partir de outras energias renováveis e, adicionalmente, permite melhorar a qualidade de vida dos suinocultores, evita impacto ambiental, aumenta a diversificação da matriz elétrica e gera renda, é importante que seja tratada separadamente. Recomenda-se assim a criação de um programa governamental exclusivo para o biogás que promova eficazmente a implantação destes sistemas levando em consideração a realidade do complexo agroindustrial de suínos.

**Palavras-chave:** Biogás. Biodigestão anaeróbica. Biodigestor. Dejetos suínos. Cadeia produtiva. Energia elétrica. Políticas públicas. Geração distribuída.

## ABSTRACT

PRADA G., Alejandra. **Analysis of the constraints to increase the supply of electrical power generated from biogas in Brazil. 2015. 65s.** Monografia (Especialização em Energias Renováveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Brazil is the fourth largest swine producer in the world. The herd size of about 40 million animals is mainly placed in “confinement systems” in even more geographically concentrated areas, producing waste that threatens the environment. However, this waste is also a raw material source for the production of biogas, a fuel that can be converted to electrical power. In order to generate and seize it a biodigester is required, which is a device that has been deployed in Brazil since the end of the 70’s. Nevertheless, this technology is currently not well disseminated throughout the country. The aim of this essay is the understanding of the present-day situation intending to establish the constraints for the increasing of electrical power generated from biogas in Brazil. With this purpose in mind, the author contemplated a thorough description of the biogas chain for electrical power generation within the framework of the swine agroindustrial complex and, furthermore, enriched the analysis with a retrospective overview of the incentive schemes to promote the use of biodigesters in Brazil in the last 35 years. The results of this inquiry indicated that, although institutional and organizational endeavours attempting to develop projects to generate power from biogas exist, technical difficulties mainly related to the connection to the grid and a legislation that does not promote effectively these systems’ implementation thwart more consistent endeavors. Considering that power generation from biogas has characteristics that are different compared with the generation from other renewable sources and, additionally, prevents damages to the environment, creates income, contributes to farmers’ quality of life and the diversification of the energy matrix, it should be treated separately. That been said, a recommendation shall be suggested towards the creation of a governmental program exclusive for biogas that effectively entails the promotion of such systems taking into account the reality of the swine agroindustrial complex.

**Keywords:** Biogas. Anaerobic digestion. Biogas plant. Swine waste. Supply chain. Electrical power. Public policies. Distributed generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elos e ambientes característicos de uma cadeia produtiva.....	16
Figura 2 – As cadeias produtivas da carne suína e do biogás .....	19
Figura 3 – Rebanho de suínos por estado .....	21
Figura 4 – Corte da vista frontal do biodigestor de modelo indiano.....	24
Figura 5 – Biodigestor do modelo indiano .....	24
Figura 6 - Esboço de um sistema de biodigestão (modelo canadense) .....	25
Figura 7 – Biodigestor do modelo canadense .....	25
Figura 8 – Etapas de acesso obrigatórias para centrais geradoras solicitantes de autorização.....	33
Figura 9 – Condomínio de Agroenergia para a Agricultura Familiar Ajuricaba.....	35
Figura 10 – Valor do mercado global de carbono.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção média diária de dejetos nas diferentes categorias produtivas dos suínos.....	22
Tabela 2 – Características dos suinocultores, dimensões dos biodigestores e geração de biogás.....	26
Tabela 3 – Composição do biogás.....	28
Tabela 4 – Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais.....	28
Tabela 5 – Comparação de tecnologia disponível para conversão de energia. ....	30
Tabela 6 – Requisitos mínimos do ponto de conexão da micro e minigeração distribuída em função da potência instalada em 2015 .....	33
Tabela 7 – Dificuldades de alguns empreendimentos da década de 2000 .....	47
Tabela 8 – Condicionantes para o aumento da oferta da energia elétrica a partir do biogás no Brasil.....	54

## LISTA DE SIGLAS

ABC	Agricultura de Baixo Carbono
ABCS	Associação Brasileira de Criadores Suínos
AND	Autoridade Nacional Designada
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAI	Complexo Agroindustrial
CEMDL	Comitê Executivo do MDL
EOD	Entidade Operacional Designada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GNV	Gás Natural Veicular
HFC	Hidrofluorcarbono
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PFC	Perfluorcarbono
PME	Programa de Mobilização Energética
PNHR	Programa Nacional de Habitação Rural
PNMC	Política Nacional sobre Mudanças no Clima
PVC	Policloreto de Vinila
RCE	Redução Certificada de Emissões
SIN	Sistema Interligado Nacional
USDA	United States Department of Agriculture

## LISTA DE ACRÔNIMOS

ABiogás	Associação Brasileira do Biogás e Biometano
ABIPECS	Associação da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CIBiogás-ER	Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás
Cooperlac	Cooperativa dos produtores de Suínos e Leite
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ONU	Organização das Nações Unidas
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SUINCO	Cooperativa Nacional de Suinocultores
Suicooper	Cooperativa de Suinocultores do Sudeste do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	TEMA DE PESQUISA	11
1.2	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo geral	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	JUSTIFICATIVA	13
1.5	DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA E CONTEXTUAL DO TRABALHO	14
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS</b>	<b>18</b>
2.1	A CADEIA PRODUTIVA DE SUÍNOS NO BRASIL	18
2.1.1	Subsetor de insumos	18
2.1.2	Subsetor agropecuário	20
2.1.3	Subsetor de transformação	22
2.2	A CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	23
2.2.1	Subsetor à montante: os insumos	23
2.2.1.1	O biodigestor	23
2.2.2	Subsetor agropecuário	27
2.2.2.1	A produção de biogás	27
2.2.2.2	Biofertilizantes	29
2.2.3	Subsetor de transformação do biogás em energia	29
2.3	AMBIENTE ORGANIZACIONAL DA CADEIA DO BIOGÁS	35
2.4	AMBIENTE INSTITUCIONAL DA CADEIA DO BIOGÁS	37
<b>3</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES: LIÇÕES DO PASSADO</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>53</b>
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXOS	61

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA DE PESQUISA

No ano de 2001, o Brasil viveu uma crise de fornecimento de energia elétrica que, de acordo com Cavaliero e Silva (2002), trouxe à tona a importância da diversificação da matriz elétrica no país e o investimento na disseminação de fontes renováveis alternativas, surgindo assim novas regulamentações quanto às mesmas. Quatorze anos depois, a Empresa de Pesquisa Energética (2015, p.10) informa que “pelo terceiro ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis observadas ao longo do período, houve redução da oferta de energia hidráulica” enquanto fontes de energia de origem fóssil como o carvão mineral ou o gás natural aumentaram sua participação na matriz elétrica. Assim, fica evidente a necessidade de incrementar a diversificação da mesma. Nesse cenário, o biogás, combustível que pode ser utilizado para geração de energia elétrica, surge como uma opção de participação na matriz. Bley Júnior (2015) demonstra que se trata de uma opção a ser considerada no Brasil, apresentando uma estimativa, baseada no volume médio de biogás produzido a partir dos dejetos dos plantéis de animais abatidos no país, que é em torno de 12 TWh/ano. Isto equivale aproximadamente a 2% do consumo médio anual de energia elétrica brasileiro e a um valor de R\$ 1,74 bilhões por ano. Frente a esse panorama, surge o tema da presente monografia, onde será estudada a produção de energia elétrica a partir do biogás gerado pelos dejetos da produção de suínos no Brasil.

## 1.2 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O presente estudo está pautado em duas premissas:

1. A geração de energia a partir da biomassa residual da produção de suínos está condicionada à atuação de diferentes agentes dos setores agropecuário, agroindustrial e energético, os quais estão inseridos em um ambiente organizacional e institucional de grande complexidade. Dessa forma, a proposição de políticas públicas que visem fomentar essa modalidade de energia renovável deve ser pautada na compreensão dessa complexidade.
2. Para se planejar o futuro deve-se conhecer o passado. Em outras palavras, o conhecimento das experiências passadas que visaram à promoção do uso de biodigestores no meio rural fornecem importantes lições para o planejamento de ações futuras.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015a), atualmente operam no Brasil nove centrais geradoras de energia elétrica a partir de resíduos animais com potência outorgada e fiscalizada de 1804 kW. Adicionalmente, existe um único empreendimento com construção não iniciada de potência outorgada de 42 kW para geração de energia elétrica com este mesmo tipo de fonte e nenhum empreendimento em fase de construção. Considerando a existência de um potencial de valor muito superior estimado por Bley Júnior (2015) somente no setor agropecuário, surge a questão de pesquisa apresentada a seguir:

Quais são os condicionantes para o aumento da oferta de energia elétrica a partir do biogás oriundo de dejetos suínos no Brasil?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Identificar os condicionantes para o aumento da oferta de energia elétrica gerada a partir do biogás oriundo da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a. Descrever a cadeia produtiva do biogás.
- b. Elaborar uma retrospectiva das iniciativas de promoção do uso de biodigestores no Brasil e identificar as causas de insucesso dessas iniciativas.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O Brasil é o quarto maior produtor de suínos do mundo, de acordo com dados do *United States Department of Agriculture* (USDA), apresentados pela Central de Informações de Aves e Suínos (2015). Com um rebanho de cerca de 40 milhões de cabeças no país, Bley Júnior *et al.* (2009), argumentam que a ampliação dos criatórios de animais geram grandes volumes de resíduos e efluentes que estão cada vez mais concentrados geograficamente e que a natureza não tem mecanismos para processá-los, como o fazia quando a criação de animais era extensiva. Em alguns estados, como por exemplo, Santa Catarina, o impacto dos dejetos de animais nas bacias hidrográficas passou a ser um alerta para o licenciamento ambiental desse setor. Os autores adicionalmente explicam que os dejetos, além de poluir os recursos hídricos, poluem também a atmosfera por serem fonte de geração de biogás cujo componente principal, o metano, é 21 vezes mais

poluente que o CO<sub>2</sub>. Porém, aquele biogás oriundo dos grandes volumes de dejetos que frequentemente são vistos unicamente como uma ameaça ambiental, tem um potencial relevante em termos de geração de energia elétrica, conforme foi visto no tema de pesquisa.

Levando em consideração a problemática ambiental em torno dos dejetos e a possibilidade de geração de energia a partir dos mesmos, o aumento da oferta da energia elétrica a partir do biogás contribuiria em vários aspectos tanto socioeconômicos, porque ao produzir sua própria energia a suinocultura torna-se mais eficiente, como ambientais.

## 1.5 DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA E CONTEXTUAL DO TRABALHO

A delimitação contextual adotada neste trabalho baseou-se no conceito de Cadeia Produtiva. Segundo Castro (2001), este conceito é muito útil para compreender a complexidade, podendo contribuir para melhorar a capacidade analítica aplicável a processos produtivos de qualquer natureza.

De acordo com Castro (2001, p.57):

A cadeia produtiva é o conjunto de componentes interativos, fornecedores de insumos e serviços, industriais de processamento e transformação, agentes de distribuição e comercialização, além de consumidores finais. Objetiva suprir o consumidor final de determinados produtos ou subprodutos.

Um Complexo Agroindustrial (CAI), por sua vez, contém duas ou mais cadeias produtivas, e tem como ponto de partida a matéria-prima de base (BATALHA; SILVA, 2001). Já a cadeia produtiva é determinada a partir de um produto final. Assim, em um CAI as diferentes cadeias produtivas possuem relação entre si, já que os seus produtos finais são originados da mesma matéria-prima. Neste estudo, seguiu-se a metodologia empregada por Simioni e Hoeflich (2007), os quais analisaram a cadeia produtiva de energia proveniente da biomassa florestal, à luz do complexo agroindustrial da biomassa florestal.

No presente trabalho estudou-se a cadeia produtiva do biogás e o seu aproveitamento na forma de energia elétrica, com ênfase à conexão dos sistemas de geração da mesma no Sistema Interligado Nacional do Brasil.

A Figura 1 apresenta um esquema de cadeia produtiva, no qual identifica-se:

- a. Os subsetores da cadeia
- b. O ambiente institucional
- c. O ambiente organizacional

Em termos de delimitação geográfica, embora sejam mencionados com maior frequência os estados do sul do Brasil devido à localização dos rebanhos, a abrangência do estudo é o território nacional.

## 1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A descrição da cadeia produtiva do biogás e do complexo agroindustrial de suínos, assim como a realização do histórico de experiências com projetos de biogás no Brasil, foi realizada com base em pesquisa bibliográfica e documental, conforme definição de Marconi e Lakatos (2010). Foram consultadas fontes como artigos em periódicos e revistas, livros, teses, dissertações, leis, resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), normas técnicas de distribuidoras de energia e bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Adicionalmente participou-se no curso de Atualização em Energias do Biogás do Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás-ER) com o intuito de entender melhor os conceitos relacionados com o biogás, esclarecer dúvidas e conhecer as normativas atuais que impactam a geração de energia elétrica nas granjas de suínos.

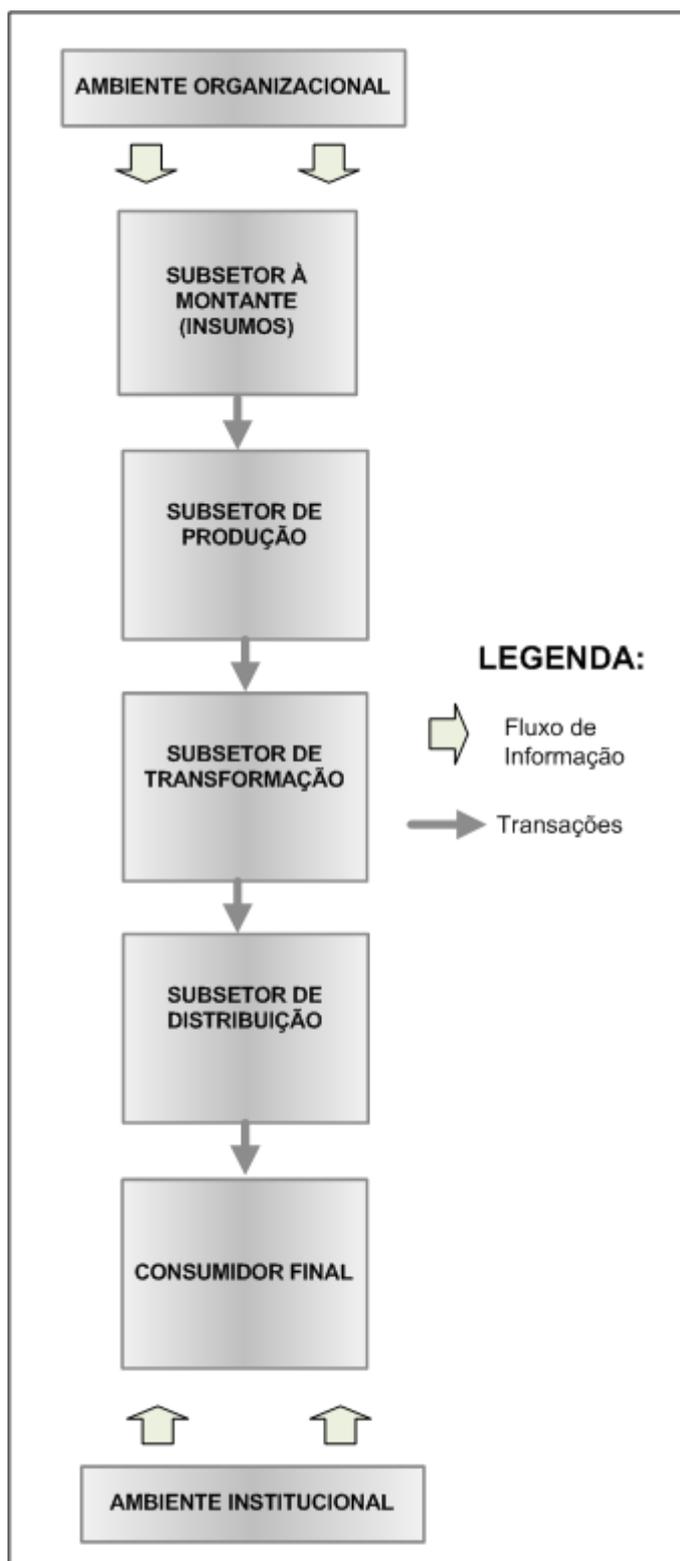


Figura 1 – Elos e ambientes característicos de uma cadeia produtiva  
Fonte: Adaptado de CASTRO (2001)

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A primeira seção consiste na introdução, onde são definidos o tema, o problema e as premissas, os objetivos gerais e específicos, assim como a justificativa do estudo e a metodologia adotada para responder à questão de pesquisa.

