

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

RICARDO MATSUKURA LINDEMAYER

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO USO DO BIOGÁS
COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA**

FLORIANÓPOLIS

2008

RICARDO MATSUKURA LINDEMEYER

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO USO DO BIOGÁS
COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Estágio apresentada à disciplina de Estágio Supervisionado – CAD 5236, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina.

Professor Orientador: Rolf Hermann Erdmann, Dr.

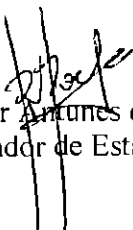
FLORIANÓPOLIS

2008

RICARDO MATSUKURA LINDEMEYER

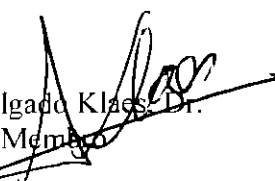
**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO USO DO BIOGÁS
COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA**


Este Trabalho de Conclusão de Estágio foi julgado adequado e aprovado em sua forma final pela Coordenadoria de Estágios do Departamento de Ciências da Administração da Universidade Federal de Santa Catarina.


Prof. Rudimar Antunes da Rocha
Coordenador de Estágios

Apresentado à Banca Examinadora integrada pelos professores:


Rolf Hermann Erdmann, Dr.
Orientador


Luiz Salgado Klasc, Dr.
Membro


Pedro Carlos Schenini
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, dedico este trabalho à minha família, especialmente meus pais, mãe, Fê, vô Chico, vó Rosinha, tio Naco e tia Kaori, que realmente são parte fundamental da minha vida, sem seu apoio e carinho, a realização deste trabalho, que é a conclusão de uma fase, não teria sido possível.

Agradeço aos colegas de faculdade, em especial aos amigos Edinei Tavares e Felipe Decezaro, exemplos de determinação e perseverança. Por suas amizades e apoio nos altos e baixos enfrentados durante o curso, além do companheirismo e fundamental contribuição nos trabalhos acadêmicos.

Ao meu orientador Prof. Rolf Erdmann, que nunca colocou obstáculos às minhas opiniões, sempre esteve disponível para guiar meu raciocínio, me motivar a prosseguir, e por me ensinar o real significado da palavra “orientar”.

A Universidade Federal de Santa Catarina, que ofereceu todas as condições para a minha formação profissional, acadêmica e pessoal.

Aos meus amigos de longa data Camila e Gustavo, que durante esta jornada estiveram ao meu lado, e a despeito da distância, sempre estiveram presentes.

Aos amigos Gabriel, Manfred e Rodrigo pelo companheirismo, apoio e acima de tudo amizade presente durante todo esse período de formação acadêmica.

Aos colegas de trabalho, em especial meus mentores Waldir Assis Kretzer Filho e Marcos de Lara Nunes, que durante todo o curso me apoiaram, tiveram paciência e compreensão, além dos valiosos ensinamentos.

E a todos que direta e indiretamente auxiliaram na construção desse projeto que além de contribuir para a formação acadêmica, contribuí para a consecução de um objetivo pessoal deste autor: fazer a diferença.

Pouco conhecimento faz com que as criaturas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias a baixam para a terra, sua mãe.

Leonardo da Vinci

RESUMO

LINDEMEYER, Ricardo Matsukura. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica.** 2008. 105 folhas. Trabalho de Conclusão de Estágio (Graduação em Administração). Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

O presente trabalho tem por finalidade o desenvolvimento de uma análise de viabilidade econômica e financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica. Seus objetivos específicos consistem em caracterizar uma unidade geradora à base de biogás, realizar levantamento de necessidade de investimento em equipamento de um biodigestor em unidades produtora de suínos e avaliar o retorno econômico-financeiro da geração elétrica a base de biogás em propriedades de suínos. A pesquisa foi caracterizada como qualitativa apoiada em dados de custos e alguns cálculos econômicos. É uma pesquisa exploratória e, posteriormente, descritiva. Para realização do estudo foram realizados levantamentos bibliográficos e visitas a duas unidades criadoras de suínos que utilizam o biogás como fonte de eletricidade, sendo que uma delas serviu de base para os cálculos apresentados. A coleta de dados deu-se por observação direta e entrevista semi-estruturada. Descreveu-se a Granja Suruvi (referência par os cálculos), localizada em Concórdia – SC, fez-se o levantamento dos investimentos e a avaliação econômico-financeira do projeto. Verificou-se que a geração distribuída baseada no biogás é economicamente e financeiramente viável. Os benefícios do biogás associados à estrutura e a conjuntura favorável à inserção da bioeletricidade no setor elétrico brasileiro (SEB) abrem uma janela de oportunidade para a inserção da bioenergia em maior escala na matriz elétrica brasileira. Porém, uma série de entraves à promoção do biogás precisam ser solucionados, entre os quais, a instabilidade regulatória, a indefinição tributária no mercado de carbono e falta de estrutura de apoio aos suinocultores.

Palavras-chave: biogás, energia elétrica, suinocultura.

ABSTRACT

LINDEMEYER, Ricardo Matsukura. **Analysis of economic viability-financing of the use of biogas as a source of electric power**. 2008. 105 pages. End of Term Workpaper (Bachelor of Management). Management School, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil, 2008.

This paper aims at the development of an analysis of economic and financial viability of the use of biogas as a source of electrical energy. Its specific objectives are to characterize a generating unit based on biogas, conducting a survey of need for investment in equipment in a biodigester units producing pigs and evaluate the economic and financial return of electrical generation of biogas in the basic properties of pigs. The research was described as qualitative data based on costs and economic calculations. It is an exploratory research and, subsequently, descriptive. For the study were conducted surveys bibliographic and visits to two generating units pigs using the biogas as a source of electricity, of which one of them served as the basis for the figures. The data collection took place by direct observation and semi-structured interview. Then the Granja Suruvi was described (reference alongside the calculations), located in Concordia - SC, was the lifting of investment and economic-financial evaluation of the project. It was found that distributed generation based on biogas is economically and financially viable. The benefits of biogas associated with the favorable structure and the insertion of bioelectric the Brazilian Energy Sector (BES) opens a window of opportunity for the insertion of bioenergy on a larger scale in the brazilian electric matrix. However, a number of obstacles to the promotion of biogas need to be solved, including the regulatory instability, the lack of carbon tax on the market and lack of structure to support pig farmers.

Key words: biogas, electricity, swine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do uso da energia.....	21
Figura 2: Fluxograma das aplicações da energia solar	27
Figura 3: Diagrama dos processos de conversão energética da biomassa.....	29
Figura 4: Seção esquemática de um biodigestor.....	39
Figura 5: Biodigestor modelo Marinha ou Canadense.....	40
Figura 6: Biodigestor chinês.....	41
Figura 7: Biodigestor indiano.....	43
Figura 8: Ciclo de aprovação de um projeto de MDL.....	46
Figura 9: Exemplo de esterqueira.....	63
Figura 10: Organograma do projeto ACCS Sustentabilidade.....	64
Figura 11: Instalações da cria evidenciando a lâmina d'água.....	66
Figura 12: Galpão de criação de suínos.....	67
Figura 13: Croqui do galpão de criação com detalhes da instalação.....	67
Figura 14: Tanque de homogeneização	67
Figura 15: Bomba do tanque de homogeneização	68
Figura 16: Biodigestor da Granja Suruvi.....	68
Figura 17: Compressor para movimentação do biogás.....	70
Figura 18: Lagoa de decantação da Granja Suruvi.....	71
Figura 19: Válvula de saída do biogás.....	71
Figura 20: Filtro de limpeza do biogás.....	72
Figura 21: Balão de biogás.....	72
Figura 22: Exemplar similar ao motor gerador de 50 kVA instalado na Granja.....	73
Figura 23: Vista da fábrica de rações	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição do biogás.....	30
Quadro 2: Equivalentes energéticos por metro cúbico	35
Quadro 3: Dados da produção de suínos no Estado de Santa Catarina.....	52
Quadro 4: Condições do biodigestor da Granja Suruvi.....	69
Quadro 5: Quadro de carga da fábrica de rações.....	73
Quadro 6: Potencial de geração de eletricidade.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Investimentos em equipamentos para produção de eletricidade.....	78
Tabela 2: Receitas provenientes da geração de eletricidade.....	79
Tabela 3: Consumo de energia elétrica	79
Tabela 4: Receitas provenientes de créditos de carbono.....	80
Tabela 5: Custos fixos.....	81
Tabela 6: Custos variáveis.....	81
Tabela 7: Valores da depreciação.....	82
Tabela 8: Fluxo de Caixa – Ano 0 ao Ano 05.....	84
Tabela 9: Fluxo de Caixa – Ano 06 ao Ano 10.....	85
Tabela 10: Fluxo de Caixa – Ano 11 ao Ano 15.....	86
Tabela 11: Fluxo de caixa descontado.....	87
Tabela 12: <i>Payback</i> calculado.....	88
Tabela 13: Receita adicional com venda de eletricidade.....	91
Tabela 14: Receita adicional provenientes de créditos de carbono.....	91
Tabela 15: Fluxo de Caixa do cenário – Ano 0 ao Ano 5.....	92
Tabela 16: Fluxo de Caixa do cenário – Ano 6 ao Ano 10.....	93
Tabela 17: Fluxo de Caixa do cenário – Ano 11 ao Ano 15.....	94

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ACCS – Associação Catarinense de Criadores de Suínos
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BACEN – Banco Central do Brasil
BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
CC – Ciclo Completo
CH₄ – Metano
CO₂ – Gás Carbônico
COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
GD – Geração Distribuída
GEE – Gases do Efeito de Estufa
IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina
IR – Imposto de Renda
H - Hidrogênio
H₂S – Gás Sulfídrico
kW – Kilowatt
kW/h – Kilowatt/ hora
MBRE - Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
M³ - Metros Cúbicos
MS – Matéria Seca
MW – Megawatt
N – Nitrogênio
PIB – Produto Interno Bruto
PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCE - Reduções Certificadas de Emissões

RFB – Receita Federal do Brasil

SIN - Sistema Interligado Nacional

ST – Sólidos Totais

SV – Sólidos Voláteis

TIR – Taxa Interna de Retorno

TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

UCT - Unidade de Crescimento e Terminação

UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

UPL - Unidade de Produção de Leitões

VPL – Valor Presente Líquido

VR – Valor de Referência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Justificativa	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Energia.....	20
2.2 Fontes alternativas de energia elétrica	22
2.2.1 Energia eólica.....	23
2.2.2 Energia solar	26
2.2.3 Energia de biomassa	28
2.2.3.1 Biogás	30
2.3 Biodigestor.....	36
2.3.1 Conceito.....	38
2.3.2 Tipos de biodigestores.....	40
2.3.2.1 Modelo da marinha.....	40
2.3.2.2. Modelo chinês	41
2.3.2.3 Modelo indiano	42
2.4 Biofertilizante	43
2.5 Mercado de carbono	44
2.6. Geração Distribuída.....	47
2.7 Suinocultura	49
2.7.1 Suinocultura em Santa Catarina.....	51
3 MÉTODO	54
3.1 Tipo de pesquisa	54
3.2 População.....	54
3.3 Coleta de dados.....	55
3.4 Análise dos dados.....	56
3.5 Viabilidade Econômica	56
3.5.1 Método do Valor Presente Líquido (VPL)	57
3.5.2 Método da Taxa Interna de Retorno (TIR).....	58
3.5.3 Método do Payback (PB).....	59
3.6 Limitação da pesquisa	60
4 ANÁLISE	61
4.1 Concórdia.....	61
4.2 Caracterização da Granja Suruvi	62
4.2.1 Projeto ACCS de Sustentabilidade.....	63
4.2.2 Funcionamento do sistema de geração de eletricidade	66

4.3 Resultados econômico-financeiros da geração de eletricidade a base de biogás	74
4.3.1 Produção de biogás.....	75
4.3.2 Necessidade de investimento	77
4.3.3 Receitas.....	78
4.3.4 Custos anuais com operação e manutenção	80
4.3.5 Financiamentos	82
4.3.6 Depreciação	82
4.3.7 Tributação	83
4.3.8 Retorno econômico-financeiro.....	83
4.3.9 Análise do retorno econômico-financeiro	88
4.3.10 Cenário alternativo	90
4.4 Discussão	95
5 CONCLUSÃO.....	98
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXO	104
ANEXO A - Entrevista semi estruturada Granja Suruvi	104

1 INTRODUÇÃO

Para as próximas décadas as perspectivas da economia mundial são de crise na área da energia. Crise identificada pelo descompasso entre o crescimento da demanda e a incapacidade da oferta acompanhar o ritmo de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, em especial do petróleo que é a base da matriz energética. O resultado mais imediato e visível desta crise é a volatilidade e recordes no preço do barril do petróleo. Os países buscam alternativas para blindar suas economias das incertezas geradas pela crise energética, tais como, estímulo às fontes alternativas – biomassa, eólica, solar, retorno da energia nuclear, gás natural e eficiência energética (CASTRO, 2008).

Com a elevação de preços das fontes convencionais de energia aliada a crescente preocupação a respeito do futuro da oferta de energia, a segurança energética ganhou posição de destaque no debate político ao redor do planeta, inclusive no Brasil. Reconhecido mundialmente por suas fontes de energia de qualidade, leia-se renováveis, o país é o centro das atenções mundiais devido ao seu êxito em biocombustíveis, considerados menos poluentes.

O aspecto financeiro é freqüentemente citado como a principal motivação para a adoção de novas fontes de energia. Afinal, estudos recentes apontam que mais de 100 bilhões de dólares são gastos em importações de petróleo pelos países em desenvolvimento. Em termos práticos, este montante representa mais que total dispendido pelos países ricos em programas de ajuda humanitária (SCHEER, 1995).

Hoje, além do aspecto econômico, a preocupação ambiental e social tem relevância, visto que a globalização gerou efeitos, no mínimo, controversos, pois ao mesmo tempo em que há um acelerado crescimento econômico mundial, aliado a uma interdependência entre os mercados, os frutos desse progresso não são usufruídos pela grande maioria da população (ABREU, 2001). A pobreza ainda persiste e como se não bastasse, os anos de desrespeito ao meio ambiente começam a apresentar seus custos, através da perda de biodiversidade e aumento do aquecimento global.

A emergência do tema ambiental também é um ponto central na questão energética. A partir da crise do petróleo da década de setenta e das principais conferências sobre meio ambiente, como a de 1972 realizada em Estocolmo, a de 1992 no Brasil e a de Quioto, realizada em 1997, iniciou-se uma mudança de comportamento em relação ao consumo e utilização da energia. Tal processo de mudança levou à busca do desenvolvimento de critérios para substituir principalmente o petróleo e as outras fontes de energia fósseis e a promover o

uso das energias alternativas renováveis e a eficiência energética (ABREU, 2001).

O aquecimento global provocado pelo aumento na concentração atmosférica dos gases de efeito estufa decorrente das atividades humanas é outro importante desafio para o setor energético. Por ser o maior emissor de gases na atmosfera, ele deve ser alvo de políticas efetivas visando à mitigação dos impactos provocados pelas mudanças climáticas (WWF-BRASIL, 2006).

Tolmasquim (2003) afirma que a utilização dos recursos energéticos renováveis constitui uma das ações mais importantes no contexto de mudanças climáticas, na medida em que reduz as emissões dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE). Tais emissões contribuem para o aquecimento global do planeta, que por sua vez traz consequências ambientais negativas. Além disso, as fontes alternativas de energia contribuem sobremaneira para a minimização de impactos sócio-ambientais negativos associados à poluição local do ar, do solo e dos recursos hídricos, em comparação com o uso de combustíveis fósseis.