Na segunda seção, são caracterizados os elos da cadeia de produção do biogás para geração de energia elétrica dentro do complexo agroindustrial dos suínos.

A terceira seção expõe um histórico do uso do biogás no Brasil apresentando as dificuldades encontradas em projetos realizados em granjas de suinocultores do país.

Baseado nas constatações frente às informações expostas nas seções anteriores, a quarta seção está constituída por uma análise e uma síntese dos condicionantes para o aumento da oferta de energia elétrica a partir do biogás.

Finalmente, na quinta seção, são apresentadas as conclusões do trabalho.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS

A concepção do biogás como um produto é recente (BLEY JÚNIOR, 2015), pois o biogás tem sido considerado mais como um subproduto originário de um resíduo da produção de suínos, os dejetos. Ao se considerar o biogás um produto, verifica-se que ele tem cadeia produtiva própria e está estreitamente relacionado à cadeia produtiva de carne suína, estando ambas inseridas no Complexo Agroindustrial de Suínos (Figura 2). Para a produção de biogás, é preciso de equipamentos que permitam a realização do processo de biodigestão anaeróbia, mas também da matéria prima, que são os dejetos produzidos no subsetor agropecuário da cadeia produtiva de carne suína. Uma vez gerado o biogás ele pode ser transformado em energia elétrica, produto que pode ser aproveitado na propriedade na forma de energia térmica e/ou elétrica. Se existir um excedente, ele pode ser injetado no Sistema Interligado Nacional. Percebe-se pela Figura 2, que as duas cadeias (carne suína e do biogás para geração de energia elétrica) estão interligadas e o que ocorrer em uma cadeia pode ter impacto na outra.

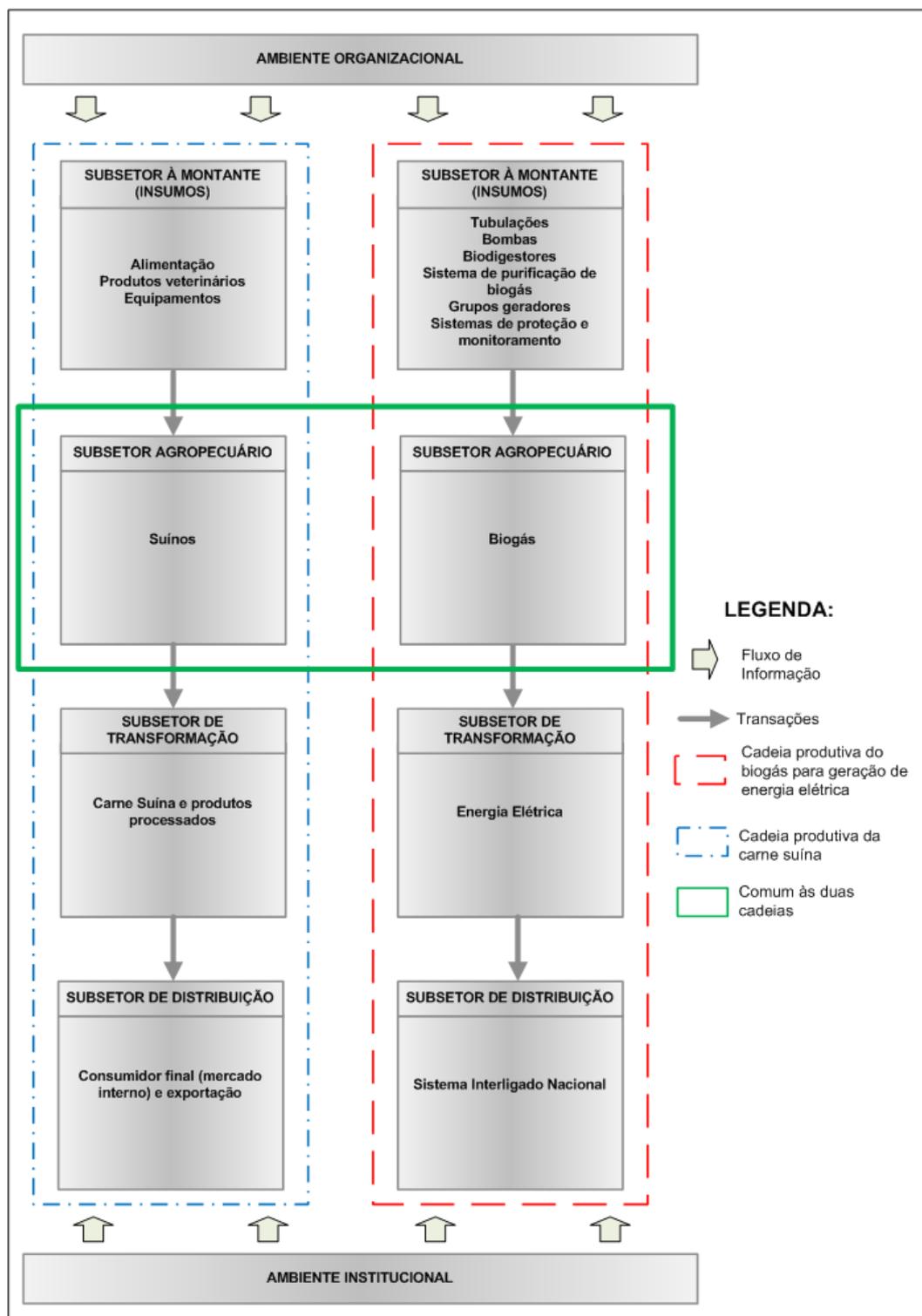
Assim, o entendimento da cadeia produtiva de suínos no Brasil é de grande contribuição à análise da cadeia produtiva do biogás, conforme será exposto a seguir.

### 2.1 A CADEIA PRODUTIVA DE SUÍNOS NO BRASIL

#### 2.1.1 Subsetor de insumos

Os fornecedores de insumos constituem o primeiro elo da cadeia produtiva de carne suína, representados pelos produtos veterinários, indústrias de rações e equipamentos. Geralmente, quando a produção é via cooperativa ou indústria integradora, os suinocultores são os donos dos leitões e instalações e adquirem os insumos para produção, destacando-se que a aquisição destes itens e a venda dos leitões produzidos constituem as transações entre as empresas integradoras ou as

cooperativas e esses produtores. Assim, principalmente no caso da indústria integradora, ela agrega valor em duas etapas da cadeia. Isto é, à jusante e à montante do pecuarista (RIBEIRO; PELINSKI; MIRANDA, 2012).



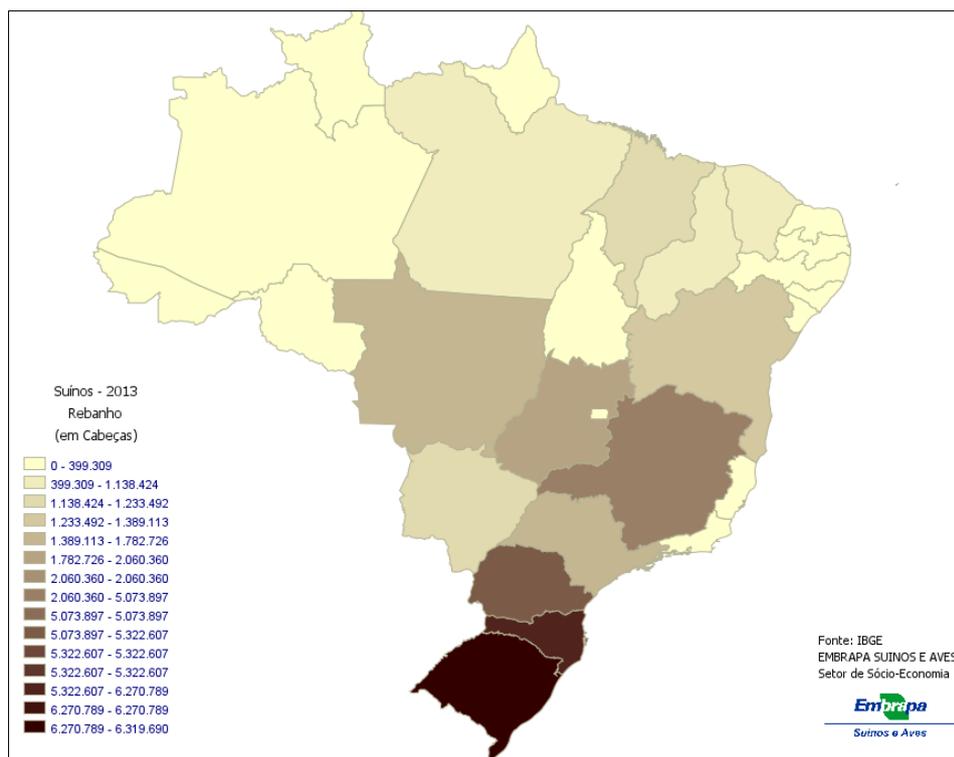
**Figura 2 – As cadeias produtivas da carne suína e do biogás**  
**Fonte: Adaptado de CASTRO (2001)**

### 2.1.2 Subsetor agropecuário

O subsetor agropecuário é constituído pelos produtores de suínos. De acordo com Dias *et al.* (2011), trata-se de mais de 50 mil produtores que atuam em granjas de todos os portes e em vários sistemas de produção, como integração com as agroindústrias ou criadores independentes. Em sua maioria trabalham em sistema de integração com as indústrias processadoras. A assistência técnica provida por órgãos oficiais tende a se restringir aos criadores independentes ou aqueles produtores de rebanhos não-industriais (RIBEIRO; PELINSKI; MIRANDA, 2012).

Desde o final da década de 80 até hoje, o Brasil aumentou em aproximadamente 40% a produção de carne suína (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2013). A região Sul do Brasil tem sido tradicionalmente a de maior expressão na produção de suínos. Com efeito, somente os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná concentram quase 50% do rebanho de suínos no país, segundo informações da Central de Informações de Aves e Suínos (2015), baseado em dados do IBGE (2013). Já o sudeste é a segunda maior região produtora com destaque para Minas Gerais. A região Centro-Oeste também detém uma participação significativa, tendo apresentado um destacado crescimento nos últimos 15 anos. O mapa da Figura 3 ilustra estes dados.

Na etapa de produção dos suínos são gerados os dejetos, com grande potencial poluidor e que, na maior parte dos casos, ainda não recebem tratamento adequado. Em estudo realizado junto a 31 propriedades suinícolas localizadas na microbacia do rio Toledo, estado do Paraná, Souto e Ralisch (2007) verificaram, como principal prática de recolhimento dos dejetos, o armazenamento em esterqueiras, sendo que em 9,7% dos casos os dejetos eram depositados sobre lona, 41,90% sobre o solo e 48,40% sobre alvenaria. Em 53% das propriedades, as esterqueiras não atendiam à produção de chorume gerada, não existindo um controle das quantidades de chorume aplicadas no solo. Em 50% das propriedades, as aplicações eram superiores a  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .



**Figura 3 – Rebanho de suínos por estado**  
**Fonte: Central de Informações de Aves e Suínos (2015) com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013)**

Um levantamento realizado por Bezerra (2007) junto a sistemas de produção suinícola no município de Toledo (Paraná) indica que em 69% das propriedades não existia um controle da quantidade de água utilizada no manejo da criação, havendo um grande desperdício desse recurso relacionado com a limpeza das baias e o desperdício nos bebedouros. Como consequência, produzia-se um grande volume de dejetos, com um alto nível de diluição, encarecendo o seu manejo. Esses dejetos eram armazenados nas seguintes proporções: 29% em lagoas abertas (buracos escavados no solo, sem impermeabilização); 17% em biodigestores; 29% em esterqueiras; 11% em esterqueiras impermeabilizadas com Polietileno de Alta Densidade (PEAD); 7% em composteiras e 7% em bioesterqueiras.

Segundo Diesel, Miranda e Perdomo (2002), a capacidade poluente dos dejetos suínos, cuja produção média diária é apresentada na tabela 1, é muito superior à de outras espécies. Os impactos ambientais deste tipo de dejetos são descritos por Bley Júnior *et al.* (2009), que afirmam que 3% da emissão anual de metano (gás extremamente poluente, conforme será visto em seções posteriores) originário de dejetos da exploração pecuária no mundo provém dos rebanhos de suínos no Brasil. Adicionalmente, 50% das emissões mundiais de metano são

provenientes de dejetos de suínos. Vale mencionar que os dejetos somente produzem metano quando dissolvidos em água e/ou depositados em cursos d'água, biodigestores, lagoas naturais ou de decantação. Bley Júnior *et al.* (2009) mencionam também situações preocupantes que impactam a geração hidrelétrica, como o caso dos municípios nas imediações do reservatório de Itaipu no estado do Paraná, cujo rebanho produz 12,8 milhões de toneladas de dejetos por ano. Os mesmos acabam nos cursos d'água que abastecem o reservatório de Itaipu, afetando a qualidade das águas para a produção hidrelétrica por meio do processo de eutrofização por nutrientes orgânicos, que altera a segurança ambiental dos reservatórios devido aos sérios desequilíbrios biológicos associados.