Em suma, atualmente os formuladores de política energética se deparam atualmente com um desafio: garantir a segurança do suprimento energético a preços competitivos sujeitos às restrições impostas pela necessidade de se mitigar os impactos ambientais. A maior utilização de fontes renováveis de energia e o aumento da eficiência energética são os dois instrumentos existentes para atenuação deste conflito (CASTRO; DANTAS, 2008).

Segundo dados divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2007), o Brasil apresenta uma matriz energética aparentemente equilibrada, as fontes renováveis representam 46% do total energético, bem acima da média mundial que é de 14%. Porém, uma análise mais profunda aponta a predominância de grandes usinas hidrelétricas neste montante, e uma tímida participação de fontes alternativas (eólica, solar, pequenas centrais hidrelétricas).

O estudo “Agenda Elétrica Sustentável 2020” (WWF-Brasil, 2006), demonstra o potencial de aumento da eficiência do setor elétrico e a possibilidade de dobrar a participação de fontes renováveis (biomassa, energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e solar térmica e fotovoltaica), em relação ao cenário apontado pela EPE, reduzindo os gastos energéticos em até 38% das necessidades de eletricidade em 2020. Isso é possível por meio de uma combinação de esforços para reduzir o consumo e promover o uso racional de eletricidade e pela introdução mais expressiva de fontes renováveis em substituição a fontes fósseis para a geração de eletricidade.

A diversidade de tecnologias em energia renovável a torna conveniente para prover potência para redes elétricas existentes e produzir energia para sistemas isolados ou junto à

unidade consumidora, modalidade conhecida como geração distribuída. De acordo com Castro e Dantas (2008), a indústria de energia elétrica vem passando por uma mudança de paradigma tecnológico com a redução da importância da escala na geração térmica e a gradativa substituição da geração centralizada pela geração distribuída.

As tecnologias a base de fontes renováveis são atrativas não só devido às vantagens ambientais, mas também sociais. A possibilidade de criação de fontes de suprimento descentralizadas e em pequena escala é fundamental para o desenvolvimento sustentável, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. No interesse desses últimos, sobressaem as centrais que utilizam fontes renováveis e não requerem alta tecnologia para instalação ou técnicos especializados para sua operação (SOUZA; PEREIRA; PAVAN, 2004).

Santa Catarina por ser o maior produtor de suínos do Brasil, com 5,5 milhões de cabeças, apresenta um grande potencial para o uso de biomassa como fonte de energia. Estima-se que a população suína produza diariamente um volume de aproximadamente 40 mil m³ de dejetos, grande parte deles lançada no meio ambiente, sem nenhuma espécie de tratamento prévio e provocando a poluição das águas, solo e ar (MIRANDA, 2005).

A suinocultura, que até pouco tempo atrás era considerada como exemplo de uma atividade bem sucedida, em virtude de sua grande capacidade de gerar renda para os agricultores, especialmente para os pequenos, passou, mais recentemente, a ser considerada como a principal atividade degradadora do meio ambiente rural do Estado de Santa Catarina (FRANCO; TAGLIARI, 1994).

Neste contexto, o aproveitamento destes resíduos altamente poluentes como fonte de energia elétrica, através do biogás, pode ser atraente. Além dos benefícios ambientais, através do aproveitamento de dejetos que hoje são lançados no ambiente, o uso do biogás gera dividendos econômicos como redução de custos com energia elétrica e fonte de receitas extras com a venda de créditos de carbono. A energia é um dos componentes mais importantes do custo final de produção da suinocultura, em que pequenas oscilações nos seus custos podem reduzir drasticamente a competitividade.

Produzir suínos com uma energia nobre, gerada por uma hidrelétrica ou uma termelétrica e levada aos consumidores pelos sistemas de transmissão e distribuição, é um processo ineficiente do ponto de vista energético. Muito mais racional é aproveitar esses dejetos para tornar essas unidades auto-suficientes em termos de eletricidade, reduzindo os custos de produção durante o horário de ponta, em que o consumidor industrial é penalizado com tarifas muito mais caras (BLEY JR; BRUNS, 2008).

Diante deste cenário, surge o problema de pesquisa: **do ponto de vista econômico e financeiro, é viável o uso de biogás como fonte de energia elétrica na suinocultura catarinense?**

1.1 Objetivos

Após o estabelecimento do problema de pesquisa, é possível consolidar o objetivo do estudo, a seguir:

Analisar a viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica no setor de suinocultura catarinense.

O objetivo geral pode ser desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar uma unidade geradora à base de biogás;
- b) Realizar levantamento de necessidade de investimento em equipamento de um biodigestor em unidades produtora de suínos; e,
- c) Avaliar o retorno econômico-financeiro da geração elétrica a base de biogás em propriedades de suínos.

1.2 Justificativa

O estudo é relevante para o pesquisador devido à integração entre o embasamento teórico adquirido em sala de aula, sobre um tema instigante e de suma importância para as estratégias de desenvolvimento do Estado. O ambiente acadêmico é pródigo em oferecer condições para a formulação de propostas inovadoras, que muitas vezes saem do plano das idéias e proporcionam projetos com resultados tangíveis, com benefícios para a sociedade.

Para o Estado de Santa Catarina, o estudo fornecerá um importante subsídio para a tomada de decisões, pois o presente estudo é caracterizado por um teor técnico e abordagem imparcial sobre um tema de grande relevância para a economia estadual.

Em termos de retorno para a sociedade, considerando o caráter público das propostas apresentadas neste trabalho, esta interação teoria-prática é salutar, pois permite a aplicação prática de um conhecimento subsidiado pela sociedade e cujo fruto poderá ser desfrutado na forma do aprimoramento das políticas de desenvolvimento, visando a sustentabilidade.

Existe uma ampla variedade e quantidade de estudos sobre os problemas ocasionados pelos resíduos da suinocultura, onde os aspectos técnicos e ambientais são analisados com maior profundidade. Porém, o estudo da contribuição econômica que o uso de biogás pode oferecer aos produtores catarinenses de suínos ainda é incipiente. Portanto, a originalidade está presente na realização de um trabalho inédito acerca a viabilidade econômico e financeira do emprego do biogás como insumo para a produção de energia elétrica visando o abastecimento do setor da suinocultura catarinense.

Outro motivador para a escolha da energia elétrica como objeto de pesquisa, é a crença do pesquisador, embasado por pesquisadores como Bley Jr e Bruns (2008), que a energia elétrica possui um alto valor agregado e que por isso oferece uma boa justificativa para o investimento em aproveitamento do biogás como fonte de eletricidade. Experiências anteriores com o biogás focaram o aproveitamento do biogás somente como fonte de energia térmica, para aquecimento de instalações, o que consiste em um subaproveitamento econômico do investimento, ou seja, o investimento não compensa. Com isso o produto perde a oportunidade de gerar uma energia nobre, que tem importante participação na sua cadeia de custos, e o ambiente acaba recebendo uma carga de poluentes.

A viabilidade se materializa através da grande oferta de material científico sobre o tema, além do fato do autor ser funcionário de uma empresa distribuidora de energia, o que proporciona acesso à conteúdo de qualidade. Florianópolis é sede de três grandes empresas do setor energético – CELESC, Eletrosul e Tractebel, e do Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL), além de possuir uma unidade do Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), instituição pública de fomento. A administração pública estadual através de trabalhos realizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI), também é uma fonte importante de informações. Aliado a estes fatos, as organizações citadas adotam uma postura que visa proporcionar condições para a realização de estudos e pesquisas, pois adotam políticas de pesquisa e desenvolvimento que avaliam como positivos os retornos proporcionados pelos trabalhos acadêmicos.

Por fim, enfatiza-se que o presente estudo reforçará a constatação que o biogás deve ser alvo de esforços visando a ampliação de sua participação na matriz energética brasileira. Tal incremento não será baseado em apenas nos benefícios econômicos, e sim na constatação que tais fontes são o caminho viável para a criação de um modelo de desenvolvimento equânime e integrador, que tem como base a existência de uma justa distribuição dos benefícios do crescimento econômico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos de energia, fontes alternativas de geração energética e geração distribuída baseados na revisão de literatura do assunto. Para proporcionar maior clareza e riqueza ao tema apresenta-se também o mecanismo de obtenção de biogás para geração de energia elétrica.

2.1 Energia

Com base na obra de Goldemberg (1998), é possível constatar que a evolução da humanidade, desde o homem primitivo até a sociedade contemporânea está intimamente ligada ao consumo de energia. Mas, o que vem a ser energia? O objetivo deste item é apresentar os conceitos que permeiam o tema energia, a fim de proporcionar as bases para o desenvolvimento do trabalho.

Em sua obra *Metafísica*, Aristóteles já identificava a palavra energia como sendo uma realidade em movimento. Numa conceituação mais moderna, energia pode ser definida, utilizando-se uma conceituação bastante difundida, como “a medida da capacidade de efetuar trabalho” (MOREIRA SANTOS et al, 2001).

Este conceito pode ser utilizado para se definir alguns tipos de energia, como a elétrica ou a mecânica. Neste sentido, a energia pode apresentar-se fisicamente de diversas formas: energias nuclear e atômica, química, térmica, mecânica, magnética e, de maior relevância para este estudo, energia elétrica.

Moreira Santos et al (2001) diz que a energia elétrica é caracterizada pela circulação de cargas elétricas através de um campo de potencial elétrico, sendo definida assim pelo produto entre a potência elétrica e o tempo durante o qual esta potência se desenvolve.

A energia elétrica é uma forma secundária de energia, tornando-se energia útil quando transformada em calor, luz ou movimento. A seguir são apresentados os conceitos de energia primária, secundária e energia útil, ou energia terciária.

A energia primária apresenta-se, na natureza, numa forma ainda bruta e deve ser captada e adaptada para permitir o seu aproveitamento útil, podendo ser usada diretamente ou convertida em outra forma energética antes de uso. Este tipo de energia pode ser dividido, segundo Poole et al (1998) em formas não renováveis, representadas pelo carvão, petróleo e gás natural, e formas renováveis, manifestações diretas ou indiretas da energia que chega do sol, quedas d'água, ventos, marés, biomassas. Atualmente, 80% da energia primária do

mundo é baseada no combustível fóssil, apesar do elevado nível de investimento em outras fontes de energia (PRO-COBRE, 2008). Quando transformada em outras formas de energia, dá-se origem a uma energia secundária.

O Balanço Energético Nacional (EPE, 2006) afirma que a energia secundária corresponde à energia resultante de processos de conversão, que têm como destino os diversos setores de consumo ou ainda de outro centro de transformação. São exemplos de energia secundária: eletricidade, combustíveis derivados do petróleo (gasolina, querosene, óleo diesel), álcool, carvão vegetal, dentre outros. A eletricidade corresponde de 15% a 20% da energia usada, mas aproximadamente 40% a 45% da energia primária consumida. Esta diferença é devido à eficiência da conversão da energia primária em eletricidade (PRO-COBRE, 2008).

A energia útil, algumas vezes chamada de energia terciária, é a última forma energética e corresponde àquela forma efetivamente demandada pelo usuário (MOREIRA SANTOS et al, 2001). Trata-se da transformação de fontes de energia primária ou secundária em calor, movimento e/ou luz. Esta forma de energia representa o sistema de uso final e inclui equipamentos como automóveis, aquecedores, lâmpadas, equipamentos industriais, etc. A figura 1 apresenta um esquema sobre os processos de conversão de energia:

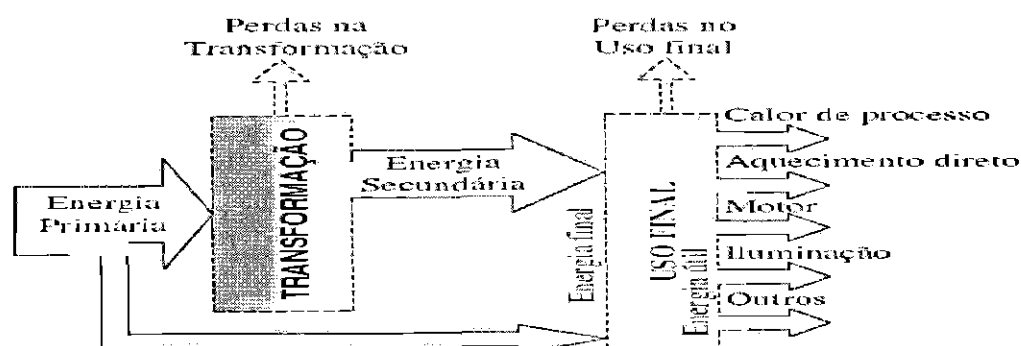


Figura 1: Estrutura do uso da energia
Fonte: Abreu, 2003.

No próximo tópico, serão apresentadas as principais fontes de geração de energia elétrica, que são classificadas conforme a intensidade de uso: as denominadas convencionais, devido a sua ampla disseminação, e as alternativas, cujo emprego é alvo de muitas controvérsias, principalmente no que tange a viabilidade econômica do uso em larga escala.

2.2 Fontes alternativas de energia elétrica

É do conhecimento do público em geral que o fator energético é muito importante para alavancar o desenvolvimento de uma sociedade. Sabe-se também que há uma crescente vulnerabilidade dos atuais mecanismos de suprimento de energia, face à dependência de recursos não renováveis como carvão, petróleo e outros, cujo esgotamento das reservas naturais provocaria um colapso na sociedade atual. É neste contexto que as fontes alternativas (eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidroelétricas) podem contribuir para a instauração de um modelo energético que atenda as premissas da sustentabilidade.

Com base nesta realidade, nota-se uma grande procura por formas alternativas de geração e de aproveitamento energético, que é motivada pela viabilização de novas tecnologias e também pela redução do impacto no meio ambiente, e vêm não apenas para substituir e sim para somar esforços no sentido de racionalizar o uso do potencial energético disponível.

Corroborando tal posicionamento, Silva (2006) afirma que o atual cenário mundial, marcado por uma extrema dependência da produção e uso de energia de origem fóssil, e de empreendimentos ligados à cadeia energética que imputam elevados impactos ao ambiente natural, tem levado a sociedade a redescobrir os fluxos energéticos com base nos recursos naturais renováveis e nos processos de produção em escalas harmonizadas com a vida humana e capacidade de suporte dos ecossistemas. Retrato desta postura é o vertiginoso crescimento anual de 30% em investimentos em energia eólica.

O crescimento e modernização das atividades agrícola e industrial, somado ao crescimento populacional, demandam um volume cada vez maior da capacidade de geração de energia elétrica. A exaustão dos recursos naturais e a crescente agressão ao meio ambiente para suprir tal demanda vêm sendo apontados como um fator importante de desequilíbrio ao ecossistema. Neste contexto, as formas alternativas de produção e aproveitamento de energia limpa têm-se mostrado adequadas para agregar ao modelo energético em vigor (FARIA JR, PASCHOARELLI JR; SEIXAS, 2005)

Silva (2006) afirma que o Brasil é reconhecidamente um país com um elevado potencial de aproveitamento das fontes renováveis de energia. Dessa forma, estas fontes de energia presentes em abundância nas reservas nacionais revelam-se como uma comprovada alternativa de complementaridade aos aproveitamentos hídricos. As tecnologias renováveis revestem-se também de uma atratividade adicional no que concerne ao planejamento da expansão do setor pautado na preservação do caráter limpo da matriz energética nacional,

bem como a sua sustentabilidade. Dados da EPE (2006) informam que atualmente 46% da matriz energética brasileira é constituída por fontes renováveis. Neste cenário é possível vislumbrar, no futuro, a procura da auto-suficiência energética do país, orientada na manutenção do caráter limpo de sua matriz energética.

Em consonância com Silva, Tolmasquim (2003) expõe que dentre as novas tecnologias renováveis, se faz necessário registrar os avanços tecnológicos obtidos em nível internacional da energia solar térmica, solar fotovoltaica, os aproveitamentos eólicos para geração de eletricidade, os aproveitamentos dos resíduos sólidos para geração de eletricidade, os biocombustíveis, entre outros. O atual estágio de desenvolvimento das técnicas de produção alternativa de energia, baseada em recursos renováveis, viabilizará o estabelecimento de sistemas energéticos múltiplos e flexíveis que aproveitem de forma integral e coordenada às diversas fontes energéticas e tecnologias disponíveis em cada país ou região. Assim, dentro de certos parâmetros, poderá contribuir para minimizar os impactos sobre o meio ambiente advindos da geração e distribuição de energia.

No que diz respeito à quantidade de energia produzida, existem duas formas de produção de energia a partir de fontes alternativas. Grandes blocos de energia podem ser gerados de modo a substituir as usinas que atualmente alimentam os sistemas elétricos. Cria-se, desta forma, os sítios eólicos e solares (da ordem de dezenas de MW), cujas características de operação se aproximam das gerações convencionais, no que se refere ao despacho e utilização de energia. Alternativamente, pequenos módulos geradores podem ser utilizados para suprir de maneira localizada as cargas ou grupo de cargas que compõe um sistema reduzido. Esta geração distribuída (da ordem de dezenas ou centenas de kW) caracteriza-se pela operação independente em relação ao sistema elétrico principal e é tipicamente utilizada em sistemas rurais ou mesmo em sistemas que atendem a comunidades isoladas (FARIA JR, PASCHOARELLI JR; SEIXAS, 2005).

Os tópicos a seguir apresentam de maneira sucinta as características básicas de todas as fontes alternativas - eólica, solar, biomassa - e permite visualizar o potencial do aumento de sua participação na matriz energética nacional.

2.2.1 Energia eólica

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2007), denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia

cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

O aproveitamento eólico para produção de energia mecânica ou eletricidade é obtido através da captura de parte da energia cinética presente no vento, sendo este, por sua vez, resultado do deslocamento das massas de ar devido às diferentes camadas de temperatura presentes na atmosfera e das desigualdades de conformação existentes na superfície da terra. Os diferentes níveis de pressão que se registram em diversas regiões do planeta resultam também das diferenças de temperaturas nestas regiões. Devido às diferentes pressões o ar flui das regiões de altas pressões para as de baixas (VAROL *apud* SILVA, 2006).

Atualmente, fatores como o alto custo de geração das hidroelétricas e termoelétricas, o atendimento de cargas remotas, em que a rede de transmissão é antieconômica, impulsionam fortemente, nos dias de hoje, projetos e estudos sobre a utilização de energia eólica (FARRET, 1999).

Recentes desenvolvimentos tecnológicos (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas etc.) têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. O custo dos equipamentos, que era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas (ANEEL, 2007).

Face às crescentes quedas nos seus custos de instalação, operação e manutenção, bem como pela existência de um grande potencial eólico a ser explorado em diversas regiões do planeta, a tecnologia eólio-elétrica encontra-se na fronteira de ser considerada economicamente viável em termo competitivo com as fontes convencionais de geração elétrica.

A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda. As pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes da rede, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com importantes ganhos: contribuindo para a redução da emissão, pelas usinas térmicas, de poluentes atmosféricos; diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios; e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica, à luz da complementaridade citada anteriormente (ANEEL, 2007).

No ano passado, os investimentos globais em renováveis (eólica, solar, biomassa e hidrelétrica de pequeno porte) somaram US\$ 70 bilhões, sendo que a energia dos ventos foi a

principal, com cerca de US\$ 25 bilhões, o que permitiu um crescimento de 31% sobre a capacidade instalada mundial, hoje de mais de 90 gigawatts. Entre os países que mais se destacam nesse campo está a Alemanha, que tem um parque instalado de 22,5 gigawatts (ITAIPU, 2008).

Segundo a ANEEL (2007), o Brasil apresenta um potencial de geração de 85 gigawatts de energia eólica, quase toda a sua capacidade instalada atual, cujas fontes somadas totalizam 100 gigawatts. Em particular nas regiões de grande potencial eólico, como no Nordeste e no litoral das Regiões Sul e Sudeste, essa energia poderia ser até utilizada como a única forma de aproveitamento alternativo.

Simioni (2006) afirma que a maior vantagem da energia eólica é o seu menor custo socioambiental. Acarreta em poucos impactos, pois não emite gases poluentes, a não ser indiretamente, na produção de equipamentos e materiais. Assim, contribui para a redução de emissões da geração de energia elétrica. Estima-se que a cada 10 MW de energia eólica, produzida com a tecnologia já disponível, mais de 20 mil toneladas de carbono por ano deixam de ser emitidos.

Ainda de acordo com o autor, outra importante vantagem é o uso em conjunto com a agropecuária, não precisando, necessariamente, desapropriar os proprietários de uma área com parque eólico. Além disso, pode ser uma fonte adicional de ganhos ao agricultor, através dos recebimentos de *royalties*. Além disso, este fator poderia significar, futuramente uma valorização das terras onde há tal potencial eólico.

Entre os principais impactos negativos das usinas eólicas destacam-se os sonoros e os visuais. Os impactos sonoros são devidos ao ruído dos rotores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos. A fim de evitar transtornos à população vizinha, o nível de ruído das turbinas deve atender às normas e padrões estabelecidos pela legislação vigente. Já os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas (ANEEL, 2007).

Quanto ao tratamento dos impactos negativos, estes empreendimentos tendem a atrair turistas, gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional sustentado.

Com base nestas colocações, é possível afirmar que a energia eólica apresenta possibilidades promissoras no que tange ao seu aproveitamento comercial em larga escala. Tal posição é decorrente da interpretação que os custos sócio-ambientais são muito menores quando comparados com as fontes convencionais, além de serem mais facilmente

gerenciáveis. Além disso, os fatores técnicos podem ser minorados através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e escolha adequada dos sítios. Quanto ao fator econômico, estes já demonstraram ser competitivos.

2.2.2 Energia solar

A energia solar é a energia eletromagnética proveniente do sol, onde é produzida através de reações nucleares, e que, propagando-se através do espaço, incide sobre a superfície da Terra.

O Sol é uma fonte perene, gratuita e não poluente de energia e responsável por todas as formas de vida na Terra. Quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (FARRET, 1999).

Com base em Simioni (2006), há três formas de uso de energia solar. O uso direto, vinculado, principalmente ao uso doméstico, como aquecimento de piscinas, caixas d'água, luminosidade (arquitetura solar) – esta é denominada energia solar passiva. E a energia solar ativa. Neste caso, pode ser térmica (ou heliotérmica) onde, de forma direta aquece a água, gerando vapor que, por sua vez, movimentará geradores. E a fotovoltaica, onde se produz eletricidade a partir de placas coletoras, eletricidade que pode ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias.

Baptista (2006) expõe a mesma classificação de uso da radiação solar, sendo esta utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica e/ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico. A figura 2 apresenta as duas formas de aproveitamento da energia solar, isto é, a passiva e a ativa:

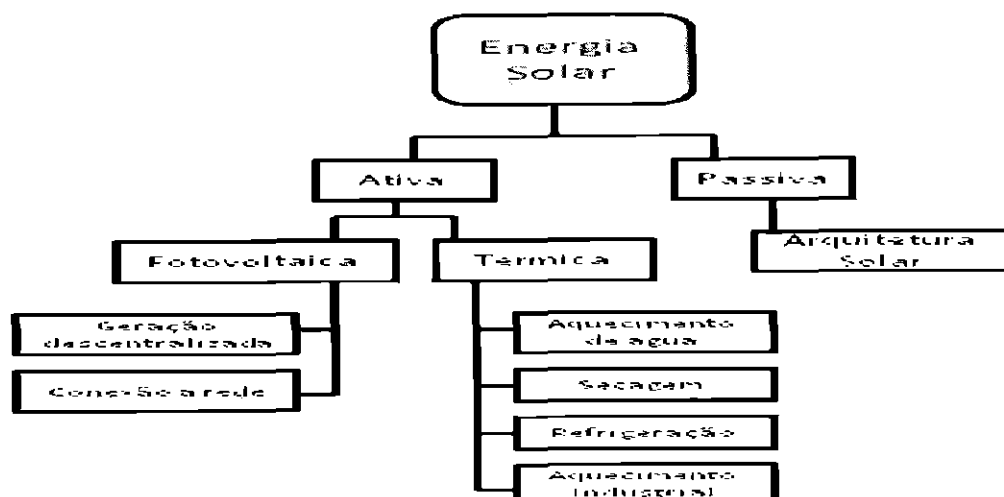


Figura 2: Fluxograma das aplicações da energia solar
 Fonte: Adaptado de Baptista (2006), p. 5

Existem muitos pequenos projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, principalmente para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Esses projetos atuam basicamente com quatro tipos de sistemas: i) bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura; ii) iluminação pública; iii) sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários; e iv) atendimento domiciliar. Entre outros, estão as estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água (ANEEL, 2007).

Uma das restrições técnicas é a intermitência da geração de energia, pois é oscilante durante o dia, sendo baixa no início e no final do dia. Dependendo da estação do ano e da quantidade de dias nublados ou chuvosos, ou mesmo de fumaça de queimadas, a geração de energia variará bastante. Isto significa que, isoladamente, apesar de seu potencial, e por não produzir à noite, não poderia gerar toda a energia necessária em uma região, a não ser que se desenvolvessem potentes acumuladores de energia, o que aumentaria de maneira exponencial os custos de sua adoção. Tais oscilações na geração de energia exigem um grande trabalho de conciliação com a produção por fontes convencionais, que são mais estáveis. Mas este problema tem solução: uma usina mista, com fontes de energia solar e outra mais estável, como por exemplo, termelétrica a gás natural. Desta forma, pode-se equilibrar a produção de energia (SCHEER, 1995).

Outro empecilho para a difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o

empreendimento se torne economicamente viável. Comparada, contudo, a outras fontes, como a energia hidráulica, por exemplo, que muitas vezes requer grandes áreas inundadas, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar (ANEEL, 2007).

A energia solar é considerada uma forma de energia promissora, porém, seus custos ainda são muito altos. Mas estes custos se referem basicamente aos custos de instalação, incluindo a compra de equipamentos. Por outro lado, não há custo com “combustível” (energia do sol), de forma que apenas o investimento inicial é mais oneroso.

A despeito de suas limitações, a energia solar é apontada como uma das soluções ideais para áreas afastadas e ainda não eletrificadas. Destaca-se também por ser um tipo de energia alternativa limpa e benéfica ao meio ambiente. Para cada um quadrado de coletor solar instalado, evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis para a construção de usinas hidrelétricas (ITAIPU, 2008).

2.2.3 Energia de biomassa

Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões, estão a busca de fontes mais competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono. Segundo Simioni (2006), devido à melhor combustão da biomassa, as emissões atmosféricas absolutas tendem a ser menores e, menores emissões por unidade de energia gerada são verificadas.

A biomassa, do ponto de vista energético, é o nome dado à matéria orgânica passível de ser utilizada para a geração de energia. Ela abrange tanto os biocombustíveis (como o etanol e biodiesel) como a bioenergia (resíduos orgânicos). Esta pode ser obtida da biomassa nova (estrupe, restos de ração e outros dejetos) e da biomassa velha (madeiras e palhas). A primeira é principalmente utilizada para gerar eletricidade a partir do biogás, acumulado em um gasômetro. A segunda serve para gerar energia térmica, a partir da queima desses materiais (ITAIPU, 2008).

Segundo dados da ANEEL (2007), o Brasil, devido à imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não-comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica.

No médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa. Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica (ANEEL, 2007).

De acordo com Farret (1999), o emprego de biomassa na obtenção de energia representa uma fonte alternativa de grande eficiência. No âmbito urbano, tal modalidade de geração, além de produzir energia térmica, proporciona o uso de grandes quantidades de lixo orgânico, e com isso deixam agredir a natureza.

Já no meio rural, o uso dos resíduos e dejetos animais nos biodigestores, pode prover a energia necessária para iluminação, aquecimento e a movimentação de motores, através do aproveitamento do biogás, um gás originado da decomposição do material orgânico, com alto poder de combustão, podendo ser empregado para movimentar geradores de energia elétrica. Após ser digerido, o material orgânico processado no biodigestor pode ser empregado como adubo. Ou seja, tal alternativa não só é viável do ponto de vista econômico – pois proporciona economia e gera novas receitas para o agricultor – como possuem um potencial de redução de 80% das cargas poluentes que hoje lançadas *in natura* no meio ambiente (FARRET, 1999).

Simioni (2006) aponta outra vantagem econômica que é advinda da proximidade entre a geração e o centro consumidor, o que evita gastos com linhas de transmissão e garante o consumo da energia gerada. No caso de comercialização direta de biogás, pode exigir a construção de rede de gasodutos, porém, não será de grande extensão. O ideal seria a utilização de processo de co-geração, com indústrias gerando vapor a partir da queima do biogás e a co-geração. Abaixo é apresentado o diagrama de conversão energética da biomassa:

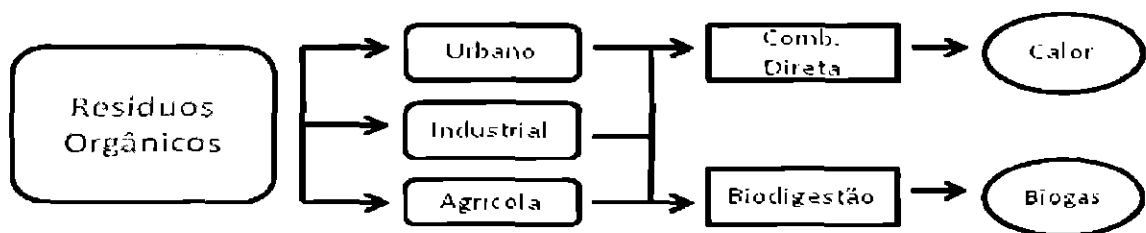


Figura 3: Diagrama dos processos de conversão energética da biomassa
Fonte: Adaptado de ANEEL (2007) p.87

Importante aspecto desta fonte de energia é o fato que a sua produção é focada no atendimento de pequenos mercados, de caráter regional, e não na competição direta com outras fontes como a hidroeletricidade de larga escala.

Além de ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local (ANEEL, 2007).

De forma geral é possível afirmar que o biogás originado da decomposição da biomassa apresenta mais vantagens do que desvantagens. Individualmente, o potencial do biogás é pequeno, mas no conjunto é diferente. Por exemplo, no caso de aterros sanitários, se metade dos municípios brasileiros tivessem aterros adequados – o que é uma exigência legal - com produção média de 5 MW de energia a partir de gás de aterro, seria possível obter cerca de 12.500 MW (2.500 municípios X 5 MW), ou seja, o equivalente à produção em escala máxima de Itaipu (SIMIONI, 2006).

Com o objetivo de esclarecer melhor as características do biogás, assim como o seu potencial na geração de energia elétrica, o tópico a seguir aprofundará o assunto.