**Tabela 1 - Produção média diária de dejetos nas diferentes categorias produtivas dos suínos**

Categoria	Esterco kg/dia	Esterco + Urina kg/dia	Dejetos Líquidos l/dia
25-100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas reposição cobrição e gestante	3,60	11,00	16,00
Porca em lactação com leitões	6,40	18,00	27,00
Macho	3,00	6,00	9,00
Leitões	0,35	0,95	1,40

**Fonte: Oliveira (1993)**

Vale ressaltar que no sistema integrado, o suinocultor, além de responder pelas instalações, água, energia elétrica e mão de obra, também deve responder pela gestão ambiental (DIAS *et al.*, 2011).

### 2.1.3 Subsetor de transformação

O elo de transformação compreende o abate dos suínos e o processamento da carne, cuja produção é voltada à exportação e/ou mercado regional e nacional. Um estudo realizado por Ribeiro, Pelinski e Miranda (2012) no estado do Paraná, mostra que o subsetor de transformação foi o elo que mais agregou valor ao complexo agroindustrial de suínos, ressaltando que essa agregação é ainda maior ao se considerar também parte do valor agregado do elo de insumos estando, a empresa integradora, tanto à montante como à jusante do pecuarista. Especialmente

no caso do produtor integrado (que é a grande maioria no Brasil), o produtor de suínos fica totalmente sujeito à empresa integradora, a qual dita a tecnologia a ser usada, a qualidade do produto, a quantidade resultante, o tempo de operação, além de, em alguns casos, estar atrelado à integradora via financiamento (PELINSKI; SILVA; SHIKIDA, 2005). Portanto, pode-se considerar o elo de transformação como sendo o agente coordenador desse complexo agroindustrial. O mesmo estudo mostrou que a menor agregação de valor ocorre no subsetor agropecuário, sendo este o elo mais vulnerável do complexo, especialmente pela baixa agregação de valor quando comparado aos demais agentes.

O subsetor de distribuição, que não será detalhado neste estudo, consiste principalmente nos supermercados sendo ainda que parte da produção é exportada.

## 2.2 A CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 2.2.1 Subsetor à montante: os insumos

O subsetor de insumos é representado pelos equipamentos utilizados para a biodigestão anaeróbia e a sua conversão em energia elétrica. No entanto, as tecnologias para transformação serão abordadas na descrição do subsetor de transformação de energia.

#### 2.2.1.1 *O biodigestor*

Gaspar (2003) descreve o biodigestor como uma câmara fechada onde a biomassa é fermentada anaerobicamente produzindo biogás e biofertilizante. Considerando as diversas realidades das granjas, existem vários modelos de biodigestores que podem se adaptar a cada uma delas. Os modelos de biodigestores mais conhecidos no Brasil são o indiano e o canadense, sendo o

modelo canadense o mais utilizado (MORAES, 2012). As Figuras 4 e 5 ilustram o modelo indiano cuja cúpula é feita geralmente de ferro ou fibra. O tanque de fermentação é dividido em duas câmaras por uma parede para melhor circulação da biomassa e sua construção subterrânea permite o aproveitamento da temperatura do solo. No caso do modelo canadense (Figuras 6 e 7), o tanque de fermentação apresenta maior largura do que profundidade para uma maior exposição ao sol e a cúpula é de policloreto de vinila (PVC) (CASTANHO; ARRUDA, 2008).

Vale destacar que no decorrer dos anos os materiais usados nas estruturas para biogás têm mudado e atualmente, no Brasil, a tendência é usar concreto e aço inox (BLEY JÚNIOR, 2015).

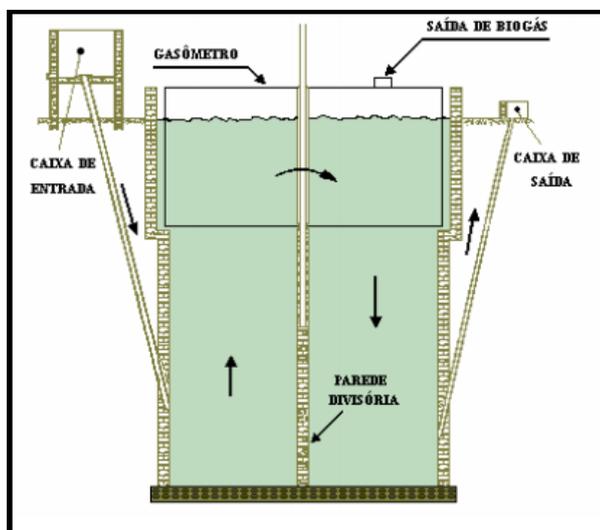
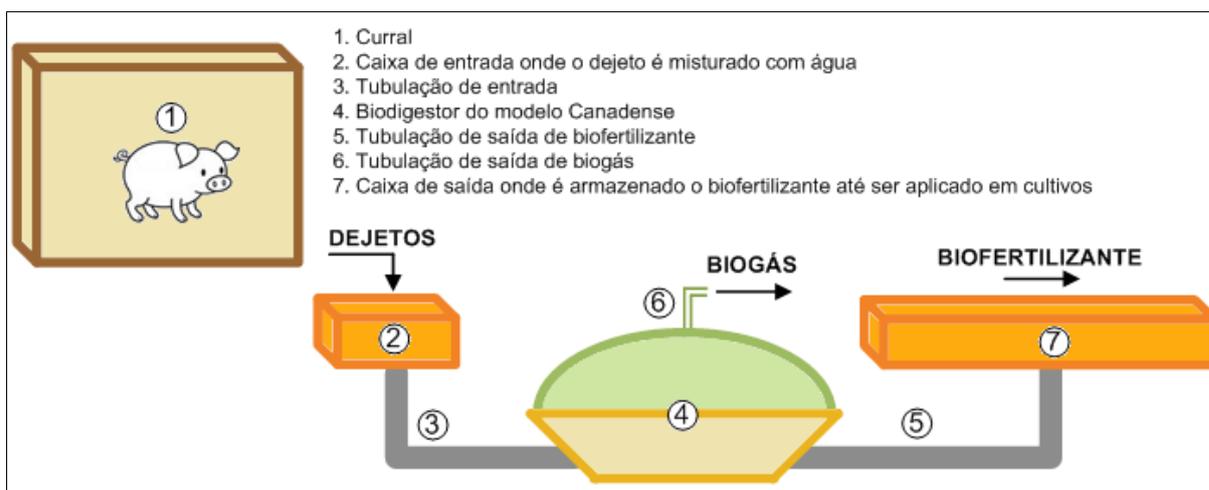


Figura 4 – Corte da vista frontal do biodigestor de modelo indiano  
Fonte: Benincasa *et al.* (1990) *apud* Pecora (2006)



Figura 5 – Biodigestor do modelo indiano  
Fonte: Castanho; Arruda (2008)



**Figura 6 - Esboço de um sistema de biodigestão (modelo canadense)**  
 Fonte: Autoria própria



**Figura 7 – Biodigestor do modelo canadense**  
 Fonte: Zanella (2012)

Em termos de tamanho do biodigestor, o mesmo “deve estar de acordo com as necessidades energéticas da propriedade, com a capacidade de consumo do biogás produzido, com o número de animais existentes e com a área disponível para aplicação do biofertilizante” (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002, p. 15). A tabela 2 mostra os diferentes tamanhos de biodigestores e capacidade de geração de biogás dependendo das características dos suinocultores.

**Tabela 2 – Características dos suinocultores, dimensões dos biodigestores e geração de biogás.**

Região	Descrição			Alojamento (matrizes ou cabeças em terminação)	Tamanho do biodigestor (m <sup>3</sup> )	Geração de biogás (m <sup>3</sup> /dia) por nível de eficiência <sup>1</sup>			
	Escala	Mercado	Sistema			20%	25%	30%	
Sul	Pequenos	Independentes	CC <sup>2</sup>	50	128	26	32	38	
			UPL <sup>3</sup>	350	483	97	121	145	
	Médios	Integrados ou Cooperados	UT <sup>4</sup>	500	105	21	26	32	
			Independentes	CC	500	1.275	255	319	383
				UPL	1.000	1.380	276	345	414
				UT	2.000	420	84	105	126
Sudeste	Médios	Independentes	CC	150	383	77	96	115	
			Integrados ou Cooperados	UPL	350	483	97	121	145
				UT	500	105	21	26	32
	Grandes	Independentes	CC	1.500	3.825	765	956	1.148	
			Integrados ou Cooperados	CC	150	383	77	96	115
				UPL	1.000	2.550	510	638	765
Centro-Oeste	Médios	Independentes	CC	150	383	77	96	115	
			UPL	2.500	3.450	690	863	1.035	
	Grandes	Integrados ou Cooperados	UPL	2.500	3.450	690	863	1.035	
			UT	4.000	840	168	210	252	

<sup>1</sup> Eficiência medida como m<sup>3</sup> de biogás por dia/m<sup>3</sup> de biomassa  
<sup>2</sup> Ciclo Completo  
<sup>3</sup> Unidade de Produção de Leitões  
<sup>4</sup> Unidade de Terminação

Fonte: Miele; Martins (2009)

Percebe-se que os valores de eficiência apresentados como possíveis são de no máximo 30%. Estes valores, em termos tecnológicos, podem ser devidos ao fato de que atualmente no Brasil não são comuns os sistemas de automação para o controle mais preciso de parâmetros como temperatura, acidez ou turbulência de mistura que permitam garantir uma eficiência satisfatória (MACHADO, 2012). Em países como a Alemanha existem sistemas automáticos integrados para este propósito. Aplicáveis a qualquer escala de produção de biogás, podem compreender além do sistema básico com sensores para controle de temperatura e pressão, entre outros, *hardware* e *software* para monitoramento e manutenção preventiva visando reduzir custos operacionais (SIEMENS AG, 2010). Assim, evidencia-se um potencial tecnológico para a produção de biogás que pode ser desenvolvido também no Brasil.

## 2.2.2 Subsetor agropecuário

### 2.2.2.1 *A produção de biogás*

A biodigestão anaeróbica é um processo que consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples. Este processo requer um tempo de retenção hidráulica sob condições ideais de agitação e temperatura que permitem a proliferação de colônias mistas de microrganismos na ausência total de oxigênio. Os mesmos alimentam-se dos sólidos solúveis do composto orgânico (biomassa) em tratamento, provocando assim a degradação da matéria orgânica (DIESEL ; MIRANDA; PERDOMO, 2002; BLEY JÚNIOR, 2015).

De acordo com Deublein e Steinhauser (2008), as principais etapas da biodigestão anaeróbica que ocorre dentro do biodigestor são a hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Durante a hidrólise, materiais particulados são convertidos em materiais dissolvidos. Durante a acidogênese, os produtos oriundos da fase de hidrólise são convertidos em compostos mais simples. Na fase de acetogênese são produzidos hidrogênio, dióxido de carbono e acetato. O metano é produzido na etapa final, a metanogênese. O autor menciona adicionalmente mais de dez parâmetros que influenciam o processo. A temperatura da biomassa no interior do biodigestor apresenta uma particular importância. Kunz, Oliveira e Hiragashi. (2005), explicam que nos estados do sul do Brasil, nos meses de inverno, a temperatura pode causar a redução da atividade dos microrganismos que participam na biodigestão anaeróbica já que a temperatura ótima de crescimento dos mesmos é por volta de 35°C, o que apresenta uma vantagem para os estados mais quentes. Vale mencionar outros fatores que podem interferir na biodigestão anaeróbica. Oliveira e Hiragashi (2006) ressaltam que a entrada de inseticidas, desinfetantes ou antibióticos no biodigestor pode gerar a diminuição da produção de biogás. Sendo assim, o entendimento do processo de produção do biogás é fundamental para o sucesso do aproveitamento do mesmo. Sem os devidos cuidados, este processo pode ser seriamente prejudicado ou até inviabilizado.

O gás metano é o principal componente do biogás, conforme apresenta a tabela 3. Sendo muito mais efetivo que o dióxido de carbono na absorção da radiação solar na superfície da terra, seu efeito estufa é estimado em cerca de 21

vezes maior que o do CO<sub>2</sub>. Trata-se de um gás inflamável, que pode ser queimado para reduzir o efeito estufa ou aproveitado para geração de energia (OLIVEIRA; HIRAGASHI, 2006).

**Tabela 3 – Composição do biogás**

Metano (CH <sub>4</sub> ): 50-70%
CO <sub>2</sub> : 30-40%
H <sub>2</sub> S: 400 a 600 partes por milhão
NH <sub>3</sub> : Traços
H <sub>2</sub> O: Saturada

**Fonte: Kunz; Oliveira (2008)**

Vale mencionar que os dejetos suínos têm uma composição favorável à geração de biogás. Na tabela 4 observa-se que o metro cúbico de biogás por quilograma de esterco suíno é superior ao dos outros animais analisados.

**Tabela 4 – Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais**

Animal peso vivo	kg esterco/animal/dia	m <sup>3</sup> biogás/kg esterco	m <sup>3</sup> biogás/kg sólidos voláteis	m <sup>3</sup> biogás/animal/dia
Bovino (500 kg)	10-15	0,038	0,094-0,31	0,36
Equino (400 kg)	10-12	0,022	0,082-0,28	0,20
Suínos (90 kg)	2,3-2,5	0,079	0,37-0,50	0,24
Aves (2,5 kg)	0,12-0,19	0,05	0,31-0,62	0,014
Ovinos (35 kg)	0,5-0,9	0,022	0,10-0,28	0,22

**Fonte: Oliveira (1993)**

Dessa maneira, o uso de biodigestores permite recuperar o biogás, possibilitando a geração de energia e ao mesmo tempo diminui emissões de gás metano que normalmente seria emitido para a atmosfera se os dejetos produzidos na suinocultura fossem tratados por meio de lagoas de estabilização ou esterqueiras (OLIVEIRA; HIRAGASHI, 2006).

### 2.2.2.2 *Biofertilizantes*

A biodigestão anaeróbia gera dois produtos: o biogás, cuja descrição foi feita na seção anterior, e um efluente que pode ser utilizado como biofertilizante. Mesmo que o presente estudo foque na produção de energia elétrica a partir do biogás, vale lembrar que a venda e o uso biofertilizante podem contribuir com o retorno do investimento em algum projeto de geração de energia.

### 2.2.3 Subsetor de transformação do biogás em energia

O biogás pode ter múltiplos usos. A conversão do biogás em energia térmica ou elétrica pode ocorrer na propriedade onde ele é gerado, ou fora dela, como ocorre, por exemplo, no Condomínio de Agroenergia Ajuricaba (Paraná), onde o biogás é aproveitado na propriedade para geração de energia térmica e o excedente é conduzido para uma microcentral termelétrica que recebe o biogás por meio de uma rede de gasodutos. Assim, na cadeia produtiva a transformação do biogás em energia pode ocorrer tanto no subsetor de produção quanto no de transformação.