2.2.3.1 Biogás

Biogás é definido como um gás natural proveniente da fermentação anaeróbica (na ausência de ar) de dejetos animais, resíduos vegetais e de lixo industrial ou residencial em condições adequadas de umidade. O biogás é composto basicamente de dois gases, o metano que representa de 60 a 80% da mistura e gás carbônico que representa de 20 a 40 restantes. Outros gases participam, em proporções menores, como o gás sulfídrico que corresponde a 1,5% (MARTINS; ASSIS, 2007). Quanto maior a presença de metano, mais puro o biogás. O quadro abaixo é apresentada a composição do biogás:

Tipo de Gás	Composição do Biogás em %
Metano (CH ₄)	60 a 80
Gás Carbônico (CO ₂)	20 a 40
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	até 1,5
Nitrogênio (N)	Traços
Hidrogênio (H)	Traços

Quadro 1: Composição do biogás
Fonte: Sganzerla, 1983, p. 10.

O metano, principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, altamente combustível. Sua combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha (GASPAR, 2003).

Pra obter o biogás é necessária um processo de obtenção do biogás que se dá através da decomposição anaeróbica, que desenvolve-se ao longo de três fases distintas: liquefação, acidulação e gaseificação (MAGALHÃES, 1980).

A primeira fase, denominada liquefação, é o período onde ocorre a transformação de substâncias complexas em substâncias mais simples, através de bactérias que liberam, no meio anaeróbico, de enzimas extracelulares, que causam a hidrólise das partículas orgânicas, transformando as moléculas em moléculas menores e solúveis ao meio.

Na segunda fase, período de acidulação, nesta fase as bactérias produtoras de ácidos degradam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (como ácido láctico e butílico). Há liberação de produtos de degradação intermediária, como dióxido de carbono e água.

A terceira fase, denominada gaseificação, os ácidos formados na fase anterior são metabolizados pelas bactérias metânicas, anaeróbicas e de vital importância na produção do gás metano.

A estimativa da produção de biogás é feita com base na diluição dos dejetos em função do desperdício de água utilizado na limpeza das baias dos animais, pelos vazamentos existentes nas redes hidráulicas e nos bebedouros, pela entrada de água da chuva nos canais de manejo dos dejetos e pelo uso da lâmina d'água em alguns sistemas de produção (Scherer, et al., 1996; Oliveira, 2008).

O grau de diluição dos dejetos, pode ser determinado pela observação da Matéria Seca (MS) e/ou Sólidos Totais (ST) presentes nos dejetos, sendo que os Sólidos Voláteis (SV), que são os substratos para as bactérias metanogênicas, representam entre 70 a 75% dos Sólidos Totais, para o caso dos dejetos dos suínos. Os SV são os responsáveis diretos pela produção de biogás (SCHEERER et al, 1996). Sendo que, quanto maior for a concentração de SV na alimentação diária do biodigestor (kg/m³), maior será a capacidade do biodigestor de produção de biogás.

Experiências realizadas no Brasil por Scherer et al (1996) e Oliveira (2008), demonstram que devido ao grande desperdício de água, o valor médio dos ST varia entre 3% a 8% do total de dejetos. Convém lembrar que, os SV, podem ser estimados, pois eles representam entre 70 a 75% dos ST.

A produção de biogás nos modelos de biodigestores existente no Brasil pode ser estimada em função da alimentação diária de SV, pois para o caso da produção de suínos, a produção específica de biogás é de 0,45 m³/kg de SV, para temperaturas da biomassa variando entre 30 e 35°C (Oliveira, 2008). A fórmula abaixo sintetiza o cálculo de produção de biogás:

$$SV = (\text{Tot Dej} \times ST) \times 0,7ST$$

Onde:

SV = Sólidos Voláteis

Tot Dej = Total de dejetos diários

ST = Sólidos Totais

Oliveira (2005) afirma que um animal em fase de terminação produz uma média de 7 litros de dejetos por dia. Com base neste volume de dejetos é possível estimar a produção de biogás de cerca de 0,132 m³ por animal, através do uso da metodologia de cálculo baseada no ST (7%) e SV (70% do ST) constantes nos dejetos.

Para atingir tal nível de produção de biogás, Reis *apud* Gaspar (2003) lembra que as atividades biológicas dos microorganismos anaeróbicos, seu desenvolvimento, reprodução e metabolismo, prescindem da presença de oxigênio, o qual, dependendo do tempo de exposição dos microorganismos lhes é fatal. Sabe-se que a decomposição de biomassa em contato com o oxigênio produz gás carbônico (CO₂), enquanto que, na ausência de ar (e, portanto, oxigênio) é produzido o gás metano. Qualquer falha na vedação do biodigestor inibe, quando não inviabiliza, a produção de biogás.

Além disso, as bactérias metanogênicas são sensíveis a variações de temperatura pH (acidez) e a substâncias tóxicas. Outros fatores influem ainda na boa digestão, tais como tempo de retenção, nutrientes, concentração de sólidos, mistura interna do digestor, volume de carga.

De acordo com Magalhães (1980), são indicativos de uma boa digestão os seguintes valores médios: pH nunca menor que 7,2; metano com teor acima de 65%; CO₂ com teor máximo de 30%; temperatura entre 28°C e 35°C, e; pouca espuma na superfície da mistura.

A formação de gás se processa com mais intensidade com o pH de mistura entre 7 e 8, isto porque as bactérias metanogênicas não resistem a um ambiente ácido. Em caso de perda de alcalinidade, recomenda-se a aplicação de cal, carbonato de cálcio e bicarbonato de sódio. (MAGALHÃES, 1980).

Quando as especificações de qualidade de vida dos microrganismos são atendidas, o biogás obtido deve, segundo Seixas et al (1980), ser composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano, enquanto os 35 ou 40% restantes consistem, principalmente, em gás carbônico, e quantidades menores de outros gases. Naturalmente, a composição do biogás varia de acordo com o tipo e quantidade de biomassa empregada, os fatores climáticos e as dimensões do biodigestor, entre outros, mas a composição básica não deve variar significativamente.

O monitoramento da temperatura encontrada no interior da câmara de digestão é fundamental, pois ela afeta significativamente a produção de biogás, uma vez que os microorganismos metanogênicos se multiplicam em temperaturas elevadas, em torno de 35°C. Estas bactérias são extremamente sensíveis a alterações bruscas de temperatura, uma queda para 15°C praticamente inviabiliza a digestão, conseqüentemente, a produção de biogás é anulada. Em regiões mais frias a queda pode ser compensada pela adição de água aquecida à mistura. Costa, Silva e Gomes (1985) aconselham que a escolha do terreno para a instalação do biodigestor e os processos de impermeabilização e vedação (reboco) das paredes do aparelho sejam cuidadosamente executados, a fim de assegurar uma temperatura relativamente estável.

O uso de biogás, no entanto, tem seus riscos. Como é altamente inflamável, há riscos de manejo incorreto e possibilidade de acidentes. Como é, principalmente, de produção e consumo local, pessoas sem conhecimentos técnicos podem cometer erros, como no caso de um produtor rural tentar transferir o gás a um botijão ou utilizar este em motores de automóveis. Podem ocorrer vazamentos, colocando em risco moradores vizinhos (SIMIONI, 2006).

Para mitigar estes aspectos negativos, medidas como o treinamento dos operadores dos biodigestores, um correto planejamento de produção e revenda dos biofertilizantes e a adequada manutenção dos equipamentos, são imprescindíveis. A aplicação destas ações visa garantir a segurança e continuidade das operações de geração, com níveis de desempenho satisfatórios.

Magalhães (1980) enfatiza a importância do conhecimento dessas condições ótimas de operação dos biodigestores a fim de serem adotadas as medidas corretivas.

2.2.3.2 Geração de eletricidade usando o biogás

Para a instalação de uma microcentral que utilize o biogás como fonte alternativa de energia elétrica para pequenas potências, é necessário o uso de motores que funcionem à base de gás, os quais serão acoplados a turbinas e geradores de eletricidade.

Sganzerla (1983) aponta que os motores à gasolina podem ser convertidos à biogás por um mecânico experiente, sem grandes alterações, no entanto os modelos específicos dão rendimento superior e muitas fábricas já os tem em sua linha de produção.

Segundo Farret (1999), atualmente são fabricados motores e turbinas que funcionam a gás para pequenas unidades, ainda que, na grande maioria, estejam apenas na faixa de grandes potências (1,6 a 216 MW). Para o caso de uma microcentral, podem ser usados motores a álcool e a gasolina, adaptados para funcionarem com metano, sem oferecerem qualquer ameaça ao desempenho do mesmo. A adaptação é feita com a instalação de um botijão de biogás no lugar do combustível convencional.

A utilização do biogás como recurso energético se deve ao metano, quando puro em condições normais de pressão (1 atm), tem um poder calorífico inferior de 9,9 kWh/m³. O biogás com um teor de metano entre 50 e 80% terá um poder calorífico entre 4,95 e 7,92 kWh/m³ (COLDEBELLA et al, 2006).

Já Santos (2000) estipula que 1 m³ de biogás equivale a 6,5 kWh de energia elétrica e a eficiência dos sistemas de cogeração varia entre 30 e 38%, ou seja, 2,0 – 2,5 kWh, o que condiz com os resultados encontrados no estudo realizado por Coldebella et al (2006) que foram de 32,3 % de eficiência e 2,1 kWh.

Uma microcentral de geração de energia elétrica tem importância econômica, ecológica e social muito grande. A razão disso é que, por tratar-se de uma central com faixa de potência muito pequena, não necessita de grandes investimentos financeiros, tornando-se de custo acessível, principalmente para os pequenos proprietários rurais. Além de oferecer energia elétrica, o que é fator de pleno desenvolvimento, as instalações de microcentrais também oferecem benefícios como conforto e comodidade, o que propicia às populações rurais melhores condições de permanência no campo (FARRET, 1999).

A implantação de uma unidade geradora se viabiliza economicamente pelo equivalente em quilowatts/hora evitados no consumo tradicional. A economia é grande quando, por exemplo, a energia gerada pela atividade agropecuária é utilizada para suprir a demanda durante o horário de ponta (entre as 18 e as 21 horas), em que o custo da eletricidade chega a sete vezes o valor do horário normal. Utilizar a eletricidade gerada pela biomassa apenas em

determinados horários só é possível porque essa fonte, sob esse aspecto, assemelha-se muito a outra renovável, a hidreletricidade. Assim como a energia é armazenada na forma de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, ela pode ser armazenada na forma de biogás em gasômetros (BLEY JR; BRUNS, 2008).

Outro aspecto positivo da geração de energia a partir do biogás é que essa tem grande potencial para irrigar a economia local, fomentando os setores de indústria e comércio (fabricação e venda de equipamentos) e também de serviços (elaboração de projetos). Essa característica abrem novas perspectivas para a economia rural e novas possibilidades de emprego e desenvolvimento profissional para as novas gerações do campo.

Com o intuito de oferecer um referencial comparativo em termos de potencial energético do m³ do biogás, Farret (1999) formulou o quadro a seguir:

Combustível	Quantidades equivalentes
Gasolina	0,98 litros
Álcool	1,34 litros
Óleo cru	0,72 litros
Gás Natural	1,50 m ³
Carvão	1,51 m ³
Eletricidade	2,21 kWh

Quadro 2: Equivalentes energéticos por metro cúbico de biogás
Fonte: Farret, 1999.

Conforme demonstrado na tabela, o biogás apresenta um alto potencial para emprego na geração de energia elétrica. O seu uso tem destacada vantagem sobre outras fontes de energia alternativas de energia, que é independência das condições climáticas, como no caso das energias solar, eólica e hídrica. Além disso, para propriedades rurais, onde há disponibilidade de biomassa em abundância (dejetos animais e vegetais), resolve-se o problema da poluição ambiental.

Hoje, há um redobrado interesse na tecnologia de aproveitamento de biogás. Conforme reportagem de Andrea Vialli do Jornal O Estado de São Paulo de 09/07/2008. fabricantes de geradores a biogás e biodigestores aproveitam o bom momento das tecnologias limpas para lançar novos produtos e fomentar negócios. Além do aproveitamento de dejetos que antes eram lançados diretamente no ambiente, a produção de energia elétrica é um fator importante no momento de investir no equipamento. A possibilidade de auferir receitas extras através da venda de créditos de carbono provenientes do não lançamento de gases do efeito estufa é outro aspecto que contribui para o aumento no interesse pela tecnologia.

Em termos de condições técnicas e operacionais, a ANEEL, através do Decreto Federal nº 5.163/04 e pela Norma Técnica 167/05, reconheceu e regulamentou a geração de energia próxima ao local de consumo. Porém, ainda não havia uma regulamentação específica que abrangesse a compra pela concessionária do excedente de energia produzida em uma unidade rural.

Fato relevante ocorreu em 20 de julho de 2008, quando a Agência emitiu a Resolução Autorizativa nº 1.482, onde autoriza Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) a implantar projeto-piloto que prevê a compra da energia excedente produzida em pequenas propriedades rurais no Paraná a partir de dejetos de animais. Com isso abre-se a possibilidade de uma pequena propriedade rural vender para a concessionária local o excedente de energia produzida e não consumida na propriedade. Em suma, no futuro próximo as pequenas propriedades rurais poderão vender seu excedente energético para concessionárias, que poderão assim ter mais uma fonte de suprimento para atender seu mercado.

2.3 Biodigestor

Para a geração do biogás, é necessária a existência de uma infra-estrutura, onde o biodigestor é a peça chave. Neste item serão apresentados o atual panorama do setor, o conceito de biodigestores e os modelos disponíveis no mercado brasileiro.

De acordo com Sganzerla (1983), dois países dão um grande exemplo de utilização da energia proveniente do biodigestor: China e Índia.

A Índia foi o primeiro país a instalar biodigestores para a produção de biogás, de maneira sistemática. A primeira unidade foi construída por volta de 1.908. Este país começou seu programa de implantação de biodigestores em 1.951 e contava até 1.992 com cerca de 160 mil unidades instaladas (ANDRADE; NINO; RANZI, 2002).

Motivados pela insuficiência de combustíveis fósseis e por um cenário local marcado pelas iniquidades sociais provocadas pelo sistema de castas, os indianos deram grande ênfase no desenvolvimento da tecnologia de biodigestores. O grande objetivo era a geração de energia a partir do biogás.

Segundo Gaspar (2003), o interesse da China pelo uso de biodigestores deveu-se, originalmente, questões militares. Preocupada com a Guerra Fria, a China temeu ataque nuclear impediria toda e qualquer atividade econômica (principalmente industrial). Entretanto, com a pulverização de pequenas unidades biodigestoras ao longo do país, algumas poderiam escapar ao ataque inimigo.

A mesma autora afirma que atualmente o motivo da manutenção e expansão do programa de biodigestores é bem mais simples e urgente. Como a China possui milhões de pessoas para alimentar, não é possível ou recomendável mecanizar a atividade agrícola em larga escala, pois o uso de tratores e demais implementos resultaria em um índice de desemprego rural alarmante, criando uma massa de trabalhadores ociosos e descontentes. Um perigo social e político nem um pouco desejável. Assim, o governo chinês optou pelo aproveitamento e aperfeiçoamento de rudimentares técnicas de cultivo do solo, com os biodigestores desempenhando papel de destaque.

Graças a estes esforços, hoje a China é exemplo em termos de alcance de um programa de substituição de energia por biogás com a instalação de 8 milhões de biodigestores. Graças a este número, os chineses detêm hoje a melhor tecnologia do biogás, seguidos de perto pelos indianos, cada um com a sua escola (SGANZERLA, 1983).