A partir do biogás pode ser gerada energia térmica para diversos usos tais como aquecimento da granja (o ambiente interno de um aviário, por exemplo) ou o próprio biodigestor, entre outros, existindo a possibilidade de substituir lenha ou combustíveis fósseis (OLIVEIRA; HIRAGASHI, 2006). Bley Júnior *et al.* (2009) mencionam que também é possível cogear energia térmica aproveitando as altas temperaturas (600°C) nos coletores dos gases de escape dos motogeradores que convertem o biogás em energia elétrica.

Vale ressaltar que em regiões de clima frio, como é o caso do sul do país, pode ser necessário aproveitar a energia térmica gerada para manter a temperatura interna do biodigestor adequada para uma produção satisfatória de biogás.

Outra forma de aproveitamento do biogás que está sendo abordada recentemente é a geração de energia mecânica para aplicação automotiva. Bley Júnior (2015) menciona projetos conduzidos na área de influência da Itaipu onde o biogás obtido a partir de dejetos da suinocultura é refinado, sendo convertido em um

gás, cuja composição é de mais de 94% de metano, que é um combustível equivalente ao Gás Natural Veicular (GNV) do petróleo podendo ser utilizado para finalidades similares. Isto é evidenciado pela demonstração feita no segundo semestre de 2014, onde o uso veicular do biometano mostrou-se aplicável para movimentar carros de passeio, veículos de carga e transporte de passageiros.

Sendo a geração de energia elétrica a partir do biogás o foco do presente trabalho, a seguir será explicado com mais detalhe o processo de geração deste tipo de energia assim como os equipamentos envolvidos.

Coelho *et al.* (2006, p.4) explicam que a energia química contida nas moléculas de biogás “é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica ativa um gerador que a converte em energia elétrica”. Considerando que o biogás pode ser armazenado e despachado continuamente, se assemelha à energia hidráulica, diferente das fontes solar e eólica, caracterizadas por sua intermitência (BLEY JÚNIOR, 2015).

As tecnologias mais utilizadas neste tipo de conversão são os motores de combustão interna de ciclo tipo Otto e as turbinas a gás (SUZUKI *et al.*, 2011). A tabela 5 consiste em uma comparação entre as tecnologias disponíveis. Embora os motores apresentem um maior rendimento comparado com as turbinas, Coelho *et al.* (2006) salientam que a eficiência das turbinas a gás pode aumentar durante a operação em sistemas de cogeração.

**Tabela 5 – Comparação de tecnologia disponível para conversão de energia.**

	Motores a Gás	Motores Diesel: Biogás + Diesel	Turbinas a Gás para Biogás de Pequeno - Médio Porte	Microturbinas (CAPSTONES)
<b>Potencia</b>	30kW - 20MW		500 kW - 150 MW	30 kW - 100 kW
<b>Rendimento com biogás</b>	30% a 34%	30% a 35%	20% a 30%	24% a 28%
<b>Emissões de NOx</b>	< 3000 ppm Motores com baixa emissão: < 250 ppm	Média em torno de 27 ppm	Média aprox. 35 a 50 ppm	< 9 ppm
<b>Obs:</b>		Necessita diesel com baixo teor de “S”		

**Fonte: Percora (2006) apud Suzuki *et al.* (2011)**

Em geral, são necessárias poucas alterações nos motores de ciclo Otto ou ciclo Diesel para serem usados com biogás (SUZUKI *et al.*, 2011). Porém, é importante ressaltar que a presença de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) no biogás gera problemas de corrosão no processo de geração de energia elétrica comprometendo

a vida útil dos equipamentos. Por este motivo, torna-se fundamental a remoção do  $H_2S$ . Para esse propósito, existem vários métodos tais como a oxidação a seco, processos de adsorção, processos com membranas, processos de biotratamento ou processos de absorção. Um método vantajoso em termos de eficiência e custos é a absorção química de  $H_2S$  em soluções de óxido de ferro (III). Neste método, o gás é introduzido na parte inferior de uma coluna de absorção que contém uma solução de óxido de ferro (III) onde o  $H_2S$  é absorvido e oxidado. O enxofre é separado por filtração ou decantação e a solução de ferro pode ser recirculada novamente no sistema. Trata-se de um método vantajoso porque é de simples operação, as condições ambientais são favoráveis ao processo, os custos de instalação e manutenção são baixos e tem uma elevada eficiência de remoção. Adicionalmente, a solução utilizada é facilmente regenerada e o enxofre obtido é um produto estável, de fácil comercialização e menor potencial poluente. Embora a etapa de remoção de  $H_2S$  implique um custo adicional no sistema de geração de energia elétrica a partir do biogás, análises de investimento considerando a aplicação do método de absorção química usando óxido de ferro (III) no caso de granjas de suínos e abatedouros de aves têm demonstrado que os projetos continuam sendo viáveis (BOHN, 2013; SZARBLEWSKI; SCHNEIDER; MACHADO, 2012).

Vale ressaltar que para uso em motores estacionários como é o caso da geração de energia elétrica, o refinamento em termos de remoção de outros componentes do biogás tais como o  $CO_2$  não é fundamental já que o mesmo não compromete a vida útil deste tipo destes equipamentos (BLEY JÚNIOR, 2015).

A energia elétrica gerada pode ter várias finalidades. Uma delas é o autoconsumo, no qual os equipamentos da granja podem ser alimentados somente pelo grupo gerador ou parcialmente pelo grupo gerador e pela rede de distribuição caso a autoprodução seja menor que a demanda. Assim, pode ser reduzido (ou até praticamente eliminado) o desembolso para pagamento de energia elétrica à concessionária. Outra finalidade é a de conectar o sistema de geração de energia elétrica da granja à rede de distribuição com o intuito de exportar a energia excedente. As normas e padrões que definem o acesso às redes de distribuição estão expostas no documento da ANEEL Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Nele, atualmente, são definidos os conceitos de microgeração distribuída e minigeração distribuída conforme segue:

Microgeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada<sup>1</sup>, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p.42)

Minigeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p.43)

Análises de viabilidade realizadas até o momento por diversos autores tais como Lindemeyer (2008), Brondani (2010) ou Zanella (2012) têm evidenciado, na suinocultura, geração de potências inferiores a 1MW, classificando os sistemas de produção de energia elétrica a partir do biogás do setor como mini ou microgeração distribuída.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2015b) também expõe os passos necessários para solicitar o acesso à rede de distribuição. A Figura 8 mostra em que consiste a primeira etapa. Depois da mesma, a distribuidora deverá realizar um comissionamento (processo que leva até 45 dias após a solicitação de comissionamento do acessante) e aprovar o ponto de conexão até 7 dias após a finalização do processo de comissionamento desde que não hajam pendências.

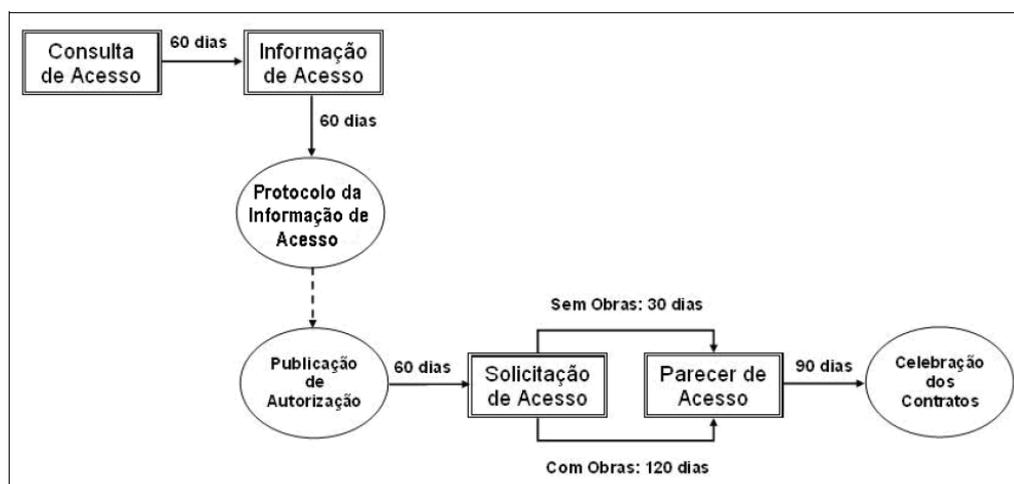
As etapas de acesso estabelecidas pelo PRODIST visam “garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade” (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015c, p.3). Por esse motivo, a interface entre o grupo gerador de energia elétrica da granja e a rede de distribuição deve ser composta por uma série de equipamentos que varia dependendo da potência instalada conforme mostra a tabela 6.

Percebe-se um grau de complexidade na interface entre o grupo gerador e a rede de distribuição. Dez anos atrás, os critérios técnicos da mesma apenas estavam sendo explorados no Brasil e projetos pioneiros como o da granja São Pedro em São Miguel do Iguazu contribuíram com o desenvolvimento de um painel de comando e proteção de rede em uma parceria entre a distribuidora paranaense

---

<sup>1</sup> De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015c, p.24), a cogeração qualificada é um “atributo concedido a cogeneradores que atendem os requisitos definidos em resolução específica [...] para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração”.

de energia Copel Distribuição S/A e a empresa Woodward, Inc. (BLEY JÚNIOR, 2015).



**Figura 8 – Etapas de acesso obrigatórias para centrais geradoras solicitantes de autorização**  
**Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2015b)**

**Tabela 6 – Requisitos mínimos do ponto de conexão da micro e minigeração distribuída em função da potência instalada em 2015**

EQUIPAMENTO	Potência instalada		
	Até 100kW	101 kW a 500 kW	501 kW a 1MW
Elemento de desconexão (1)	SIM	SIM	SIM
Elemento de interrupção (2)	SIM	SIM	SIM
Transformador de acoplamento	NÃO	SIM	SIM
Proteção de sub e sobretensão	SIM (3)	SIM (3)	SIM
Proteção de sub e sobrefrequência	SIM (3)	SIM (3)	SIM
Proteção contra desequilíbrio de corrente	NÃO	NÃO	SIM
Proteção contra desbalanço de tensão	NÃO	NÃO	SIM
Sobrecorrente direcional	NÃO	NÃO	SIM
Sobrecorrente com restrição de tensão	NÃO	NÃO	SIM
Relé de sincronismo	SIM	SIM	SIM
Anti-ilhamento	SIM	SIM	SIM
Estudo de curto-circuito	NÃO	SIM (4)	SIM (4)
Medição	Sistema de medição bidirecional (6)	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes
Ensaaios	SIM (5)	SIM (5)	SIM (5)

Notas:

(1) Chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema.

(2) Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores distribuídos e por comando e/ou proteção para minigeradores distribuídos.

(3) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletro-eletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção.

(4) Se a norma da distribuidora indicar a necessidade de realização estudo de curto-circuito, cabe à acessada a responsabilidade pela sua execução.

(5) O acessante deve apresentar certificados (nacionais ou internacionais) ou declaração do fabricante que os equipamentos foram ensaiados conforme normas técnicas brasileiras ou, na ausência, normas internacionais.

(6) O sistema de medição bidirecional deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede.

**Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2015b)**

Atualmente, as concessionárias fornecem em normas técnicas (por exemplo, a NT905100 da Copel Distribuição S/A) maiores detalhes sobre os tipos de

equipamentos a serem usados e as conexões entre eles, baseado no PRODIST, mas, conforme será visto na seção ambiente institucional, ainda existe uma falta de clareza na documentação fornecida pelas concessionárias, assim como de equipamentos homologados que garantam, não só a rápida aprovação do ponto de conexão, mas também facilidade de operação.

Vale mencionar alguns aspectos sobre a geração de energia elétrica a partir do biogás, relacionados com o tamanho da granja. Segundo Lindemeyer (2008, p. 89):

“as pequenas propriedades, com menos de 500 suínos, têm maior dificuldade para atingir níveis adequados de geração de biogás, que compensem o uso da mesma como fonte de eletricidade. Além da questão técnica, a instalação de um biodigestor e gerador elétrico implica em montantes significativos de capital, que muitas vezes não [são] viáveis para pequenos produtores”.

Embora o pequeno porte de uma granja não seja favorável, existem mecanismos para tornar viável a implantação de projetos de geração de energia a partir do biogás neste tipo de situações. Bley Júnior (2015) relata que em 2006 foram implantadas no Oeste do Paraná oito unidades de demonstração através de um convênio de cooperação entre a ITAIPU Binacional e a Copel Distribuição S/A. Uma das oito unidades é o Condomínio de Agroenergia para a Agricultura Familiar Ajuricaba, formado por 33 produtores com renda anual de até R\$ 100 mil. Para tornar viável a geração de energia nas granjas destes produtores, foram implantados biodigestores em fibra de vidro em cada propriedade e construído um gasoduto através do qual o biogás gerado em cada uma delas é encaminhado a uma microcentral termelétrica (indicada como MCT na Figura 9) conectada à rede de distribuição (indicada como GD na Figura 9). Adicionalmente, os produtores podem aproveitar a energia térmica do biogás para atividades cotidianas. Esta experiência demonstra que é possível tornar viável a geração de energia a partir do biogás na agricultura familiar de pequena escala.

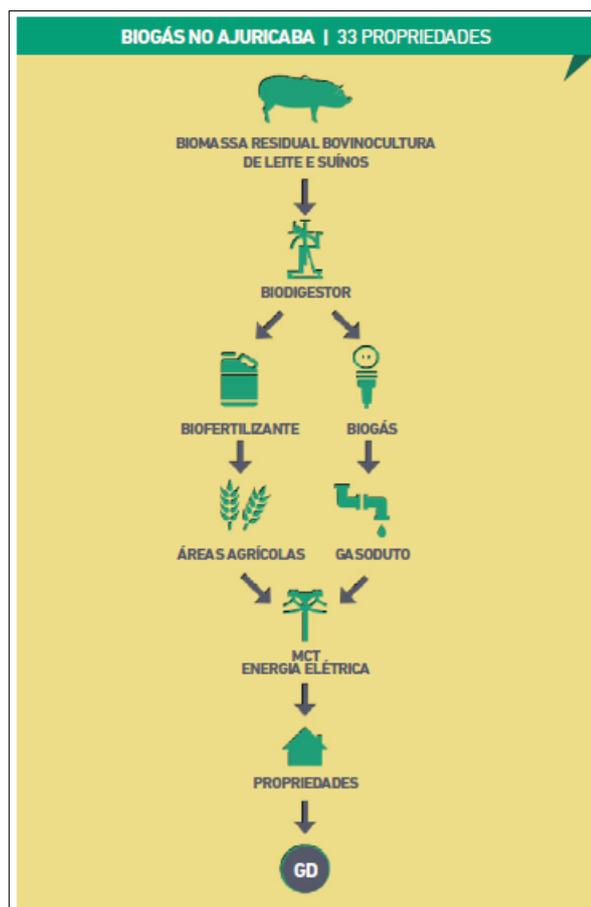


Figura 9 – Condomínio de Agroenergia para a Agricultura Familiar Ajuricaba  
Fonte: Bley Júnior (2015)

### 2.3 AMBIENTE ORGANIZACIONAL DA CADEIA DO BIOGÁS

O funcionamento da cadeia produtiva é apoiado pelo ambiente organizacional, que é integrado por um conjunto de organizações públicas ou privadas que “são responsáveis pela provisão de um conjunto de bens e serviços, sobre os quais a empresa não tem, individualmente, controle e influenciam suas estratégias”. É assim como normalmente fazem parte do ambiente organizacional as cooperativas, sindicatos, institutos de pesquisa e universidades que contribuem com o aumento da competitividade (CASTRO; LIMA; HOEFLICH, 2002; FARINA, 1999 *apud* SIMIONI; HOEFLICH, 2007, p.21).