Outros países têm realizado programas de construção de biodigestores rurais, notadamente os em desenvolvimento. Apesar das diversas vantagens oferecidas por esses reatores, seu emprego apresenta motivações específicas: no caso da China, destaca-se o biofertilizante como a razão principal; Filipinas, o tratamento das águas residuárias de origem doméstica em projetos de colonização; na Tailândia, para promover o saneamento; e na Índia, vantagens devem ser aproveitadas e consideradas na viabilização de programas de implantação de biodigestores rurais (GASPAR, 2003).

No Brasil os biodigestores rurais tiveram maior desenvolvimento na década de 80 quando contaram com grande apoio dos Ministérios da Agricultura e Minas e Energia. Cerca de 8.000 unidades, com preponderância de modelos indianos e chineses, foram construídas até 1.988. Porém, dificuldades de ordem técnica impediram maior amplitude do programa. Mas a ausência de subsídios para construção de biodigestores, o corte das verbas que dariam continuidade ao programa e a oferta de energia elétrica rural subsidiada foram os principais fatores que contribuíram para a pouca propagação desta tecnologia (ANDRADE; NINO; RANZI, 2002).

Bley Jr e Bruns (2008) apontam a existência de fartos registros históricos sobre a utilização de biodigestores no Brasil, pelo menos desde os anos 70. Há também indicadores concretos do esvaziamento dessa solução, na medida em que sua viabilidade econômica foi comprometida, por várias razões, todas com um traço comum, a finalidade dada ao biogás, ou como fonte somente de energia térmica, para aquecer animais jovens, chocar ovos, acionar campânulas, iluminar galpões, ou até acionar fogões para aquecimento de comida. Outra

finalidade que se mostrou exequível foi o acondicionamento de biogás para uso em transportes, pelos altos custos logísticos e de processo industrial.

Porém, o agravamento do quadro ambiental no espaço rural, o crescimento da demanda de energia e a discussão acerca a sustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento brasileiro, recobrou o interesse pelos biodigestores.

A difusão do biodigestor é apontada por diversos especialistas como uma das principais ações a serem tomadas a fim de mitigar os danos ambientais provocados pela emissão de dejetos. Aliado a isso, o atual cenário energético enseja a adoção de novas fontes de geração de energia elétrica como aquelas baseadas no biogás, pois a elevação dos preços do petróleo e da construção de novas usinas hidrelétricas implicam em perdas de competitividade na suinocultura.

O biodigestor tem um futuro promitente, pela disponibilidade das biomassas exigidas, que fornecem biogás e o biofertilizante, principalmente em Santa Catarina. Ele pode contribuir de forma decisiva na produção de energia e fertilizante para o produtor rural.

Com todas estas mudanças, é possível afirmar que o panorama atual é muito propício para o crescimento do uso de biodigestores para produção de energia elétrica.

2.3.1 Conceito

Biodigestor, segundo Henn (2005), é um sistema de tratamento empregado na conversão de matéria orgânica (dejetos de suínos, por exemplo) deste efluente em biogás, através de mecanismos da digestão anaeróbia, na eliminação de microorganismos patogênicos e na valorização deste efluente como biofertilizante para as lavouras.

Tal aparelho, contudo, não produz o biogás, uma vez que sua função é fornecer as condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, degrade o material orgânico, com a conseqüente liberação do gás metano (GASPAR, 2003).

A principal finalidade de um biodigestor é a estabilização da matéria orgânica que se dá predominantemente através dos processos de fermentação ou digestão anaeróbia, que acontecem logo abaixo da superfície, na ausência de oxigênio dissolvido (HENN, 2005).

De acordo com Magalhães (1983), os principais componentes do biodigestor são:

- a) Tanque de entrada: onde se efetua a mistura de dejetos animais e resíduos vegetais com água;
- b) Tubo de carga: conduto por onde faz a introdução da mistura (biomassa) no digestor
- c) Digestor: tanque onde se passa processa a fermentação da matéria orgânica.

- d) *Septo*: parede divisória que direciona o fluxo do resíduo líquido (biomassa) dentro do digestor.
- e) *Gasômetro*: câmara onde se acumula o gás emanado da fermentação no digestor.
- f) *Tubo guia*: guia de deslocamento vertical do gasômetro durante a expansão ou compressão do biogás.
- g) *Tubo de descarga*: conduto por onde é expelido o resíduo líquido (fertilizante) após fermentado.
- h) *Tanque de descarga*: onde se recolhe o resíduo líquido que, após a perda do excesso de água, se transforma na pasta fertilizante (adubo) para fins agrícolas.
- i) *Saída do biogás*: tubulação instalada na parte superior do gasômetro para conduzir o biogás até o ponto de consumo.

A figura abaixo apresenta a seção esquemática de um biodigestor:

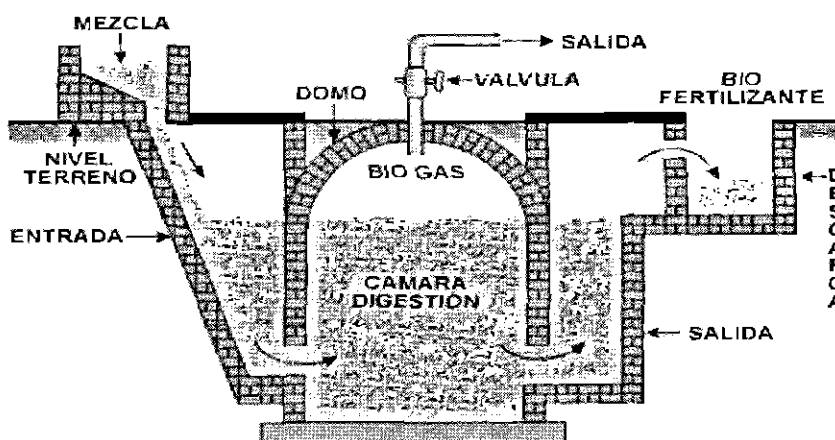


Figura 4: Seção esquemática de um biodigestor
Fonte: Nogueira, 1986.

Há dois sistemas básicos de biodigestores, o contínuo e o intermitente. O primeiro, apropriado para a maioria das biomassas, recebe cargas diárias ou periódicas e descarrega a massa já fermentada automaticamente por vasos comunicantes em pleno funcionamento. O biodigestor de sistema intermitente, específico para materiais orgânicos de decomposição lenta e longo período de produção, recebe a carga total, retendo-a até complementar o processo de biodigestão, sendo então esvaziado e recarregado novamente. Este é construído geralmente com grandes dimensões (SGANZERLA, 1983).

Com base nas informações contidas nas tabelas, é possível ter uma dimensão da quantidade de resíduos que podem ser tratados através do uso de biodigestores. Em Santa Catarina, por exemplo, estima-se que cerca de 18 milhões de metros cúbicos de dejetos são produzidos anualmente pela população suína (UFSC, 2008).

2.3.2 Tipos de biodigestores

De acordo com Nogueira (1986), não existe um tipo ideal de biodigestor anaeróbio para cada situação. Há realmente uma grande variedade de tipos construtivos e aspectos operacionais que devem ser conhecidos e analisados visando, em uma aplicação específica, atender ao conjunto de condições e necessidades.

Dando continuidade ao raciocínio, o autor afirma que característica marcante do biodigestor é a simplicidade na construção e operação, que proporciona boa eficiência a baixo custo. A alimentação e a retirada de material orgânico, estrume animal na maioria dos casos, é feita de maneira contínua, com o uso da gravidade sem necessidade de bombas. O termo “contínua” não impõe uma alimentação constante, mas em intervalos regulares.

Entre os modelos de biodigestores mais utilizados distinguem-se os seguintes tipos principais: o modelo da Marinha, o modelo chinês e o modelo indiano.

2.3.2.1 Modelo da marinha

Popularmente conhecido como Modelo Canadense, é um modelo de tipo horizontal, ou seja, tem largura maior e uma profundidade menor do que o indiano, por isso sua área de exposição solar é maior, o que acarreta uma maior produção de biogás. Sua cúpula é de plástico maleável, tipo PVC, que infla com a produção de gás, como um balão. Para que o gás saia do biodigestor com pressão suficiente para ser utilizado costuma-se colocar sacos de areia ou pneus velhos sobre a campânula.

O Modelo Canadense com cobertura de lona de PVC, em substituição às campânulas (metálica ou de fibra de vidro), vem ganhando maior espaço em virtude dos menores custos e facilidade de implantação. A vantagem deste processo está na produção constante de biogás que é relacionado com a carga diária de sólidos voláteis.



Figura 5: Biodigestor modelo Marinha ou Canadense
Fonte: Arquivo pessoal do autor

2.3.2.2. Modelo chinês

É um sistema de produção de biogás, vertical, de cúpula fixa, com calotas inferior e superior construídas e alvenaria de tijolos ou em concreto. O modelo chinês é considerado mais rústico, construído totalmente em alvenaria e abaixo do nível do solo. Funciona geralmente com alta pressão que pode variar de acordo com a produção e consumo do biogás, embora disponha de câmara reguladora (SGANZERLA, 1983).

Este modelo caracteriza-se pela variação de pressão no gasômetro. Caso seja requerida uma pressão constante para alimentação de equipamentos (como por exemplo para queimadores de fogões), é necessário um regulador de pressão ou um depósito de gás flutuante (ANDRADE; NINO; RANZI, 2002).

Gaspar (2003) afirma que uma das maiores críticas feitas ao modelo chinês de biodigestor é a técnica requerida para sua construção. O trabalho, todo em alvenaria, requer um trabalho de pedreiro de primeira linha, pois os tijolos usados na construção da câmara onde a biomassa é digerida (e que é encimada pela câmara do gás), precisam ser assentados sem o concurso de escoramento. Utiliza-se uma técnica que emprega o próprio peso do tijolo para mantê-lo na posição necessária até que a argamassa seque. As paredes externas e internas precisam receber uma boa camada de impermeabilizante, como forma de impedir infiltrações de água (proveniente da água absorvida pelo solo durante as chuvas ou de algum lençol freático próximo) e trincas ou rachaduras. A figura a seguir apresenta um biodigestor chinês:

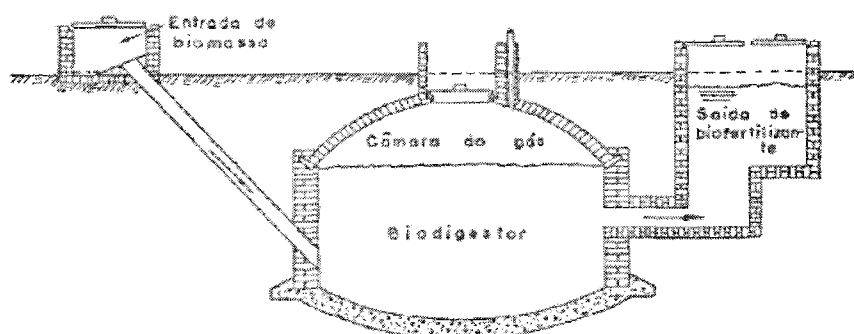


Figura 6: Biodigestor chinês
Fonte: Nogueira, 1986.

Conforme demonstrado na figura, este tipo de biodigestor é construído enterrado e ocupa pouco espaço fora do solo, portanto é mais protegido contra as variações climática da superfície, principalmente em regiões que apresentam baixas temperaturas no inverno. Em sua construção, geralmente ocupam mão de obra e materiais locais. Estas características permitem um custo mais baixo de construção, pois não possui partes móveis, não possui partes

metálicas que podem ser oxidadas e portanto são mais duráveis (ANDRADE; NINO; RANZI, 2002).

2.3.2.3 Modelo indiano

Os indianos foram os primeiros a usar a energia do biogás em grande escala. A literatura aponta que o primeiro digestor posto em funcionamento naquele país foi em 1900, na cidade de Bombaim. Este sistema apresenta uma campânula flutuante que permite a manutenção da pressão estável de saída do biogás, dispensando assim a constante regulagem dos aparelhos, o que, o mesmo não ocorre com o modelo chinês. A campânula, feita geralmente de ferro, é a peça mais cara e responsável pelo alto custo do biodigestor, limitando sua difusão, motivo que certamente trouxe certa dificuldade aos indianos (SGANZERLA, 1983).

Estes equipamentos apresentam alto custo de construção, devido à necessidade da campânula, geralmente metálica que entra em corrosão resultando uma vida útil curta, em torno de cinco anos. Apresentando assim altos custos de manutenção com a necessidade periódica de pintura da campânula (ANDRADE; NINO; RANZI, 2002).

Apesar destas desvantagens, Sganzerla (1983) assevera que este modelo de biodigestor, com campânula flutuante, foi o modelo mais construído no Brasil. Atualmente, tem-se conseguido bons resultados com campânulas flutuantes de fibra de vidro, devido ao desenvolvimento destes materiais que atualmente são acessíveis no comércio, apresentando custo final da obra mais barato que a alternativa de chapa de aço. A utilização de fibra de vidro tem sido viabilizada devido à grande utilização deste material em caixas de água

Henn (2005) aponta que uma das grandes vantagens do modelo indiano sobre o chinês é que esse não exige limitação no que tange à característica do solo, podendo ser instalado em solo predregoso e/ou encharcado.

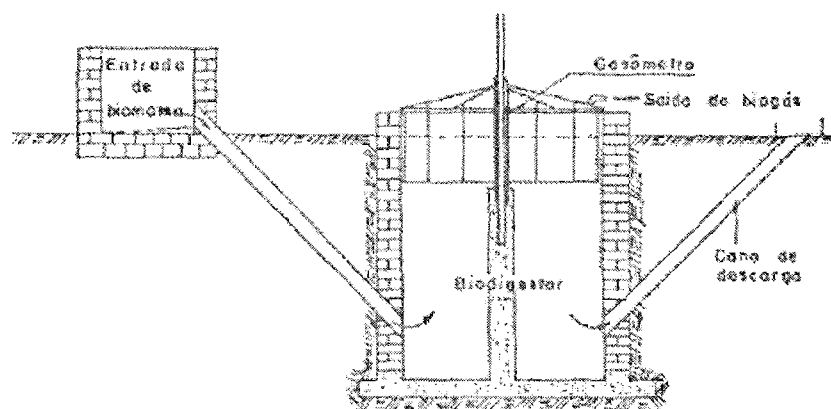


Figura 7: Biodigestor indiano
Fonte: Nogueira, 1986.

Apresentado os modelos empregados no Brasil, o próximo tópico abordará um subproduto do biodigestor, o biofertilizante.

2.4 Biofertilizante

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. Este biofertilizante, aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste. É possível, logicamente, usar adubos químicos em lugar da matéria orgânica, mas estes não podem suprir as qualidades físicas e biológicas fornecidas por aquela.

Este excelente fertilizante é rico em nitrogênio e húmus, ótimo adubo para fins agrícolas, constituído de nitrogênio (1,4 a 1,8%), fosfato (1,1 a 2,0%) e óxido de potássio (0,8 a 1,2%), após a secagem da pasta. A matéria orgânica, após digerida, adquire um aumento de nitrogênio e de outros nutrientes, devido à perda de carbono no processo, sob a forma de CH₄ (metano) e CO₂ (gás carbônico). A redução do fator C/N (carbono/nitrogênio) traz benefícios para a massa orgânica quando o produto final é para fins agrícolas.