Algumas associações apoiam a atividade suína tais como a Associação Brasileira de Criadores Suínos (ABCS) e a Associação da Indústria Produtora e

Exportadora de Carne Suína (ABIPECS), entre outras. Em termos de cooperativas, existe um número significativo, principalmente nos estados do sul. Por exemplo, a Cooperativa Nacional de Suinocultores (Suinco), Cooperativa de Suinocultores do Sudeste do Paraná (Suicooper), Cooperativa dos produtores de Suínos e Leite (Cooperlac), entre outras. Essas organizações, apesar de não terem uma relação direta com a cadeia do biogás, podem ser importantes para reivindicar políticas públicas de geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos. Ou ainda, podem formar parcerias estratégicas para o desenvolvimento tecnológico, como é o caso da iniciativa conjunta entre a Cooperativa Lar e o CIBiogás-ER, a qual resultou, entre outras, na implantação de uma unidade em Itaipulândia de potência instalada de 200 kVA. Vale mencionar iniciativas de organizações não governamentais como a Diaconia que com o apoio do Fundo Socioambiental CAIXA promove o projeto “Biodigestor: uma tecnologia social no Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR”. Este projeto consiste na construção de 335 biodigestores em pequenas propriedades dos estados de Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (DIACONIA, 2015).

Existem várias organizações que têm contribuído tecnológica ou estrategicamente em termos de biogás. Por exemplo, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) introduziu em 2014 o biogás no cenário do Planejamento Energético Nacional. O Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), um grupo de pesquisa de pesquisa localizado na Universidade de São Paulo e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) também têm contribuído, realizando pesquisas relacionadas com manejo de dejetos e produção de biogás. Ressalta-se a existência de duas instituições brasileiras dedicadas exclusivamente ao biogás e fundadas recentemente: a Associação Brasileira do Biogás e Biometano (ABiogás), fundada em 2013 com o propósito “de propor e criar uma política nacional para o [biogás] e ser um canal de interlocução entre a sociedade civil e os governos federais e estaduais” (ITAIPU BINACIONAL, 2013, p. 1) e o CIBiogás-ER, fundado em 2013 e localizado no Parque Tecnológico Itaipu. A própria Itaipu Binacional participou ativamente na implantação das oito unidades de demonstração já mencionadas no presente trabalho. Vale mencionar o papel fundamental de concessionárias de energia elétrica, como a Copel Distribuição, no Paraná, a qual foi responsável pelo desenvolvimento de um painel de comando e proteção de rede.

Referente ao campo educativo, o trabalho de pesquisa de Zanella (2012) menciona programas de pós-graduação de universidades localizadas principalmente nos estados do sul do Brasil. Atualmente, identificaram-se aproximadamente vinte cursos de pós-graduação relacionados com Agronegócio Sustentável, Energias Renováveis, Bioenergia, Biocombustíveis e Eficiência Energética, coordenados por universidades de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul e vários estados da região Nordeste e Sul. Estes dados permitem constatar um aumento das organizações educacionais interessadas pelo tema das energias renováveis, fato que incide positivamente na probabilidade de aumento na geração de conhecimento ligado às tecnologias do biogás. Vale mencionar que foram pesquisados outros cursos de menor duração mais especializados no biogás, mas obtiveram-se poucos resultados. Ressalta-se principalmente o Curso de Atualização em Energias do Biogás do CIBiogás-ER. Estes resultados evidenciam, em contrapartida, uma falta de organizações que capacitem técnicos de nível médio e produtores rurais.

#### 2.4 AMBIENTE INSTITUCIONAL DA CADEIA DO BIOGÁS

Conforme foi visto na Figura 1, ambientes tais como o institucional e o organizacional influenciam as cadeias produtivas. O ambiente institucional pode ser comparado às regras do jogo. É um conjunto de regras, tradições, costumes, sistema legal e políticas macroeconômicas que determinam o crescimento econômico e estabelecem as bases para a produção, troca e distribuição (SIMIONI; HOEFLICH, 2007; ZANELLA, 2012).

Segundo o que foi exposto na caracterização do complexo agroindustrial de suínos, os impactos ambientais da suinocultura são relevantes e estreitamente ligados com a produção de biogás já que, em termos de políticas públicas, as restrições impostas pelas leis ambientais podem constituir-se em incentivo ao uso de biodigestores e no aproveitamento da energia do biogás

Diesel, Miranda e Perdomo (2002) comentam que, no Brasil, a partir de 1991, começou a se dar uma maior importância à legislação de proteção ambiental com relação aos dejetos produzidos. Assim, o Ministério Público passou a cobrar o

cumprimento da mesma, aplicando advertências, multas e mesmo o fechamento de granjas. Porém, estas melhorias em termos legislativos não têm sido suficientes. O autor argumenta que diagnósticos recentes têm demonstrado um alto nível de contaminação devido a dejetos provenientes da suinocultura em lençóis de águas superficiais e rios e este problema vem se agravando.

Na pesquisa sobre o ambiente institucional para o biogás proveniente da suinocultura realizada por Zanella (2012, p. 74), a autora afirma o seguinte:

“As legislações ambientais estaduais e federais pesquisadas diferenciam-se pelo grau de severidade e complexidade, mas não existe nenhuma que seja específica para o uso e aplicação do biogás, que regulamente este, o que existe é a rigorosidade em locação da infraestrutura na propriedade, e penalidades na causa da poluição ambiental.”

Visando esclarecer e verificar a afirmação de Zanella, foi feito contato com funcionários do Instituto Ambiental do Paraná (IAP)<sup>2</sup>. Os mesmos informaram que os critérios levados em consideração para licenciamentos ambientais de empreendimentos de suinocultura dependem do estado. No Paraná, por exemplo, são aceitos vários sistemas de manejo de dejetos como esterqueiras, lagoas de estabilização, entre outros, que não necessariamente evitam a emissão de biogás na atmosfera. Com efeito, constata-se no anexo A do presente documento, que consiste nas diretrizes para apresentação de projetos de controle de poluição ambiental de empreendimentos de suinocultura, que estas diretrizes estão relacionadas com a poluição do solo e da água, mas não do ar (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2003). Desta maneira, percebe-se que no estado do Paraná, e provavelmente em outros estados do Brasil, a poluição atmosférica devida a emissões de biogás oriundas de dejetos, não está sendo considerada em termos de licenciamento ambiental.

No contexto das energias renováveis, a regulamentação do setor elétrico vem sendo estruturada desde aproximadamente o final da década dos 90. A seguir são apresentadas as leis, decretos e resoluções normativas mais relevantes em termos de geração de energia elétrica a partir do biogás:

Lei 10.438 de 2002: Sob esta lei foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Visa o aumento da participação da energia elétrica gerada a partir de fontes eólica, biomassa e pequenas centrais

---

<sup>2</sup> Comunicação por telefone com a Engenheira agrônoma Rossana Baldanzi em agosto de 2015.

hidrelétricas (PCH) no Sistema Interligado Nacional (SIN), demonstrando assim a intenção governamental em desenvolver e incentivar o uso das fontes renováveis no Brasil.

Decreto 5163 de 2004: Define a geração distribuída assim como a contratação de energia elétrica proveniente de geração distribuída.

Lei 12.187 de 2009: Instituiu a Política Nacional sobre Mudanças no Clima (PNMC). Aliada à regulamentação da geração distribuída, aborda temas diretamente relacionados à produção e ao fomento de energias renováveis (estimulando o desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas, por exemplo), compondo assim um marco legal essencial para atingir metas de redução de emissões no Brasil.

Resolução ANP nº8 de 2015: Emitida pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), regulamenta o biometano no Brasil. Assim, este gás, proveniente da purificação do biogás, poderá ter o mesmo uso e até a mesma valoração econômica do gás natural desde que atenda aos critérios de qualidade do produto estabelecidos nesta resolução.

Vale mencionar a existência do projeto de lei 630 de 2003. Este projeto propõe incentivos para ampliar a geração de energia solar, eólica e biomassa, prevendo leilões anuais para a compra deste tipo de energias e propondo iniciativas para incrementar a participação das mesmas na geração distribuída. Adicionalmente, propõe a criação de um fundo cujo intuito seja financiar o desenvolvimento de pesquisas e produção de tecnologias relacionadas com fontes de energias renováveis. O projeto foi aprovado pela Câmara Federal em 2009, mas atualmente seu trâmite encontra-se parado.

Com respeito à regulamentação da geração distribuída pela ANEEL, existem várias Resoluções Normativas que tratam de procedimentos e contratação de acesso aos sistemas de Transmissão e Distribuição, assim como a comercialização de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída. Entre as resoluções mais importantes vale destacar:

A resolução normativa nº 390 de 2009 que consolida modificações dos procedimentos de distribuição (PRODIST). Por exemplo, no contexto do biogás, uma distribuidora de energia elétrica pode fazer chamadas públicas para comprar energia elétrica produzida a partir deste combustível. Os produtores poderão assim alimentar

a rede de distribuição com a eletricidade por eles gerada, seguindo as exigências da ANEEL em termos de qualidade da energia.

A resolução normativa nº 482 de 2012 da ANEEL que estabelece as condições gerais para o acesso de minigeração e microgeração distribuídas (que, conforme foi visto, correspondem às centrais geradoras de energia elétrica com potência instalada inferior a 1 MW) aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Adicionalmente, estabelece as condições para o *net metering*, sistema de compensação de energia elétrica, que naquela resolução é definido conforme a seguir:

Sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012, p.2)

Desta maneira, a ANEEL visou reduzir as barreiras para instalação de geração distribuída de pequeno porte. Porém, tem sido percebido que essa resolução não foi tão eficaz para o biogás. Em 2014 a ANEEL fez a consulta pública nº 005/14 com o intuito de realizar adequações à resolução original. Embora o foco esteja nas centrais geradoras com potência instalada superior a 1 MW, a instituição Itaipu Binacional enviou uma contribuição, especificando claramente que a mesma é feita para centrais geradoras menores de 1MW, o que corresponde à potência instalada normalmente nas granjas de suínos (ITAIPU BINACIONAL, 2014). Conforme foi visto na seção relacionada com o ambiente organizacional, a Itaipu Binacional tem participado ativamente na implantação de projetos de geração de energia elétrica a partir do biogás. Daí a importância da contribuição, onde são mencionadas as principais dificuldades encontradas por empreendedores de centrais geradoras, propostas de alterações no PRODIST e outras formas de incentivo à geração distribuída. Referente às dificuldades encontradas, a Itaipu Binacional afirma que elas estão ligadas à conexão com a rede de distribuição, argumentando que existe um excesso de exigências técnicas e falta de detalhamento nos procedimentos e normas técnicas que trazem como consequência inúmeras revisões na etapa de solicitação de acesso. Referente a propostas de alteração no PRODIST, ressalta-se a necessidade de especificar separadamente as

particularidades da conexão com inversores e a conexão com geradores síncronos. Os grupos motogeradores a biogás usados para a geração de energia elétrica conectada à rede são geradores síncronos de pequeno porte na suinocultura e observa-se que no PRODIST os modelos de geradores de maior porte ainda constituem a base dos procedimentos para efetivação de acesso. Adicionalmente, a Itaipu Binacional solicita uma pré-certificação dos painéis de proteção e seccionamento para a conexão de geradores síncronos à rede, levando em consideração que este mecanismo tem se mostrado bastante positivo no caso de sistemas que usam inversores, em termos de viabilização do acesso à rede de distribuição. Referente a propostas de outras formas de incentivo à geração distribuída, a Itaipu Binacional afirma, entre outras propostas, que é necessária a criação de uma regulamentação específica para a comercialização de energia com o intuito de incentivar a implantação de unidades de geração a biogás, argumentando que as mesmas possuem dificuldades de viabilização econômica no conceito de *net metering*. Isto é devido, entre outros motivos, a que na maioria dos casos a energia elétrica gerada é bastante superior à demanda de energia da unidade consumidora, gerando um acúmulo de créditos que dificilmente serão compensados (ITAIPU BINACIONAL, 2014).

Frente ao cenário apresentado pela Itaipu Binacional, vale mencionar um exemplo de contribuição feita por uma distribuidora de energia elétrica. Na consulta pública nº005/2014, a Copel Distribuição S/A (2014, p. 4) foca nas centrais geradoras com potência instalada superior a 1MW. Porém, pela forma genérica da pergunta “Há interesse das distribuidoras no aumento da quantidade e da capacidade de centrais geradoras conectadas às suas redes de distribuição?” a resposta dada por esta distribuidora pode se aplicar também à potência instalada inferior a 1 MW. A Copel Distribuição S/A afirma que existe um interesse e apresenta aspectos positivos e negativos da geração distribuída, salientando que “a falta de controle e critérios de conexão pode acarretar perda de estabilidade, má qualidade da energia, insegurança e comprometimento da otimização do sistema”.

Além das dificuldades apresentadas do ponto de vista das unidades geradoras e das distribuidoras de energia elétrica, os governos de alguns estados não têm incentivado o sistema de *net metering*. Bley Júnior (2015) menciona que, por exemplo, em São Paulo este sistema é visto como um fator gerador do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Frente a essas circunstâncias,

não surpreende saber que até o momento somente dois projetos foram aceitos, demonstrando assim a complexidade do sistema *net metering*.

Com relação aos programas de financiamento, vale mencionar o Fundo Clima, programa do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que financia equipamentos que fazem parte do sistema de geração de energia elétrica a partir do biogás considerando os mesmos como máquinas e equipamentos eficientes. A *International Energy Agency* (2015) destaca o Manual de Microcrédito Rural do BNDES e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) ECO como dois programas que têm incentivado o uso do biogás e Bley Júnior (2015) cita o plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC) como fornecedor de condições bastante favoráveis para o fomento das energias com biogás. Peraci *et al.* (2012, p.15 ) definem este plano como “uma política pública que apresenta o detalhamento das ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário”. Em termos de biogás, este plano inclui metas de incentivos (desoneração fiscal, por exemplo), aumento dos biodigestores implantados, agricultores com incremento de renda a partir da venda de energia térmica, automotiva e elétrica gerada pela utilização do biogás, entre outros.