Seganfredo (2008) estabelece que os resíduos orgânicos contêm elementos químicos que, ao serem adicionados ao solo, podem constituir nutrientes para o desenvolvimento de plantas. Tais nutrientes, após sua mineralização no solo, têm a mesma função nas plantas, que a dos fertilizantes químicos, ou seja, as plantas podem se desenvolver tanto utilizando os nutrientes que provêm dos dejetos como do solo.

Sganzerla (1983) lembra que o excesso de adubação química causa mineralização do solo, ressecando-o, endurecendo-o e dificultando a entrada da água e do ar, o que provoca e facilita a ocorrência de erosão. Além disso, os sais, muito solúveis, destroem as bactérias que

vivificam o solo, deixando-o indefeso, propenso a invasões por insetos, fungos, nematóides e vírus, entre outros, que causarão, certamente, danos às plantas. O agricultor lança mão, neste momento, do uso de defensivos agrícolas, os quais, além de poluírem o solo, eliminam os predadores naturais das pragas, criando a necessidade de novos defensivos serem aplicados, o que dá início a um ciclo vicioso, que só poderá ser quebrado com a aplicação de grande quantidade de matéria orgânica.

Para qualquer sistema agrícola adubado com dejetos ser um sistema auto-sustentável, ou seja, que possa ser produtivo, lucrativo e repetido indefinidamente com isenção ou mínimos custos ambientais, é necessário que, por um lado, as quantidades retiradas sejam repostas por meio de adubações orgânicas ou químicas e, por outro, que as quantidades adicionadas não sejam maiores do que aquelas requeridas (SEGANFREDO, 2008).

O emprego de biodigestores para a extração de biogás e posterior conversão em energia elétrica possui um grande potencial de crescimento. Ao empregar os dejetos como fonte de eletricidade, a propriedade deixa de lançar metano na atmosfera, o que gera créditos de carbono. O tópico a seguir abordará o mercado de carbono e seu funcionamento.

2.5 Mercado de carbono

Ao longo das últimas décadas a concentração de gases de efeito estufa vem aumentando por diversas causas, mas principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis. Como consequência, de acordo com cientistas, está ocorrendo um processo de aquecimento global, colocando em perigo o delicado balanço de temperatura que torna o nosso meio ambiente habitável.

O efeito estufa é um fenômeno natural e sua existência é fundamental para a existência de vida no planeta. A energia solar chega a Terra na forma de radiação de ondas curtas. Parte dessa radiação é refletida pela atmosfera, porém, a maior parte passa diretamente e é absorvida pela superfície terrestre, aquecendo-a. No longo prazo, a Terra deve irradiar energia para o espaço na mesma proporção em que a absorve do sol. A Terra irradia energia para o espaço, na forma de irradiação infravermelha de ondas longas. Os gases de efeito estufa têm a propriedade de reter parte dessa energia irradiada. É bom que esse processo seja mais lento e indireto, porque se a superfície terrestre pudesse irradiar energia livremente para o espaço, nosso planeta seria um lugar mais frio (JÚNIOR, 2006).

O problema é que as emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE), como o gás carbônico e metano, estão resultando no acentuamento do efeito estufa, que ultrapassa as

condições naturais. . Esse aumento da capacidade da atmosfera de absorver irradiação infravermelha está perturbando a forma com que o clima mantém o equilíbrio entre a energia que entra e a que sai do planeta.

São várias as conseqüências do aquecimento global. Algumas delas já podem ser sentidas em diferentes partes do planeta como o aumento da intensidade de eventos de extremos climáticos (furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca ou deslizamentos de terra). Além disso, os cientistas hoje já observam o aumento do nível do mar por causa do derretimento das calotas polares e o aumento da temperatura média do planeta em 0,8° C desde a Revolução Industrial. Acima de 2° C, efeitos potencialmente catastróficos poderiam acontecer, comprometendo seriamente os esforços de desenvolvimento dos países. Em alguns casos, países inteiros poderão ser engolidos pelo aumento do nível do mar e comunidades terão que migrar devido ao aumento das regiões áridas (WWF-BRASIL, 2006).

Reconhecendo a mudança do clima como “uma preocupação comum da humanidade”, governos do mundo inteiro se propuseram a elaborar uma estratégia global “para proteger o sistema climático para gerações presente e futuras” Para isso foi criada a Convenção-Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, sigla em inglês). Todos os anos os órgão países membros discutem as questões mais importantes sobre mudanças climáticas.

A 3ª Conferência das Partes, realizada entre 1 e 12 de dezembro de 1997, em Quioto – Japão, contou com a presença de representantes de mais de 160 países. Nessa conferência foi celebrado o Protocolo de Quioto, incluindo metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, exceto aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal (JÚNIOR, 2006). É o único tratado internacional que estipula reduções obrigatórias de emissões causadoras do efeito estufa. O documento foi ratificado por 168 países. Os Estados Unidos, maiores emissores mundiais, e a Austrália não fazem parte do Protocolo de Quioto.

O Protocolo determina que os países do Anexo I (países desenvolvidos com metas de redução de emissões) devem fixar suas metas para redução de gases de efeito estufa junto aos principais emissores dentro de seus territórios, de acordo com a meta que lhes foi atribuída pelo Protocolo e, posteriormente, distribuída pelo governo local por meio de seu plano nacional de alocação de emissões. Com a introdução do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), as empresas que não conseguirem (ou não desejarem) diminuir suas emissões poderão comprar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) em países em desenvolvimento (que tenham gerado projetos redutores de emissão de GEE) e usar esses certificados para cumprir suas obrigações, ainda que o uso desse mecanismo esteja limitado a uma parcela de

seus compromissos de redução. Os países em desenvolvimento, por sua vez, devem utilizar o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável, além de se beneficiarem do ingresso de divisas por conta das vendas de RCE para os países desenvolvidos (BM&F, 2008).

Os projetos que se habilitam à condição de projeto de MDL devem cumprir uma série de procedimentos até receber a chancela da ONU, por intermédio do Conselho Executivo do MDL, instância máxima de avaliação de projetos de MDL.

A figura a seguir mostra as diferentes etapas que um projeto deve cumprir para receber os RCE's no âmbito do MDL.

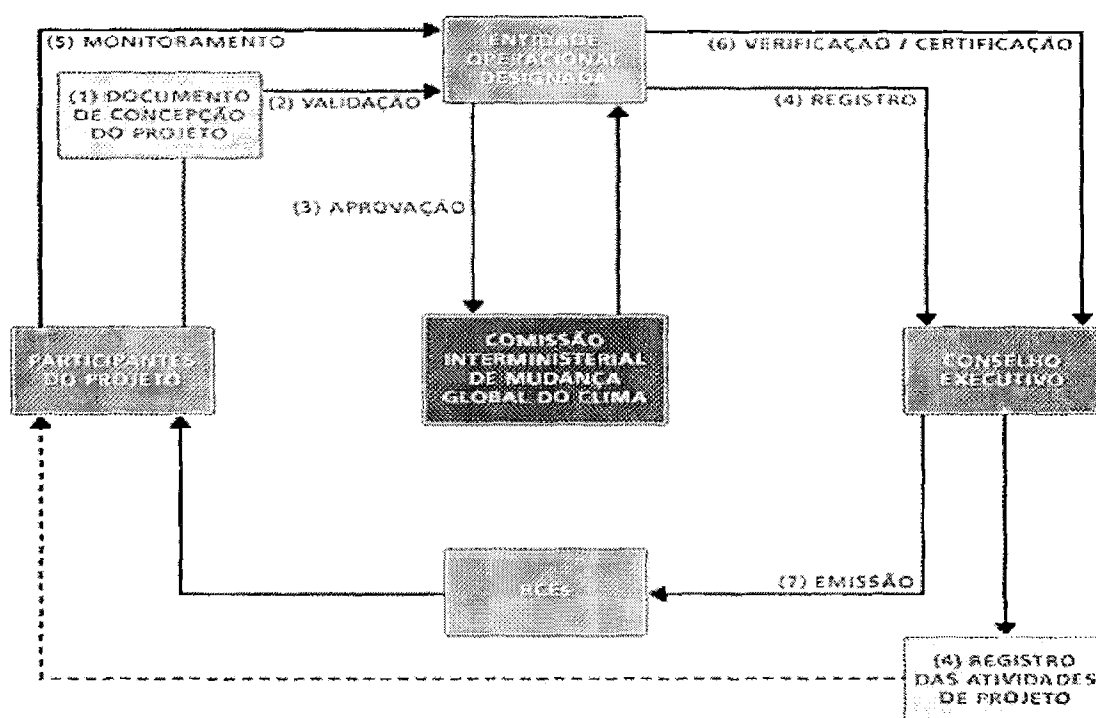


Figura 8: Ciclo de aprovação de um projeto de MDL
Fonte: BM&F, 2008.

Antes de iniciar a elaboração de um projeto de MDL, seu proponente deve observar que, de acordo com as regras estabelecidas nas Conferências das Partes, a participação em um projeto de MDL deve ser voluntária, ou seja, não são aceitos projetos induzidos ou desenvolvidos em decorrência de legislação governamental que retire a natureza espontânea do empreendimento (BM&F, 2008).

Após passar por todas as etapas apresentadas na figura 8, e uma vez certificado o projeto, torna-se possível requerer ao Comitê Executivo a emissão das RCEs relativas à quantidade reduzida e/ou removida. Essas RCE's têm validade determinada e, conforme o caso podem ser renovadas.

A implantação do Banco de Projetos da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), lançado em meados de setembro de 2005, no âmbito do Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), iniciativa conjunta da BM&F e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), objetiva desenvolver um sistema eficiente de negociação de certificados ambientais, e criar no Brasil as bases de um ativo mercado de créditos de carbono que venha a constituir referência para os participantes em todo o mundo (JÚNIOR, 2007).

De acordo com o mesmo autor, atualmente o processo de comercialização dos RCE's se dá principalmente através das bolsas do Canadá, Reino Unido (*Emission Trade Scheme*), Holanda (*European Climate Exchange*), Noruega (*Nord Pool*), Alemanha (*European Energy Exchange*), União Européia (*Emission Trading System*), Austrália (*New South Wales Trade System*) e EUA (*Chicago Climate Exchange*).

A renda proporcionada pela comercialização de RCE's é mais um impulsor para adoção de biogás como fonte de eletricidade. Esta produção de energia elétrica no próprio local de consumo ensejou o desenvolvimento de uma metodologia operacional chamada geração distribuída. Este conceito será abordado no tópico a seguir.

2.6. Geração Distribuída

Geração Distribuída (GD) é uma expressão utilizada para designar a geração elétrica proveniente de locais próximos ou juntos de consumidores, não interferindo a potência, tecnologia ou fonte de energia empregada (ITAIPU, 2008).

É uma forma estratégica de se instalar pequenas unidades geradoras (de poucos kW até algumas dezenas de alguns MW) próximas aos consumidores. Essas unidades geradoras podem ou não estar ligadas à rede de distribuição, e têm como principais vantagens uma maior confiabilidade, um maior aproveitamento da energia gerada através da cogeração ou trigeração (produção simultânea de eletricidade, calor e frio), a redução de perdas no transporte dessa energia até o consumidor e o aproveitamento das diversas fontes de energia existentes no local de consumo.

Geração Distribuída por si só não é um novo conceito, um grande número de pequenos consumidores tem instalado sua própria geração há décadas. Com a introdução da competição no mercado de energia, exemplifica DALY et al.(2001), o desenvolvimento de novas tecnologias de geração de energia elétrica, tem despertado o interesse por Geração Distribuída.

O desenvolvimento tecnológico de pequenas unidades de geração elétrica baseadas em fontes renováveis alternativas de energia com redução nos custos, a liberação do mercado de eletricidade, facilidade de financiamento, possibilidade de instalação junto aos mercados consumidores e menor tempo de implantação, são fatores que favorecem a expansão da geração distribuída, abrindo mercado para estas fontes (SOUZA; PEREIRA; PAVAN, 2004).

DALY et al.(2001) salientam que, do lado das distribuidoras, a Geração Distribuída pode trazer uma redução nos custos com a atualização da rede de distribuição, além de, bem planejada e operada, melhorar os aspectos ambientais e aumentar a confiabilidade.

SPIER et al.(2002) listam os impactos positivos da Geração Distribuída: suporte de tensão, melhora na qualidade do suprimento de energia, redução das perdas elétricas, melhora no fator de potência dos alimentadores com a liberação de capacidade de atendimento e possibilidade de ilhamento para atendimento de carga local.

Pessoto e Filho (2004) afirmam que as concessionárias de distribuição de energia elétrica já estão se preocupando com a conexão de unidades geradoras à sua rede. Até o momento cada uma tem tomado suas próprias precauções, contudo há um anseio pela normatização da conexão e da operação de unidades de geração conectados à rede de distribuição, dado que estas não foram projetadas para operarem com geradores ligados a elas. Há evidentemente o perigo de ocorrerem problemas no sistema elétrico global de distribuição da concessionária que levem a interrupções de atendimento dos consumidores comprometendo a qualidade da energia elétrica fornecida pela concessionária.

A Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) implantou um projeto piloto de geração distribuída na região Noroeste do Paraná, em parceria com a Itaipu Binacional. Uma unidade de criação de suínos usa o biogás como fonte de energia elétrica, e o excedente não consumido pela unidade é repassado para a rede de distribuição da COPEL.

Num cenário de crescente demanda por energia elétrica, o conceito de Geração Distribuída (GD) vem ganhando cada vez mais força, pois o permite a geração descentralizada próxima aos pontos de consumo. Um ponto forte está estritamente relacionado com o aproveitamento do potencial energético local, muitas vezes calcado em fontes renováveis, e menores perdas técnicas, pois a energia não precisa passar uma ampla rede de distribuição e transmissão.

Segundo Bley Jr e Bruns (2008), o Brasil dispõe de todas as condições necessárias para implantar a geração distribuída: uma intensa atividade com animais estabulados; e domínio tecnológico dos processos de geração de gás com biodigestores, conversores de gás em energia e equipamentos de medição e controle. São condições que permitem reverter a

situação de produtores descapitalizados, até pelo mau uso que fazem da energia elétrica e pelo desperdício da energia da biomassa atual.

Os mesmos autores apontam a postura defensiva do setor elétrico em relação à metodologia como o principal empecilho para a maior disseminação deste conceito. Esta resistência está ligada ao fato do setor estar acostumado a receber energia de alta qualidade, padronizada e estável a partir de grandes hidrelétricas e termelétricas, e por isso recusa-se a aceitar a geração distribuída, feita de forma pulverizada e aparentemente de difícil controle.

A despeito dos óbices apresentados, a geração distribuída apresenta grande potencial de emprego na agricultura, especialmente na suinocultura, atividade notória tanto pela sua relevância econômica como pela quantidade de resíduos gerados nas suas operações.

2.7 Suinocultura

Suinocultura é o ramo da zootecnia que trata da criação racional e econômica dos suínos. Ao retirar o suíno da floresta, seu habitat natural, e domesticá-lo em áreas fechadas, o homem iniciou um processo de mudanças na vida do animal, e transferiu para si a responsabilidade de atender às necessidades do animal. Inicialmente os suínos eram criados soltos no campo, em grandes cercados, no sistema também chamado de semi-extensivo. Na moderna suinocultura, embora existam sistemas onde algumas das fases de criação são feitas ao ar livre, a absoluta maioria das criações ocorre no sistema confinado (ACCS, 2007).

De acordo com Triches (2003), a criação de suínos é dividida em quatro fases: gestação, maternidade, creche e terminação.