O Brasil está progredindo em termos de normas e resoluções sobre geração distribuída de energia elétrica. Porém, ainda é observada uma diversidade de interesses, tendências regionais, lacunas e segmentações regulatórias.

Assim sendo, além de uma mudança na normatividade do país, percebe-se uma necessidade de implantação de estratégias que visem à aplicação efetiva das leis, de forma que a geração distribuída possa beneficiar tanto o produtor de energia como o Sistema Interligado Nacional e, conseqüentemente, a população brasileira.

A caracterização da cadeia produtiva do biogás com produção de energia elétrica permitiu determinar a situação atual de cada um dos elos que a compõem assim como a interligação dos mesmos. A influência do ambiente organizacional foi adicionalmente evidenciada considerando que a maior parte dos projetos com geração de energia elétrica a partir do biogás da suinocultura tem acontecido no Brasil graças a parcerias das granjas com organizações e distribuidoras. Ficou evidente também o papel fundamental do ambiente institucional em termos de incentivo à geração de energia elétrica conectada à rede assim como a viabilização destes projetos.

### 3 IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES: LIÇÕES DO PASSADO

Embora os biodigestores existam há várias décadas, o uso dos mesmos começou a ser disseminado no mundo principalmente a partir do primeiro choque do petróleo acontecido em 1973. No Brasil, o interesse pelos mesmos teve início alguns anos depois, como resultado do segundo choque ocorrido em 1979. O governo federal adotou então várias medidas para reduzir a dependência do petróleo, como o Programa de Mobilização Energética (PME), que teve início em 1980. É assim como entre 1980 e 1984 foram concedidos financiamentos ou até doações visando o incentivo à instalação de biodigestores. Em 1982 em Santa Catarina, por exemplo, existiam 236 biodigestores praticamente em sua totalidade do modelo indiano. Somente um percentual muito baixo deles se encontrava em propriedades suinícolas. Em 1984, estima-se que o número de biodigestores no Brasil tenha sido de 3000, principalmente do modelo indiano, e utilizados para a biodigestão de dejetos bovinos. Porém, devido a diversos fatores estreitamente ligados à queda dos preços do petróleo, houve posteriormente uma forte desaceleração dos programas de disseminação. Cortes nos incentivos governamentais prejudicaram a operação dos biodigestores instalados cuja tecnologia era nova no Brasil e precisava de forte suporte governamental (PALHARES, 2008; CASTANHO; ARRUDA; 2008). A falta de conhecimento foi refletida em resultados técnicos desfavoráveis. Um primeiro problema estava relacionado com o tipo de materiais usados. Bley Júnior (2015) explica que a corrosão dos componentes ferrosos dos modelos chinês e indiano usados na época, devida ao gás sulfídrico presente no biogás, diminuiu significativamente a vida útil destes biodigestores. Um segundo problema estava relacionado com o processo da biodigestão. De acordo com o autor, os detergentes a base de soda cáustica, usados na época para a limpeza das instalações produtivas, acabavam sendo transportados para os biodigestores junto com os dejetos, comprometendo o processo de biodigestão. Adicionalmente, os dejetos eram muito diluídos em função da entrada de água de chuva nas instalações. Assim, frente à complexidade do processo de biodigestão, fica em evidência a importância de uma orientação para os produtores que permita garantir a produção de biogás com eficiência satisfatória.

A escolaridade e os treinamentos ministrados aos produtores na década de 1980 foi outro fator que, combinado com a complexidade do processo de biodigestão, não resultou nada favorável à disseminação e continuidade do uso dos biodigestores. Palhares (2008) menciona um estudo do perfil produtivo, ambiental e social dos produtores que receberam biodigestores nessa década. Os resultados mostraram uma baixa escolaridade dos participantes do estudo (61,5% havia feito até a quarta série do primeiro grau) e um tempo de treinamento sobre a tecnologia do biogás extremamente reduzido (o treinamento de todos eles foi de somente duas horas). Referente às visitas recebidas para orientação técnica, os participantes informaram que as mesmas aconteciam a cada seis meses ou a cada ano. Após expor aqueles resultados, Oliveira e Hiragashi (2006) reforçam então a importância da capacitação do pessoal responsável pela operação dos sistemas.

A falta de conhecimentos, assistência técnica e apoio governamental foram fatores desfavoráveis para a disseminação do uso de biodigestores na década de 80 e geraram desconfiança na tecnologia do biogás em produtores do setor agropecuário. Para ilustrar esta afirmação, pode ser mencionado um caso do Paraná, onde o filho de um participante do primeiro ciclo de incentivos a biodigestores entre 1978 e 1986 explica que não foi possível pôr em funcionamento o biodigestor na propriedade do pai após três anos de tentativas. Segundo ele explica, os erros de projeto, a falta de conhecimento e a incapacidade dos técnicos da empresa fabricante do biodigestor foram a causa do fracasso e salienta que seu maior receio são os “pseudo-especialistas” que acabam fazendo experiência com os produtores (GASPAR, 2003).

Nos anos 90, o uso de biodigestores foi novamente incentivado, dessa vez pela possibilidade de comercialização de créditos de carbono.

Em dezembro de 1997 foi adotado o Protocolo de Quioto que entrou em vigor em 2005 e teve como objetivo frear o aumento da temperatura do planeta por meio da redução da emissão de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorcarbonos (HFCs), hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) e perfluorcarbonos (PFCs), todos gases causadores do efeito estufa. Três formas de colaboração foram estabelecidas: o comércio de emissões (caso algum país signatário tenha atingido suas metas de redução além do requerido, existe a possibilidade de vender aquele excedente a outros países que não tenham atingido sua meta), implementação conjunta (combinação de redução de emissões entre vários países) e o Mecanismo

de Desenvolvimento Limpo (MDL) que visa o desenvolvimento de projetos com a iniciativa privada como responsável (SILVA; MACEDO, 2012). De acordo com Dias et al. (2011, p. 134):

O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) implica tanto em assumir responsabilidade para reduzir as emissões de poluentes quanto promover o desenvolvimento sustentável. São mecanismos de investimentos pelos quais os países desenvolvidos têm metas de redução, emissão e aplicação de recursos financeiros em projetos que venham reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

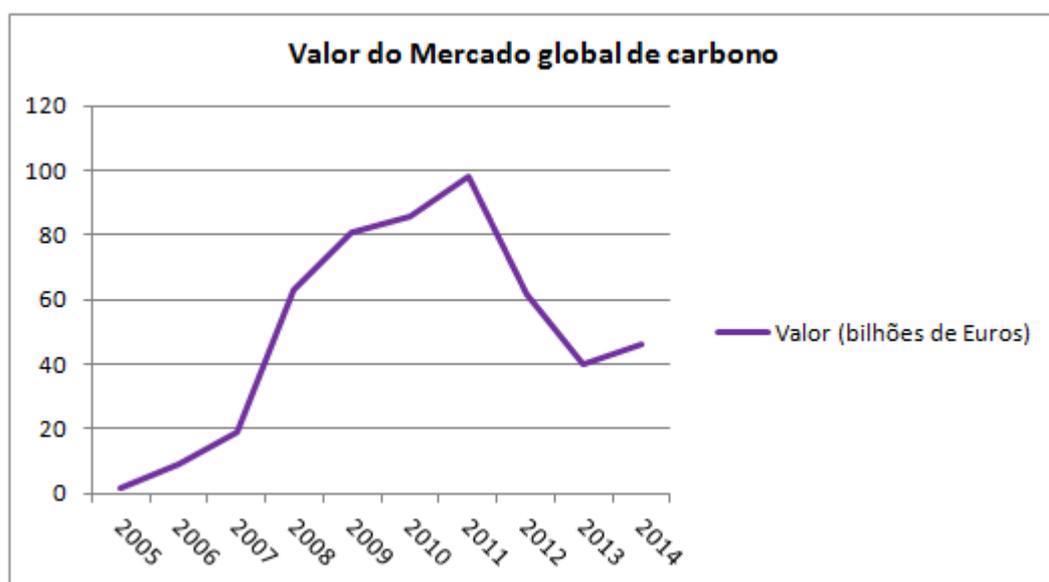
Diretamente ligado ao tratamento racional e adequado dos dejetos, tem como consequências menor risco ambiental, redução de custos (utilização do gás produzido), bem como geração de renda ao produtor (integração lavoura pecuária, venda de adubo orgânico).

Segundo Silva e Macedo (2012), a tramitação de um projeto MDL deve ser feita em várias etapas, iniciando pelo Documento de Concepção do Projeto, verificação e aprovação por vários agentes até finalmente serem emitidas as Reduções Certificadas de Emissões (RCE), que são Créditos de Carbono certificados a partir de projetos de MDL registrados na Organização das Nações Unidas (ONU). Os diferentes agentes envolvidos na tramitação dos projetos MDL, tais como a Autoridade Nacional Designada (AND), Entidade Operacional Designada (EOD) e o Comitê Executivo do MDL das Nações Unidas (CEMDL), visam assegurar a credibilidade do processo de certificação dos Créditos de Carbono. Assim, os países em desenvolvimento podem obter RCEs e negociá-los no mercado global. Por sua vez, países desenvolvidos que possuem cotas de redução de emissão de gases de efeito estufa podem adquirir aqueles RCEs de projetos de países em desenvolvimento para contribuir no cumprimento de suas metas. No mercado de carbono, cada tonelada de cinco dos gases do efeito estufa é convertida em tonelada equivalente de dióxido de carbono ( $tCO_2e$ ) que é a medida padrão de negociação. O preço da  $tCO_2e$  varia de acordo com a oferta e a demanda no mercado internacional.

Dessa forma, a partir do Protocolo de Quioto foi criado o mercado de carbono, que já conta com uma estrutura. Porém, os preços das  $tCO_2e$  têm atingido níveis bastante baixos, não atendendo as expectativas dos integrantes das convenções. Silva e Macedo (2012) argumentam que este comportamento é devido, entre outros fatores, ao fato de o MDL apresentar um alto grau de incerteza e burocracia, o que oferece um risco ao investidor. Adicionalmente, a crise econômica mundial que

começou nos Estados Unidos em 2008 e atingiu posteriormente a Europa, gerou uma queda da produção industrial, diminuindo assim a procura por créditos de carbono e desestabilizando o mercado. Contudo, mesmo frente a um panorama de incerteza, Lima (2014) comenta que analistas financeiros preveem que o valor dos mercados de carbono deve voltar a crescer (ver Figura 10), visto que novos programas de redução de emissões estão emergindo em países como a China ou a Coreia do Sul e a Europa está adotando mecanismos que garantam que os preços subam e as emissões caiam.

No âmbito da suinocultura, “para atender às condições financeiras estabelecidas pelo MDL, os projetos foram concebidos apenas para queimar o biogás [e transformá-lo em gás carbônico], sem aproveitamento energético” (BLEY JÚNIOR, 2015, p. 148). Adicionalmente, tem sido constatado que, considerando a forma como está delineada atualmente a comercialização dos créditos de carbono, somente as grandes granjas dispõem da quantidade de dejetos que tornam economicamente viável um investimento visando a venda dos créditos. No caso dos pequenos e médios, esta opção seria viável somente se organizassem de maneira a formar condomínios, por exemplo (PALHARES, 2008). Assim, desde a década de 1990 até o presente, o mercado de carbono tem se apresentado com um mecanismo de risco, que não tem contribuído significativamente para um efetivo aproveitamento do biogás e a viabilização dos projetos para a geração do mesmo.



**Figura 10 – Valor do mercado global de carbono.**  
Fonte: Lima (2014)

Durante a década de 2000, conforme tem sido visto no presente documento, foram realizados notáveis avanços em matéria governamental relacionados com energias renováveis e a bibliografia menciona com frequência a viabilidade de projetos de implantação de biodigestores com várias finalidades. Porém, é importante destacar as dificuldades encontradas em projetos executados nessa década. A tabela 7 a seguir mostra as dificuldades expostas em três pesquisas onde foram analisados projetos da época.

**Tabela 7 – Dificuldades de alguns empreendimentos da década de 2000**

Autor da pesquisa	Algumas características da pesquisa	Dificuldades levantadas
ZANELLA (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entrevista a responsáveis técnicos de empresas do segmento da bioenergia (Granjas produtoras de suínos, Empresas Privadas, Condomínio de Agroenergia).</li> <li>● Localização: Paraná e Santa Catarina</li> <li>● Porte: Pequeno, médio e grande</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Deficiências no processo de purificação do biogás</li> <li>-Falta de especificações técnicas para o transporte de biogás em gasodutos rurais</li> <li>-Baixo retorno financeiro pelo investimento</li> <li>-Falta de linha de crédito específica</li> <li>-Dificuldade de financiamento aliado à burocracia e documentação</li> <li>-Burocracia para desenvolver o negócio</li> <li>-Falta de incentivo público</li> <li>-Falta de informação</li> </ul>
BRONDANI (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Análise de viabilidade econômico financeira do uso do biogás contemplando:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Geração de energia elétrica</li> <li>-Aquecimento da suinocultura no inverno</li> <li>-Comercialização de créditos de carbono</li> <li>-Economia com aproveitamento de biofertilizante</li> </ul> </li> <li>● Localização: Granja Ipê no Rio Grande do Sul</li> <li>● Porte: Grande</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dificuldades de acesso a crédito</li> <li>-Alto custo de implantação do projeto</li> <li>-Ausência de consultorias para os suinocultores (para esclarecimento de custos e benefícios, processo de implantação, manutenção)</li> </ul>
LINDEMEYER (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Análise de viabilidade econômico financeira do uso do biogás contemplando:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Geração de energia elétrica</li> <li>-Comercialização de créditos de carbono</li> </ul> </li> <li>● Localização: Granja Suruvi em Santa Catarina</li> <li>● Porte: Grande</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Instabilidade regulatória</li> <li>-Indefinição tributária no mercado de créditos de carbono</li> <li>-Falta de estrutura de apoio aos suinocultores</li> </ul>

Fonte: Autoria própria

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando o atual rebanho de suínos do Brasil assim como a tendência de aumento da produção nacional, há necessidade de tratamento dos dejetos produzidos, pois estes representam um grande passivo ambiental. Porém, estes dejetos são ao mesmo tempo a matéria-prima para a produção do biogás, combustível que pode ser utilizado para a geração de energia elétrica.

A análise dos componentes da cadeia produtiva permite perceber que mesmo que existam avanços em termos do uso de biogás para produção de energia elétrica, existem empecilhos relevantes que precisam ser resolvidos com o intuito de disseminar esta tecnologia.

Conforme discutido neste trabalho, a viabilidade de um projeto que vise o uso do biogás para este propósito depende da escala de produção. Em uma granja de grande porte pode ser gerada a quantidade suficiente de dejetos para viabilizar este tipo de projetos. Já no caso da agricultura familiar de pequeno e médio porte, onde é produzida uma quantidade significativamente menor de dejetos, o sistema de geração de energia elétrica pode-se tornar viável por meio de condomínios.