A gestação média dos suínos é de 114 dias (três meses, três semanas e três dias). Na criação de suínos tecnificada, a fase de gestação, geralmente também abriga as matrizes em retorno de cio, que são as porcas que foram desmamadas e estão aguardando a cobertura para nova gestação (período de 5-10 dias), as leitoas de reposição de plantel e os machos. As matrizes ficam em celas individuais ou baias coletivas. Uma semana antes da data prevista para o parto, são transferidas para a maternidade. Antes de serem transferidas recebem um banho com desinfetante para higienização.

A maternidade: fase onde as matrizes ficam de uma semana antes do parto até o desmame dos leitões, que geralmente ocorre entre os 21 a 28 dias de idade. As maternidades podem ser gaiolas, também chamadas de celas parideiras ou baias convencionais. Como os leitões necessitam de uma temperatura maior que as porcas, geralmente há uma área exclusiva para os leitões com uma fonte de aquecimento, chamada de escamoteador. É a fase de criação

que exige do produtor mais trabalho. Os leitões necessitam de acompanhamento no parto para se evitar mortes por esmagamento e frio e, cuidados especiais nos primeiros dias como corte de parte da cauda para evitar no futuro canibalismo, aplicação de ferro dextrano²⁰ para evitar anemias e atenção para evitar diarreias, que podem retardar seu desenvolvimento.

Fase que vai do desmame dos leitões até atingirem 25-30 kg (60-70 dias de idade) é denominada creche. Os leitões são transferidos para a creche logo após o desmame, quando geralmente são formados lotes homogêneos pelo tamanho, e permanecem até atingirem o peso de 25-30 kg, quando são transferidos para a fase de terminação. O período mais crítico dessa fase e que exige maiores cuidados do produtor, são os primeiros dias, pois os leitões sofrem o estresse da perda da mãe e da adaptação ao novo ambiente.

A saída creche (25-30kg) até o abate (100-110 kg com idade em torno 150-160 dias), é denominada terminação. Fase que exige do produtor menos mão-de-obra, pois o trabalho consiste basicamente em alimentar os animais 3-4 vezes por dia e limpar as instalações.

Oliveira (2008) classifica as unidades produtivas e três grandes grupos:

- a) Ciclo Completo (CC): unidade de produção onde existem todas as fase do ciclo produtivo de suínos do nascimento a engorda.
- b) Unidade de produção de leitões (UPL): unidade de produção onde existem somente a fase do ciclo produtivo que compreende os reprodutores, o nascimento dos leitões (maternidade) e crescimento inicial (Creche, peso de 6 a 25 kg).
- c) Unidade de Crescimento e Terminação (UCT): unidade de produção de suínos com peso compreendido dos 25 aos 100 kg (podendo em alguns casos chegar aos 120 kg).

A suinocultura de maneira geral recebe uma classificação também pela forma como é praticada. É chamada de suinocultura industrial ou comercial, quando praticada por produtores para com a finalidade de comercialização dos suínos e, de suinocultura colonial ou de subsistência que visa, principalmente, o auto-abastecimento da propriedade e utiliza de baixa tecnologia e pouca preocupação com o manejo dos animais (TRICHES, 2003).

Após a apresentação da estrutura básica do processo de criação de suínos, o próximo tópico abordará o atual status da suinocultura catarinense.

2.7.1 Suinocultura em Santa Catarina

A suinocultura é a principal atividade em pequenas e médias propriedades rurais de Santa Catarina, respondendo por mais de 19% do PIB estadual. Com rebanho permanente de 5,5 milhões de cabeças, 17% do rebanho nacional, responde por mais de um terço dos abates totais, totalizando 7,8 milhões de cabeças e por 40% dos abates industriais. Situados em Santa Catarina, os cinco maiores conglomerados agroindustriais do país sustentam 60% dos abates e 70% dos negócios suínolas. A dimensão social da suinocultura sobressai-se pelos 150.000 empregos que gera e pelas 500.000 pessoas que dependem dela diretamente (ACCS, 2008).

Dentre os vários segmentos do agronegócio, a suinocultura desponta como uma das mais promissoras para melhorar a entrada de dólares em nosso país, devido a sua boa competitividade internacional. O Brasil em relação aos maiores produtores mundiais (China, Estados Unidos, Comunidade Européia) destaca-se por possuir um baixo custo de produção, devido a sólida produção de milho (terceiro maior produtor mundial) e soja (segundo produtor mundial), que podem ainda ser expandidas, pois o Brasil possui 18% da área agricultável e 8% da água doce disponível do planeta. Um dos fatores limitantes à expansão da produção de suínos é a sua capacidade poluente, pois um suíno defeca o equivalente a 2,5 pessoas. Por isso, países com mais área, disponibilidade de água e produção de grãos, possuem maior potencial de expansão. O Brasil possui atualmente 4,34 suínos/Km², enquanto a Comunidade Européia tem 38,4 suínos/Km².

Com base no Levantamento Agropecuário Catarinense realizado pelo Instituto Cepa em 2005, o quadro 3 foi elaborado com o intuito de sintetizar atual constituição da suinocultura. No campo “estratificação da produção”, não foram consideradas as granjas com menos de 100 animais. A classificação do tipo de produção segue aquele preconizado por Oliveira (2008), que divide em ciclo completo (CC), unidade produtor de leitões (UPL) e unidade de crescimento e terminação (UCT):

Plantel e número de suinocultores segundo ciclo produtivo – SC			
Tipo de Produção	Número de suinocultores	Plantel efetivo de animais	(%)
UPL – Produtor de leitões	3.793	1.464.949	40,49
UCT – Terminador	2.926	1.311.608	31,24
CC – Ciclo Completo	2.585	852.678	27,60
Produtor de Reprodutores	63	38.780	0,67
Total	9.367	-	100,00
Suinocultores com 5 ou mais matrizes segundo a condição do produtor-SC			
Condição do Produtor	Número de suinocultores		(%)
Integrado da indústria	3.941		42,09
Parceiro	1.928		20,59
Produtor autônomo	2.430		25,95
Integração Particular	1.065		11,37
Total	9.364		100,00
Estratificação do plantel de suínos em Santa Catarina – SC			
Estratificação da produção	Número efetivo de suínos		(%)
101 a 500 animais	1.555.825		32,45
501 a 1.000 animais	1.156.694		24,13
Mais de 1.000 animais	1.643.747		34,29
Total	4.356.266		90,87

Quadro 3: Dados da produção de suínos no Estado de Santa Catarina
 Fonte: Instituto Cepa, 2005.

Porém, a concentração espacial da atividade tem se constituído em elemento negativo no que se refere à disposição dos dejetos, o que causa comprometimento da água, saturação do solo e degradação da paisagem.

Segundo Oliveira (2002), a atual expansão da suinocultura tem como principal característica a alta concentração de animais por área, visando atender o consumo interno e externo de carne, produtos e derivados. Observa-se, como conseqüência, generalizada poluição hídrica (alta carga orgânica e presença de coliformes fecais) proveniente dos dejetos, que somada aos problemas de resíduos domésticos e industriais, tem causado sérios problemas ambientais, como a destruição dos recursos naturais renováveis, especialmente água.

Estudos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) indicam uma produção anual de 18 milhões de metros cúbicos de dejetos suínos em Santa Catarina. No estado mais dinâmico do país na suinocultura, apenas 15% dos dejetos têm destino adequado. A outra parcela é lançada diretamente em rios, riachos e lagos ou no solo (UFSC, 2008).

Ao contato com o meio hídrico, os materiais orgânicos retiram o oxigênio dissolvido inviabilizando as formas de vida aquática, sensíveis à falta deste elemento. Os materiais orgânicos contêm índices altos de Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio, e também alta carga de fertilizantes orgânicos, principalmente Nitrogênio e Fósforo, devido ao maciço uso desses produtos nas rações animais. Esses nutrientes orgânicos são transportados pela

malha hídrica e, ao atingirem águas, como as de um reservatório hidrelétrico, de abastecimento público, ou mesmo lagos naturais, passam a servir de substrato para o crescimento explosivo de algas de todos os tipos, inclusive cianofíceas tóxicas (BLEY Jr; BRUNS, 2008).

Além disso, a produção intensiva de animais é uma importante fonte de emissão de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e amônia, elementos que estão associados de forma diversa com o aquecimento global, a diminuição da camada de ozônio e a chuva ácida (MIRANDA, 2005).

Bley Jr e Bruns (2008) constatam que quando os materiais orgânicos se decompõem na ausência de Oxigênio geram biogás, cuja composição média é Gás Carbônico (39%), Gás Metano (60%) e Gases Traço (1%), todos considerados gases do efeito estufa (GEE). É relevante o fato de que o metano (CH₄) é 21 vezes mais forte do que o gás Carbônico (CO₂) no efeito estufa, o que significa dizer que, a cada metro cúbico de Metano queimado, pode ser contabilizada a queima de 21 metros cúbicos equivalentes de CO₂.

Com base nas informações apresentadas, é possível afirmar que a suinocultura é de suma importância para a sociedade, pois além dos benefícios econômicos, a predominância de pequenas propriedades na produção favorece a preservação do equilíbrio social no campo. A mitigação dos impactos ambientais promovidos pela atividade deve ser encarada como prioridade pelos agentes do setor, pois a sustentabilidade ambiental é fundamental para a continuidade saudável do progresso dos produtores de suínos.

3 MÉTODO

De acordo com Lakatos (1991), a metodologia é o caminho a ser usado pelo pesquisador para ter mais segurança no processo decisório. Basicamente, ele deve ser usada para que se atinja o resultado desejado. O emprego dela evita perda de tempo e permite o foco nos fatos relevantes ao que se pesquisa.

Este capítulo descreve a forma como a pesquisa foi feita, apresentando a descrição da amostra, o tipo de pesquisa, técnicas e instrumentos utilizados e informações sobre a análise dos dados. Ao final apresentam-se as limitações da pesquisa.

3.1 Tipo de pesquisa

Este estudo, conforme Rudio (2003), é considerado uma pesquisa de campo descritiva onde foram levantados os dados inerentes a Granja Suruvi. No tipo de pesquisa descritiva, o pesquisador procura conhecer e interpretar a realidade sem interferir para modificá-la. De acordo com o mesmo autor, as pesquisas descritivas têm como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis.

É considerada pesquisa qualitativa e apoiada em dados de custos e alguns cálculos econômicos. A parte qualitativa diz respeito à descrição da Granja Suruvi e a revisão literária realizada. A parte quantitativa foi utilizada em uma segunda etapa, para aplicação das técnicas de análise de investimento e análise financeira.

No presente estudo buscou-se os dados necessários para a realização de um estudo de viabilidade do uso do biogás para geração de energia elétrica na suinocultura catarinense, a fim de descrever suas particularidades e especificidades, visando a comprovação ou não do uso de tal fonte como alternativa viável para geração de energia.

3.2 População

A pesquisa foi realizada na Granja Suruvi, localizada na cidade de Concórdia, região Oeste do Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma unidade com cerca de 2.500 suínos, e que gera energia elétrica a base de biogás.

3.3 Coleta de dados

Para a coleta de dados foram utilizadas pesquisas bibliográficas acerca do tema, dados estatísticos acerca as características do setor de suinocultura e pesquisa de campo.

Na primeira etapa, a coleta de dados para a fundamentação teórica voltada para temas como energia renovável, fontes alternativas de eletricidade e suinocultura, o autor realizou pesquisas de fontes secundárias, através de livros e teses disponíveis bibliográficas na Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, além da rede mundial de computadores, Internet. As informações foram compiladas, analisadas e dispostas conforme o tema abordado (*energia, suínos*), conforme a necessidade de embasamento do presente estudo. Os principais autores (Goldemberg, Oliveira, Bley Jr e Bruns e Gaspar) foram utilizados como base, em virtude das pesquisas relevantes desenvolvidas na área energética e de suinocultura.

Os dados sobre suinocultura foram levantados no *website* da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e Instituto Cepa. Estas informações contemplam características do setor de suínos em termos econômicos, geográficos, demográficos e sociais. Após o levantamento de dados bibliográficos, iniciou-se a pesquisa de campo.

Outra forma de coleta de dados utilizadas no presente estudo foram os documentos. Segundo Forster (1994 apud ROESCH, 2005) os documentos têm valor em si mesmo, representam sistemas e estruturas da organização. Sua análise permite o entendimento de situações assim como conceituar a organização com base em uma visão de dentro. Os documentos utilizados foram àqueles referentes ao projeto de implantação do biodigestor e motor gerador para produção do biogás e energia elétrica.

Em termos de fontes primárias, fez-se uma pesquisa de campo exploratória cujo objetivo era aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente. Esta visita foi realizada no dia 20 de maio na Granja Colombari na cidade de São Miguel do Iguacu, estado do Paraná. Esta granja é a pioneira no uso de biogás como geração de energia elétrica, e atualmente é referência para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realizar pesquisas sobre geração distribuída baseada no biogás. Os métodos utilizados foram observação direta intensiva e entrevista semi-estruturada com o Dr. Cícero Bley Jr, atual Superintendente da Itaipu Binacional e responsável técnico pela Granja Colombari. Esta entrevista foi em um roteiro de itens relacionados ao foco de interesse da pesquisa para guiar a entrevista (LAKATOS; MARCONI, 1991).

Somente então, após parte da pesquisa bibliográfica ter sido realizada e visita uma propriedade rural no Paraná, o problema de pesquisa foi delimitado. Em outubro de 2008 foi realizada a pesquisa de campo na Granja Suruvi, que serviu de referência principal para a análise de dados apresentada.

Nesta Granja foi utilizada uma entrevista semi-estruturada, cujo roteiro está no Anexo A, aliada a observação direta intensiva. Na visita foram coletados os dados sobre a operação do gerador de eletricidade e informações econômico-financeiras do projeto.

3.4 Análise dos dados

Após o levantamento de dados, foi precedida a análise dos dados coletados através da análise de conteúdo, que segundo Roesch (2005) é um conjunto de técnicas de análise das comunicações, através de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens.

A análise do material abrange a codificação, categorização e quantificação das informações da fase anterior. A fase de tratamento dos resultados é o momento que o pesquisador vai interpretar os dados (RICHARDSON, 1999).

Neste estudo, o material coletado foi organizado em cinco categorias a partir dos dados obtidos, conforme segue: características gerais do empreendimento, dados de produção de suínos, quantidade de biogás gerado, consumo de energia elétrica e informações econômicas do investimento realizado para geração de energia, incluindo orçamento de investimentos e cálculo das receitas geradas pelo projeto.

Com os dados a disposição, foi procedida a análise de investimento, um conjunto de técnicas e modelos matemáticos onde se verifica a alocação do capital investido e o retorno, sendo este último positivo, negativo ou nulo.

3.5 Viabilidade Econômica

A análise econômica do empreendimento consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Comparando-se esses indicadores econômicos com o

que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

Os critérios de tomada de decisão baseados em análise de viabilidade econômica serão a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback*. Para cálculo destas taxas foi empregado o software Excel, do pacote Microsoft Office 2003.