Referente aos equipamentos envolvidos no processo de biodigestão, principalmente são usados no Brasil biodigestores do modelo canadense, cujas cúpulas de PVC não são afetadas pela corrosão. Nota-se assim que um erro do passado, como foi o uso de modelos com materiais inadequados para sistemas de geração de biogás, parece não estar sendo repetido. Outro erro do passado foi o desconhecimento de parâmetros que influenciam o processo de biodigestão que pode ser comprometido dependendo da composição e condições nas quais se encontra a biomassa. Para ser obtida uma eficiência satisfatória, o ideal é controlar estes parâmetros. Países da Europa usam atualmente, por exemplo, sistemas cuja automatização visa a otimização da eficiência. Embora no Brasil sejam usados biodigestores menos sofisticados, na maioria dos sistemas de geração de energia elétrica a partir do biogás que têm sido implantados nos últimos dez anos é produzida mais energia elétrica do que a necessária para autoconsumo. Comparado com a realidade vivida nos anos 80, onde a produção deficiente de biogás foi um dos empecilhos para a disseminação desta tecnologia, percebe-se um maior domínio dos conhecimentos do processo de biodigestão. Porém, o fato de existir um excedente de geração de energia sem precisar usar biodigestores sofisticados pode

ser um fator que não estimule a adoção de tecnologias que visem o aumento da eficiência. Nesse cenário, a existência de alternativas que permitam usar esse excedente de energia como fonte de aumento de renda para os suinocultores torna-se um incentivo fundamental.

A conexão do sistema de geração de energia elétrica com a rede de distribuição apresenta-se complexa. Atualmente, as concessionárias publicam documentação técnica informando sobre os equipamentos necessários para garantir segurança e qualidade no fornecimento de energia, mas ainda existem dificuldades por parte dos acessantes, que em alguns casos alegam falta de clareza nas informações disponíveis. A falta de equipamentos pré-certificados específicos para geradores síncronos, que são os predominantes nos sistemas de geração de energia a partir do biogás, foi igualmente identificada como um empecilho para a rápida aprovação do acesso. Às dificuldades técnicas somam-se as dificuldades na aplicação do sistema de compensação estabelecido pela resolução normativa nº 482 de 2012. Considerando que na maioria dos casos a energia elétrica gerada é bastante superior à demanda de energia da unidade consumidora, surge a questão de como pode ser compensada a energia que foi cedida à distribuidora. A resolução menciona a possibilidade de outra unidade consumidora de mesma titularidade fazer a compensação, oferecendo a possibilidade de adoção de mecanismos que permitam fazer a compensação como, por exemplo, a criação de cooperativas ou adesão às já existentes. Assim, uma unidade geradora de excedente pode ceder seus créditos a outra unidade da mesma cooperativa que não tenha gerado excedente. Porém, deve ser feita uma análise mais aprofundada sobre a viabilidade desta opção, que acaba sendo uma das poucas para poder realizar a compensação no caso do biogás. No geral, constata-se que, apesar dos esforços governamentais em criar mecanismos que autorizem o acesso à rede de distribuição para mini e microgeração de energia elétrica com fontes alternativas, as condições para a conexão à rede de distribuição de sistemas cuja fonte é o biogás não são favoráveis, o que é refletido na pouca quantidade de unidades conectadas, conforme foi visto na introdução do presente trabalho. Esta situação também não é favorável ao desenvolvimento tecnológico já que as empresas com o potencial para produzir painéis confiáveis que possam ser usados como interface de conexão de grupos geradores alimentados com biogás dificilmente irão produzir estes equipamentos se existir pouca demanda dos mesmos. Ao mesmo tempo a falta deste tipo de

equipamentos dificulta a conexão à rede, gerando-se assim um círculo vicioso. Percebe-se, portanto, que mecanismos de incentivo que sejam aplicáveis à realidade do biogás são fundamentais para o aumento das unidades geradoras de energia elétrica alimentadas com este combustível conectadas à rede.

O ambiente organizacional mostra-se mais favorável se comparado às décadas de 80 e 90. Existem organizações que contribuem ativamente com a disseminação de conhecimentos, o desenvolvimento tecnológico e a implantação de projetos de geração de energia elétrica a partir do biogás. Existe igualmente um número considerável de instituições educacionais que formam profissionais para trabalhar na área. Porém, percebe-se ainda a escassez de cursos cujo alvo sejam participantes com formação de ensino médio, como pode ser o caso de um número significativo de agricultores. Adicionalmente constata-se que a maior parte destas instituições está localizada no sul do Brasil, assim como uma forte dependência da Itaipu Binacional e, em contrapartida, a ausência de iniciativas por parte do governo, seja federal ou estadual, que sejam eficazes em termos de disseminação do uso do biogás como fonte de energia. Conforme foi visto no presente trabalho, ainda existem suinocultores que não confiam na biodigestão devido às dificuldades do passado e a conscientização no nível nacional deve partir de iniciativas governamentais. A implantação de condomínios também precisa do apoio do governo para ser disseminada. Percebe-se desta maneira a falta de um programa governamental organizado que gere confiança nos suinocultores divulgando os benefícios do uso de biodigestores para geração de energia, os suporte em termos técnicos, os oriente em termos financeiros e burocráticos e, no geral, seja o apoio necessário para garantir que os sistemas de geração de energia na suinocultura sejam difundidos e mantidos.

Primeiramente, precisa-se compreender que o biogás é uma fonte renovável com características particulares que exigem uma abordagem diferenciada. Sem um tratamento adequado dos dejetos gerados na suinocultura o problema ambiental, tanto para a atmosfera quanto para as águas, torna-se a cada vez mais sério e o uso de biodigestores é uma solução. Adicionalmente, a suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista socioeconômico, pois gera renda e emprego. O tratamento dos dejetos para geração de biogás melhora a qualidade de vida dos produtores rurais, pois evita a proliferação de insetos e maus odores. Para complementar, a geração de energia elétrica a partir do biogás para autoconsumo

contribui com a eficiência energética das granjas, gerando a possibilidade de aumento de renda. Ainda mais se existir um excedente de energia gerada, que adicionalmente contribui para o aumento da oferta de energia para o Brasil. Desta maneira, a matriz elétrica é ainda mais diversificada e cria-se a opção de conexão de mais unidades consumidoras sem a necessidade do aumento da potência instalada de alguma central geradora. Esta contribuição pode ser feita em qualquer horário como, por exemplo, os de ponta, o que é uma característica favorável do uso do biogás. Assim, a geração de energia elétrica a partir deste combustível contribui para a mitigação dos impactos ambientais da cadeia produtiva da carne suína e permite uma melhor qualidade de vida no subsetor agropecuário e contribui com a matriz elétrica do Brasil. Ou seja, gera benefícios ambientais, socioeconômicos e energéticos. Devido a estas importantes particularidades, considera-se que o mais adequado é tratar o biogás separadamente e não dentro do conjunto de energias renováveis. Desta maneira, é identificada a necessidade de um programa governamental que vise à disseminação da geração de energia elétrica a partir do biogás. Este programa deverá ter metas específicas como, por exemplo, um percentual mínimo de aumento na geração de energia elétrica proveniente do biogás por ano. Para atingir tais metas pode ser necessária a implantação de mais sistemas ou o aumento da eficiência dos existentes, o que irá contribuir com o desenvolvimento tecnológico.

Com metas claras, também será clara a necessidade de incentivos no nível nacional e deverão ser criadas leis que realmente sejam condizentes com o aumento da produção de energia elétrica. Identificando os riscos de inviabilização de implantação de novos sistemas ou manutenção dos mesmos em cada um dos elos da cadeia produtiva do biogás podem ser tomadas medidas como, por exemplo, isenção ou diminuição da taxa de impostos em vários subsetores do complexo agroindustrial de suínos. Conforme foi visto na caracterização da cadeia de produção de carne suína, o elo que mais agrega valor é o subsetor de transformação, mas a responsabilidade pelo passivo ambiental gerado devido aos dejetos recai totalmente no produtor do subsetor agropecuário, onde a agregação de valor é menor. Dentro deste cenário, incentivos fiscais para as empresas do subsetor de transformação que invistam em projetos que envolvam o uso do biogás para geração de energia ou criação de leis que outorguem uma parcela da responsabilidade pelo manejo dos dejetos a este subsetor poderiam ser uma opção

favorável à disseminação deste tipo de projeto. Dentro da cadeia do biogás, a isenção de impostos pode ser aplicada aos insumos, na comercialização de créditos de carbono ou à compensação de energia, por exemplo. Levando em consideração que a disseminação dos projetos de geração distribuída de energia elétrica pode contribuir com a diminuição de custos relacionados com linhas de transmissão ou grandes usinas de geração de energia elétrica, para o governo este tipo de isenções torna-se vantajosa.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou os benefícios ambientais, socioeconômicos e energéticos do biogás. Com efeito, demonstrou-se que o uso desta tecnologia para geração de energia permite melhorar a qualidade de vida, evita impacto ambiental, aumenta a diversificação da matriz elétrica e gera renda. Adicionalmente, por meio da caracterização da cadeia produtiva do biogás dentro do complexo agroindustrial de suínos assim como a retrospectiva das iniciativas de promoção do uso de biodigestores no Brasil desde a década de 70, foi evidenciado um esforço em termos institucionais e organizacionais nos últimos dez anos que constitui um primeiro passo na disseminação desta tecnologia, mas não é suficiente para o sucesso e a sustentabilidade da mesma no longo prazo. Assim, para que haja um aumento da oferta de energia elétrica a partir do biogás gerado pela suinocultura, destacam-se os condicionantes apresentados na tabela 8.

Considerando o papel fundamental do governo para o sucesso do aumento da oferta de energia elétrica a partir do biogás no âmbito nacional, recomenda-se o estabelecimento de um órgão público que dê suporte, centralize a tomada de decisões assim como o planejamento estratégico e atue com base em um programa exclusivo para o biogás que garanta que estes condicionantes sejam atendidos, levando em consideração a realidade do complexo agroindustrial de suínos.

**Tabela 8 – Condicionantes para o aumento da oferta da energia elétrica a partir do biogás no Brasil**

	CONDICIONANTES	COMENTÁRIOS
ASPECTOS TÉCNICOS	Uso de equipamentos adequados para trabalhar com biogás.	O gás sulfídrico contido no biogás pode gerar corrosão nos biodigestores e equipamentos de geração de energia elétrica, comprometendo a vida útil dos mesmos. É fundamental o uso de materiais adequados assim como um sistema de remoção de gás sulfídrico.
	Existência de painéis de comando e proteção pré-certificados específicos para os grupos geradores usados nos projetos com biogás.	Os painéis pré-certificados podem facilitar a autorização do acesso à rede de distribuição, além das vantagens em termos de operação e manutenção.
	Criação de condomínios para viabilizar projetos que envolvam granjas de pequeno porte.	Para aumentar a oferta de energia elétrica a partir do biogás, é importante que a maior quantidade de granjas participe, independentemente do porte. Conforme demonstrou o Condomínio de Agroenergia para a Agricultura Familiar Ajuricaba, também pode ser viável para granjas de pequeno e médio porte gerar energia elétrica.
	Suporte técnico contínuo aos operários do sistema (desde o manejo dos dejetos até a etapa de injeção de energia elétrica à rede).	A falta de suporte técnico foi um empecilho predominante na etapa de operação dos primeiros biodigestores instalados no Brasil. Para garantir a operação em longo prazo dos novos biodigestores, é fundamental um suporte técnico contínuo e de qualidade.
ASPECTOS ORGANIZACIONAIS	Existência de cursos de universitários e cursos de capacitação de qualidade para os operários do sistema.	Os cursos universitários contribuem com a criação de empresas especializadas, desenvolvimento tecnológico e aumento do suporte técnico. Porém, a existência de cursos focados aos operários do sistema nas granjas é também fundamental.
	Existência de organizações públicas e/ou privadas que ofereçam suporte aos suinocultores.	O intuito destas organizações pode ser a divulgação dos benefícios do uso de biodigestores para geração de energia elétrica, orientar os suinocultores, entre outros.
ASPECTOS INSTITUCIONAIS	Estabelecimento de um ambiente institucional que promova de uma forma eficaz a conexão destes sistemas na rede de distribuição considerando as particularidades do biogás.	Em termos de geração de energia elétrica, a normatividade deverá ser estabelecida de maneira que tanto os acessantes à rede como as distribuidoras sejam beneficiados. Em termos de cadeia produtiva, podem ser consideradas estratégias relacionadas com incentivos fiscais (aplicados a insumos, empresas que invistam neste tipo de projetos etc.) ou parcela de responsabilidade pelo passivo ambiental gerado pelos dejetos suínos para os elos que mais agregam valor.

Fonte: Autoria própria

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº482, de 17 de abril de 2012**, 2012. Disponível em:

< <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 20 ago. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **BIG** – Banco de Informações de Geração, 2015a. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em: 15 jul. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional** – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, 2015b. Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3\\_Revisao\\_5\\_Retifica%C3%A7%C3%A3o\\_1.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3_Revisao_5_Retifica%C3%A7%C3%A3o_1.pdf)> Acesso em: 13 ago. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional** – PRODIST: Módulo 1 – Introdução, 2015c. Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PRODIST%20-%20M%C3%B3dulo%201\\_Revisao\\_7.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PRODIST%20-%20M%C3%B3dulo%201_Revisao_7.pdf)> Acesso em: 13 ago. 2015.

BATALHA, M. O. e SILVA, A. L. **Gerenciamento de Sistemas Agroindustriais: definições e correntes metodológicas**. In BATALHA, M. O. (coord.) *Gestão Agroindustrial: GEPAL: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais*. V. 1, 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2001

BEZERRA, S.A. *Gestão ambiental da propriedade suinícola: um modelo baseado em um biosistema integrado*. **Rev. Ciên. Empresariais da UNIPAR**, Toledo, v.6, n.2, jul./dez., 2007

BLEY JÚNIOR, Cícero *et al.* **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu/Brasília: Technopolitik, 2009.

BLEY JÚNIOR, Cícero. **Biogás: a energia invisível**, 2015. Disponível em: < <https://cibiogas.org/>> Acesso em: 10 abr. 2015.

BOHN, Caroline. **Viabilidade econômica da implantação de uma etapa de purificação de biogás no processo de geração de energia elétrica em um**

**abatedouro de aves.** Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Medianeira, 2013.

BRONDANI, José C. **Biodigestores e biogás: Balanço Energético, possibilidades de utilização e mitigação do efeito estufa.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

CASTANHO, Diego S.; ARRUDA Heder J. Biodigestores. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**, Ponta Grossa, 2008.

CASTRO, Antônio M. G. de. Prospecção de cadeia produtivas e gestão da informação. **Transinformação**, Campinas, v.13, n.2, p.55-72, jul.-dec. 2001.

CAVALIERO, Carla Kazue Nakao; SILVA, Ennio Peres da. Geração de energia elétrica: as novas regulamentações para as fontes renováveis alternativas. **Quarto encontro de energia no meio rural**, Campinas, An. 4, 2002.

CENTRAL DE INFORMAÇÕES DE AVES E SUÍNOS. **Mapas**, 2015. Disponível em: < <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/dados/mapa.php> > Acesso em: 16 abr. 2015.

COELHO, Suani T. *et al.* A conversão da fonte renovável biogás em energia. In: **V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**, 2006, Brasília.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A. **Contribuições referente à consulta pública nº005 /2014**, 2014. Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta\\_publica/documentos/COPEL%20DIS%20CP%20005\\_2014.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/COPEL%20DIS%20CP%20005_2014.pdf)> Acesso: 13 ago. 2105

DEUBLEIN, Dieter; STEINHAUSER, Angelika. **Biogas from waste and renewable resources: An Introduction**. 1. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.

DIACONIA. **Biodigestor: Uma tecnologia Social no PNHR**, 2105. Disponível em: < <http://www.diaconia.org.br/novosite/midia/inttv.php?id=100> > Acesso em: 31 ago. 2015.

DIAS, Alexandre C. *et al.* **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. 1. ed. Brasília: Associação Brasileira De Criadores De Suínos, 2011.

DIESEL, Roberto; MIRANDA, Cláudio R.; PERDOMO, Carlos C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **BIPERS**, Concórdia/Porto Alegre, ano 10, n.14, ago. 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**, 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: 15 de jul. 2015.

GASPAR, Rita M.B.L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Diretrizes para apresentação de projetos de sistemas de controle de poluição ambiental de empreendimentos de suinocultura**, 2003. Disponível em:  
< <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=248>> Acesso em: 31 ago. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **IEA Bioenergy Task 37: Country Reports Summary 2014**, 2015. Disponível em: <[http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014\\_Final.pdf](http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014_Final.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2015.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu e empresas parceiras se unem para criar a Abiogás**, 2013. Disponível em:  
<<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/itaipu-e-empresas-parceiras-se-unem-para-criar-abiogas>> Acesso em: 31 jul. 2015.

ITAIPU BINACIONAL. **Contribuições referente à consulta pública nº005 /2014**, 2014. Disponível em:  
<[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta\\_publica/documentos/TAIPU%20BINACIONAL%20%20ASSESSORIA%20DE%20ENERGIAS%20RENOV%C3%81VEIS%20OCP%20005\\_2014.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/TAIPU%20BINACIONAL%20%20ASSESSORIA%20DE%20ENERGIAS%20RENOV%C3%81VEIS%20OCP%20005_2014.pdf)> Acesso em: 13 ago. 2015

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo A.V. de; HIRAGASHI Martha M. **Biodigestor para o Tratamento de Dejetos de Suínos: Influência da Temperatura Ambiente**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 5p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 416).

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo A.V. de. **Uso de biodigestores para tratamento de resíduos animais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. Disponível em:

< <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/962411>> Acesso em: 13 ago. 2015.

LIMA, Rogério. **Valor dos mercados de carbono deve subir em 2014**, 2014. Disponível em:  
<<https://programacarbononeutro.wordpress.com/2014/01/20/valor-dos-mercados-de-carbono-deve-subir-15-em-2014/>> Acesso em: 20 abr. 2015.

LINDEMEYER, Ricardo M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**. Trabalho de Conclusão de Estágio (Bacharelado) – Graduação em Administração. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

MACHADO, Gleysson. **Biodigestor**, 2012. Disponível em:  
< <http://www.trsolidos.com/2012/11/biodigestor.html>> Acesso em: 10 abr. 2015.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MIELE, Marcelo; MARTINS Franco M. **Curso sobre manejo e tratamento de dejetos com biodigestores**: Avaliação econômica, 2009. Disponível em:  
< [http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=eventos&cod\\_arquivo=108](http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=eventos&cod_arquivo=108)> Acesso em: 20 abr. 2015.

MORAES, Kellen. **Resíduos Agropecuários**: passada a onda da biodigestão no Brasil, tecnologia resiste na suinocultura, 2012. Disponível em:  
<<http://www.canalrural.com.br/noticias/pecuaria/residuos-agropecuarios-passada-onda-biodigestao-brasil-tecnologia-resiste-suinocultura-38558>> Acesso em: 10 abr. 2015.

MOURA, Johnson P. **Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**. Dissertação (Mestrado não especificado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, [201?].

OLIVEIRA, Paulo A.V. de; HIRAGASHI Martha M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e aves, 2006. 42p. (Embrapa Suínos e aves. Documentos, 115).

OLIVEIRA, Paulo A.V. de. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

PALHARES Júlio C.P. Biodigestão anaeróbia de dejetos suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro. **Agrosoft Brasil**, 2008. Disponível em: < [www.agrosoft.org.br/agropag/28766.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/28766.htm)> Acesso em: 12 abr. 2015.

PECORA, Vanessa. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto residencial da USP – Estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

PELINSKI, A.; SILVA, D.R.; SHIKIDA, P.F. A dinâmica de uma pequena propriedade dentro de uma análise de *filière*. In: **XLIII Congresso da Sober**, Ribeirão Preto, 2005.

PERACI, Aldoniram S. *et al.* **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**, Brasília, 2012. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/download.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf)> Acesso em: 20 abr. 2015

RIBEIRO, S. M. F.; PELINSKI, A.; MIRANDA, G. M. Potencial de geração de energia a partir dos dejetos gerados pela suinocultura no Estado do Paraná. In: **VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**, 2012, Curitiba.

SIEMENS AG. **What's up?** Totally Integrated Automation in the Process Industry, 2010. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/biofuel-production/biogas-plants/Documents/WhatsUpBiogase.pdf>> Acesso em: 13 ago. 2015.

SILVA, Luciano F.; MACEDO, Amanda H. Um estudo exploratório sobre o crédito de carbono como forma de investimento. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Cascavel, V.8, n. 8, p. 1651-1669, set.-dez. 2012.

SIMIONI, Flávio J.; HOEFLICH, Vítor A. **Análise Diagnóstica e Prospectiva da Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa de Origem Florestal**. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 2007. 125p. (EMBRAPA FLORESTAS. Documentos, 151).

SOUTO, A. R.; RALISCH, R. Índice de qualidade ambiental suinícola (IQAS): aspectos conceituais e metodológicos e aplicação. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 441-448, 2007.

SUINOCULTURA INDUSTRIAL. **Em 15 anos, Brasil se tornou o 4º maior produtor e exportador mundial de carne suína**, 2013. Disponível em: <[http://www.suinoculturaindustrial.com.br/noticia/em-15-anos-brasil-se-tornou-o-4o-maior-produtor-e-exportador-mundial-de-carne-suina/20131011111321\\_O\\_515](http://www.suinoculturaindustrial.com.br/noticia/em-15-anos-brasil-se-tornou-o-4o-maior-produtor-e-exportador-mundial-de-carne-suina/20131011111321_O_515)> Acesso em: 16 abr. 2015.

SUZUKI, Ana B.P. *et al.* **Uso de biogás em motores de combustão interna**. Guarapuava, Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v. 4, n. 1, p. 221-237, 2011.

SZARBLEWSKI, Mateus da S.; SCHNEIDER, Rosana de C de S.; MACHADO, Enio L. Métodos para a remoção de sulfeto de hidrogênio de efluentes gasosos aplicáveis a reatores anaeróbios. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, n.1, p. 62-74, 2012.

ZANELLA, Makerli G. **Ambiente institucional e políticas públicas para o biogás proveniente da suinocultura**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Bioenergia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 2012.

## ANEXOS

### **Anexo A – Diretrizes para apresentação de projetos de sistemas de controle de poluição ambiental do Paraná**

Os Projetos de instalações destinadas ao controle de poluição ambiental em atividades de suinocultura, deverão ser apresentados para análise do **INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP**, em **02 (duas) vias** e acompanhados da respectiva **Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**, conforme dispõe a **Lei nº 6.496/77**.

Os Projetos devem apresentar dados sobre as informações cadastrais, memoriais descritivos de cálculo e desenhos.

#### **1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS**

##### **1.1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS**

Razão Social, CNPJ, endereço.

##### **1.2 FONTE ABASTECEDORA DE ÁGUA**

Relacionar todas as fontes de abastecimento de água utilizadas pelo empreendimento, tais como rios, lagoas, poços, rede pública, etc.

##### **1.3 CORPO RECEPTOR**

Vazão e parâmetros (no caso de rios) e bacia hidrográfica a que pertence.

##### **1.4 ÁREA EM HECTARES**

Área total, área construída e área livre.

##### **1.5 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO**

- Descrição do regime de criação que o empreendimento utiliza: confinamento, misto ou ar livre. Informar o sistema de criação: produtora de leitões, ciclo completo, terminação, etc.
- Quantificação do plantel por sistema de criação (produção de leitão, ciclo completo, terminação, etc.) existente e a capacidade máxima instalada.

- Indicação dos produtos usados para a alimentação dos suínos, para a desinfecção e limpeza das instalações bem como medicamentos utilizados, citando o nome do fabricante, nome comercial e formulação química e concentração, quantidades consumidas por dia, mês e ano.
- Apresentar a relação dos animais produzidos, por categoria, mensal e anualmente. Informar a empresa de integração, se for o caso.

## 1.6 AMPLIAÇÕES PREVISTAS

## 2 EFLUENTES LÍQUIDOS

### 2.1 INFORMAÇÕES SOBRE EFLUENTES LÍQUIDOS

- Descrição sucinta do sistema de captação e disposição de águas pluviais;
- Informações sobre a vazão, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários;
- Informações sobre a quantidade de efluentes líquidos provenientes da lavagem de pisos e recipientes, dos dejetos animais, etc., os quais deverão ser discriminados separadamente. Citar a vazão média diária;
- Deverão ser fornecidas informações sobre a qualidade dos efluentes líquidos, tais como: pH, DBO, DQO. Estes dados poderão ser obtidos pela análise do efluente, através de literatura ou pela análise de efluentes de atividades similares.

### 2.2 Projeto Hidráulico do Tratamento de Efluentes Líquidos

- Descrição do(s) sistema(s) de tratamento(s) adotado(s). No caso de disposição de dejetos de suínos no solo, ver item 5;
- Justificativa da escolha do(s) tipo(s) de tratamento(s) adotado(s);
- Cálculo do dimensionamento hidráulico das diversas unidades que compõem o sistema. Escolha e justificativa das vazões adotadas;
- Características prováveis dos efluentes líquidos tratados (pH, DBO, DQO, etc.).

## 3 CONTROLE DE VETORES

Detalhar medidas adotadas visando minimizar o problema.

## 4 RESÍDUOS SÓLIDOS

### 4.1 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS

Especificar qualitativa e quantitativamente os resíduos sólidos gerados pelo empreendimento, discriminando a composição, (dejetos animais quando for na forma sólida, vasilhames, embalagens, animais mortos, etc.), quantidade e forma de coleta.

### 4.2 INFORMAÇÕES SOBRE DISPOSIÇÃO FINAL

Descrever o(s) tipo(s) de disposição final de resíduos sólidos. No caso de disposição no solo, ver item 5.

#### 4.3 TRATAMENTO ADOTADO

Justificar a escolha do(s) tipo(s) de tratamento(s) adotado(s).

#### 4.4 MEMORIAL DE CÁLCULO

Apresentar o memorial de cálculo referente ao dimensionamento da solução adotada.

### 5 DISPOSIÇÃO DE DEJETOS NO SOLO

#### 5.1 USO AGRÍCOLA

Considera-se a disposição de dejetos de suínos no solo para uso agrícola quando o mesmo for aplicado em solo para fins agrícolas e florestais, como condicionador ou fertilizante, de modo a proporcionar efeitos benéficos para o solo e para as espécies nele cultivadas.

##### 5.1.1 DESCRIÇÃO GERAL DO LOCAL

Descrever as características gerais do local que contém a área destinada para a disposição do despejo denominada “área propriamente dita”.

- localização;
- clima - clima predominante na região, podendo seguir a classificação de KÖEPPEN, precipitação média dos meses de disposição do despejo no solo;
- área - a escolha da área para disposição dos dejetos de suínos deve considerar os aspectos ambientais das terras, sua classe de risco ambiental e as características físico-químicas do solo. a definição de áreas aptas deverá seguir os critérios estabelecidos no **sistema de classificação de risco ambiental das terras para uso agrônomo de dejetos de suínos**(PAULA SOUZA,M.L. , FOWLER,R.B. E BLEY JR, C.J., 2003, ANEXO 5).

##### 5.1.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

- tipo de solo;
- profundidade do lençol freático
- análise de solo – análise de rotina de fertilidade e granulometria

##### 5.1.3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DA METODOLOGIA DE DISPOSIÇÃO DE DEJETOS NO SOLO

- Técnicas ou práticas de uso, manejo e conservação do solo compatíveis com a Classificação de risco da área em questão;
- Procedimento de aplicação: Época de aplicação, forma de aplicação, culturas, frequência, técnica de aplicação;
- Taxa de aplicação.

#### 5.1.4 JUSTIFICATIVA DO SISTEMA PROPOSTO

Justificar através de dados e/ou estudos já existentes da viabilidade da utilização proposta do despejo, quanto à resposta agrônômica e o não comprometimento dos recursos hídricos e do solo.

#### 5.1.5 MONITORAMENTO

Realizar no mínimo 1 (uma) vez por ano. Através de análise do solo(rotina) antes da aplicação do resíduo

#### 5.2 INFILTRAÇÃO

Para o caso do despejo ser disposto em solo com fins não-agrícolas. Utilizar as Diretrizes do IAP de apresentação de projetos de disposição de efluentes líquidos no solo.

### 6 DESENHOS

#### 6.1 DAS INFORMAÇÕES CADASTRAIS

- planta de situação indicando a localização geográfica da propriedade;
- orientação para chegar ao local (acessos);
- localização esquemática do empreendimento em relação aos cursos d'água, indicando o ponto de lançamento dos efluentes líquidos.

#### 6.2 DOS EFLUENTES LÍQUIDOS

- planta do sistema de águas pluviais do empreendimento;
- planta do sistema de esgotamento dos efluentes líquidos (dejetos e esgoto sanitário).

#### 6.3 DO PROJETO HIDRÁULICO DO(S) SISTEMA(S) DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS

- planta geral do sistema de tratamento, mostrando a localização dos medidores de vazão;
- perfil hidráulico do sistema de tratamento;
- desenhos com dimensões e detalhamento das diversas unidades do sistema de tratamento, inclusive medidor de vazão;
- planta mostrando o destino final dos resíduos tratados.

#### 6.4 DO PROJETO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Desenhos com dimensões e detalhamento dos diversos sistemas adotados.

## **7 OBSERVAÇÕES**

- Descrever as instruções e recomendações para operação do sistema de tratamento;
- Cronograma provável de execução das obras.