3.5.1 Método do Valor Presente Líquido (VPL)

Baseado em Gitman (2002), o método do Valor Presente Líquido é considerado exato, e consiste em trazer para o tempo presente, após a definição prévia da taxa mínima de atratividade, os valores obtidos a partir de um determinado fluxo de caixa.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi utilizada como parâmetro de retorno exigido do investimento, sinalizando ao investidor optar ou não pelo mesmo. Sendo assim, a TMA deve ser no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes de menor risco de investimento – neste caso foi aplicada a Taxa SELIC líquida, com o Imposto de Renda descontado. Isto significa que a referida taxa, cujo valor em outubro de 2008 era equivalente a 13,75% ao ano, foi descontada pela alíquota do imposto de renda (15%) aplicada sobre investimentos no mercado financeiro. Com base no cálculo, chegou-se ao valor de 11,7% ao ano.

A escolha da taxa SELIC foi motivada pelo fato dela ser o índice de referência para remuneração em títulos públicos do Governo Federal brasileiro, emitidos pelo Tesouro Nacional e considerados investimentos seguros, com baixo nível de risco.

Outro motivador pela escolha da SELIC como indicador de rentabilidade é o fato do valor da taxa ser muito parecido com a taxa média de retorno preconizada para investimentos em infra-estrutura, especialmente empreendimentos energéticos. Em consulta ao *website* do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico-Social (BNDES), o autor averiguou que o retorno médio de investimentos desta natureza varia entre 10% a 16% ao ano

Deste modo, pode-se observar que o VPL e a TMA são inversamente proporcionais, ou seja, à medida que a taxa mínima de atratividade se eleva, o valor presente líquido diminui.

$$VPL = \sum FC(1+i)^{-n}$$

Onde:

FC: fluxo de caixa

i: taxa de juros

n: número de períodos, em meses

Quanto maior o VPL, maior a atratividade do projeto, porque as entradas são maiores que as saídas de caixa. Considerando que alternativas de investimento são analisadas com base na mesma TMA, a melhor opção será aquela que apresentar o maior valor presente líquido.

3.5.2 Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

O método de análise pela taxa interna de retorno, também é considerado um método exato, assim como o valor presente líquido. A TIR é obtida a partir da análise projetiva do fluxo de caixa, sendo definida como a taxa de juros que torna nulo o VPL da alternativa analisada, ou seja, a taxa de juros onde as receitas e as despesas se igualam. Desta forma, esta relação de cálculo da taxa interna de retorno, pode ser verificada pela expressão:

$$TIR = \sum FC(1+i)^{-n} = 0$$

Onde:

FC: fluxo de caixa

i: taxa de juros

n: número de períodos, em anos

No processo de tomada de decisão, após o cálculo da TIR, deve ser feita a comparação com a taxa mínima de atratividade, a fim de avaliar a aceitação ou não da alternativa. Os investimentos com TIR maior que a TMA são considerados rentáveis e passíveis de análise (GITMAN, 2002).

Conseqüentemente, conclui-se que quanto maior for a taxa interna de retorno da alternativa em análise, maior será o retorno esperado do capital.

Deste modo, pode-se notar que a TMA modifica completamente as conclusões de viabilidade para um determinado investimento, pois segundo alguns autores como Hummel e Taschner (1995), se a TIR for menor do que a TMA, a alternativa deve ser recusada.

No entanto, pequenos investimentos poderão ser aceitos se a TIR apresentar retorno não negativo de rentabilidade. Na prática, administradores financeiros e empresários preferem a TIR ao VPL, pois as taxas de juros são mais fáceis de ser analisadas quando comparadas com outra taxa (TIR) do que um valor monetário (VPL).

3.5.3 Método do *Payback* (PB)

Payback quer dizer retorno do investimento, ou seja, quanto tempo será necessário para que o capital investido inicialmente seja recuperado. O *Payback* pode ser calculado conforme a expressão:

$$PB = \frac{Inv.Inicial}{\sum FC_{Ano}}$$

Onde:

Investimento Inicial = custo do investimento inicial, em RS;

FC = fluxo de caixa ao ano, em RS;

Para o investidor, que leva em consideração apenas o tempo mínimo possível na recuperação do capital, este é um ótimo método. No entanto, o *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo e, além disso, o método não considera as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento (GITMAN, 2002).

Normalmente este método é utilizado para calcular o retorno de pequenos projetos, pois é um método simples de avaliação de investimento.

Para minimizar os riscos de se utilizar um método que não leva em consideração o fator tempo, o *payback* será utilizado juntamente com os métodos do VPL e TIR no processo de tomada de decisão.

3.6 Limitação da pesquisa

Esta pesquisa foi restrita ao Estado de Santa Catarina, e a pesquisa focou somente a verificação da viabilidade econômica da geração de energia elétrica com base em biogás.

Destaca-se também a limitação de contato com a Granja Suruvi, visto que foi realizada somente uma visita técnica à Granja, em outubro de 2008. Tal fato impediu uma observação mais intensa das atividades na Granja.

No que tange aos dados econômico-financeiros, salienta-se que foram realizadas projeções para um período de 15 anos, portanto, a análise foi baseada somente neste universo temporal.

Outra limitação deste trabalho diz respeito ao setor de suinocultura, sendo o estudo focado na geração de eletricidade neste setor, e por isso não pode ser generalizado para todos os setores.

4 ANÁLISE

Este capítulo apresenta a Granja Suruvi, localizada no município de Concórdia - SC. Primeiro será feita a apresentação do município, suas características econômicas e demográficas, depois apresentar-se-á a Granja Suruvi e seu projeto de geração elétrica baseado no biogás proveniente dos dejetos gerados pela criação de suínos, principal atividade econômica da Granja. Após a apresentação dos dados gerais, será feita a análise dos custos e receitas do projeto, assim como os montantes financeiros investidos na implantação do mesmo. Baseado nestas informações será possível verificar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento.

4.1 Concórdia

Localizado a 493 km de Florianópolis, na região Oeste catarinense, Concórdia tem origens que remontam ao processo de ocupação do Oeste catarinense, cuja intensidade maior deu-se a partir do século 20 com a instalação da *Brasil Development Colonization Company*, companhia responsável pelo fomento da ocupação territorial catarinense. A criação da empresa atraiu um grande número de colonos de origem italiana e germânica do Rio Grande do Sul para Concórdia, fazendo com que se dedicassem à agricultura. O incremento populacional e o conseqüente fortalecimento da economia local proporcionaram a fundação em 1934 do município de Concórdia.

Conforme dados disponíveis do website da Prefeitura Municipal, a cidade possui uma área de 797,26 km², e uma população estimada em 66.491 habitantes, com 71,76 % da população vive no perímetro urbano, e 28,23 % no perímetro Rural. Desta população, 46.136 são eleitores do município.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Concórdia (2008), a cidade é detentora da 11ª Economia do Estado, com uma taxa de crescimento anual de 2,91%, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita/ano é elevado, sendo de R\$ 13.715,00. Tal pujança econômica repercute em bons índices sociais, entre mais de 5.600 municípios brasileiros, o município ocupa a 32ª posição no Índice de Desenvolvimento Humano.

A economia do município tem por base a agroindústria, que responde de 60 a 70% do movimento econômico, predominando a suinocultura, avicultura, pecuária de leite, culturas agrícolas e indústria alimentícia. Tendo como principal característica a estrutura rural, o município de Concórdia é formado basicamente por minifúndios.

No meio rural, predominam as agroindústrias familiares, o pequeno agricultor e o sistema desenvolvido pelas grandes agroindústrias, denominado “integração”: granjas que abastecem o setor. Concórdia centraliza o recebimento de praticamente toda a produção agrícola regional através de Cooperativas de Produção e Consumo. É líder nacional na produção de suínos e aves e possui a maior bacia leiteira do Estado. Também no Município, está instalado o maior frigorífico da América Latina, a Empresa SADIA.

Dados de 2006 informam a existência de aproximadamente 1083 criadores formam um plantel de 513.700 suínos permanentes.

4.2 Caracterização da Granja Suruvi

Os dados presentes neste capítulo foram levantados através de visita técnica guiada pelo engenheiro agrônomo Felipe Penter, da Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS), gerente do projeto.

A Granja Suruvi, fundada há mais de quatro décadas e de propriedade de Clair e Clóvis Lusa, tem como atividade principal a criação comercial de suínos no ciclo completo, o que abrange desde o nascimento até a engorda do suíno, que normalmente atinge 110 kg, para posterior revenda. Está localizada a cerca de 9 km do centro de Concórdia, as margens da rodovia SC-461.

Ao contrário de grande parte das granjas de Concórdia, ela não pertence a uma unidade integrada, ou seja, ela não possui vínculo ou compromisso de venda exclusivo para uma cooperativa ou empresa. A granja tem seu principal mercado nos estados de Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e algumas vendas para Goiás. Em SC a região que mais absorve sua produção é do Alto Uruguai Catarinense.

A estrutura da granja é composta por três galpões de criação, uma fábrica de rações e quatro instalações civis, incluindo residência do proprietário e armazéns. A população atual é de cerca de 2.500 suínos e são comercializados mensalmente em torno de 220 fêmeas e 50 machos.

A população de suínos produz uma média diária de 20m³ de dejetos, quantidade esta consoante a literatura, que prevê a geração de uma média de 6 a 8 litros diários por unidade. Devido à grande quantidade de dejetos a ser armazenado, a granja começou a apresentar problemas no gerenciamento dos mesmos. As esterqueiras não comportavam mais a quantidade e com isso geravam uma séria de problemas como vazamentos, mau cheiro, além

de serem inadequadas frente à atual legislação ambiental. A figura abaixo apresenta um exemplar de esterqueira:



Figura 9: Exemplo de esterqueira
Fonte: Prefeitura Municipal de Concórdia

Em tempos de agravamento do quadro ambiental, além da poluição de água e do solo, os dejetos também contribuem para o aquecimento global. Nas lagoas ocorre a maturação dos dejetos, sendo para isso necessário um período de 120 dias estabelecido por lei. Durante este período, ocorre redução da sua carga poluente, porém, gases que contribuem para o efeito estufa são produzidos e emitidos para a atmosfera. , através da emissão de metano na atmosfera, substância extremamente nociva para o efeito estufa, proveniente da decomposição dos dejetos.

Conforme Oliveira (2005) o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização dos dejetos é o grande desafio para as regiões com alta concentração de suínos. De um lado a pressão pelo aumento do número de suínos em pequenas áreas de produção, e pelo aumento da produtividade e, do outro, que esse aumento não provoque a destruição do meio ambiente. A realidade da granja Suruvi pouco diferia do encontrado na maioria das unidades de produção de suínos catarinenses.

4.2.1 Projeto ACCS de Sustentabilidade

Ciente da difícil realidade enfrentada pelos suinocultores, a Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS) criou o Projeto ACCS de Sustentabilidade. O projeto envolve três eixos principais, que são: marketing da carne suína, equilíbrio sustentável entre produtor e agroindústria e meio ambiente.

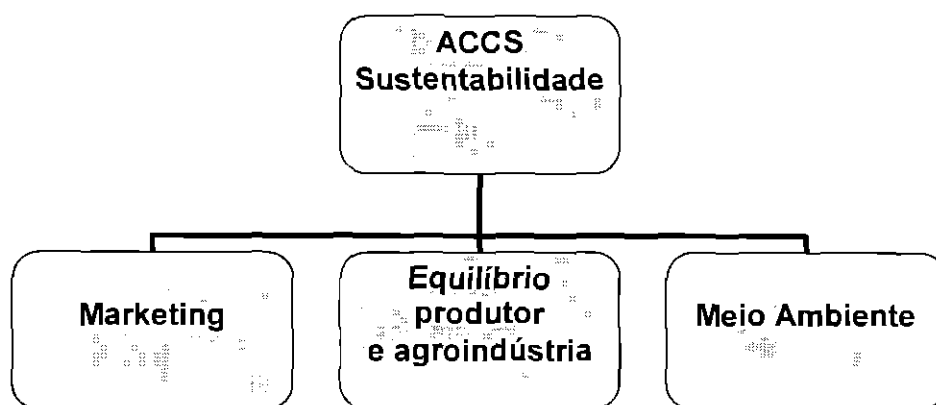


Figura 10: Organograma do projeto ACCS Sustentabilidade
Fonte: Dados primários.

O marketing da carne suína prevê o desenvolvimento de promoções da carne suína em feiras e supermercados, com apoio às festas municipais regionais de incentivo ao consumo da carne suína. O Projeto contempla também o trabalho intensivo de organização e a busca de novos mercados tanto dentro como fora do Brasil para os pequenos frigoríficos de Santa Catarina.

Quanto ao equilíbrio sustentável entre produtor e agroindústria, o objetivo é a intensificação do trabalho junto aos suinocultores independentes de Santa Catarina, e proporcionar resultados positivos com relação a mercado e preço do suíno. Também está prevista a organização dos suinocultores por classe de produção e o fomento de novos Núcleos Municipais e Regionais.

O item meio ambiente se subdivide em dois temas centrais: Termo de Ajustamento de Condutas (TAC) e Protocolo de Quioto. O TAC da Suinocultura tem como meta continuar o trabalho intenso das Câmaras de Educação Ambiental e Comunicação e da Câmara Técnica, além de levar as discussões e assinatura do Termo para outras regiões. Já o Protocolo de Quioto envolve o tratamento ambiental para diminuição de cargas; seqüestro de carbono através de biodigestor; otimização dos recursos energéticos através do biogás, buscando a sustentabilidade; obtenção de recursos através do protocolo de Quioto e implantação do tratamento e aproveitamento dos Resíduos Sólidos. Considerada a parte mais complexa, a instalação de biodigestores para o seqüestro de carbono e redução da poluição, bem como a adesão ao protocolo de Quioto, é o foco principal desta vertente.

A instalação dos biodigestores também abre a possibilidade de geração de crédito de carbono, visto que o tratamento dos dejetos impede a emissão de gás metano, substância que possui um potencial 21 vezes superior quando comparado ao gás carbono, para a intensificação do aquecimento global.

O banco japonês Sumitomo é o parceiro da ACCS na negociação para a inclusão da suinocultura de Santa Catarina num programa de venda de créditos de carbono com o aproveitamento de parte dos dejetos gerados pelo rebanho estadual na geração de calor e energia. A empresa GTER, de Chapecó, atua como consultora técnica do projeto, sendo responsável pelos projetos técnicos e fiscalização de implantação.

Do valor encaminhado aos produtores de suínos, serão pagos o biodigestor (equipamento que transforma o gás metano, presente nos dejetos produzidos pelos suínos, em gás carbônico, 21 vezes menos poluente que o metano), mão de obra e estrutura para a transformação do gás metano em gás carbônico.

O programa prevê a construção de biodigestores para a redução da poluição ambiental. O objetivo da ACCS não é apenas queimar o gás expelido, mas principalmente a geração de energia, reduzindo assim os custos da propriedade com energia elétrica. Este é o diferencial proposto pela ACCS, é a sustentabilidade da propriedade, onde a queima do gás não seja a única ação, mas que o produtor o utilize como alternativa de energia, além da redução de poluição ambiental.

Na primeira fase do programa, 63 propriedades de Santa Catarina serão beneficiadas. A Granja Suruvi foi a primeira a receber as construções e melhorias. As obras tiveram início no início de 2006 e levaram cerca de seis meses para a conclusão dos trabalhos.

A parceria entre a granja e a ACCS constitui-se em divisão de responsabilidades e encargos do investimento. O produtor ofereceu o terreno, construir cercas, permitiu livre acesso à propriedade e cuida da operação e manutenção básica da estrutura (limpeza, acionamento diário da bomba). A ACCS entrou com os recursos, know-how, projetos, gerenciamento da parte mais complexa da manutenção, apoio técnico e acompanhamento dos resultados do projeto (redução de conta de luz, recebimento crédito de carbonos, negociações).

Tal parceria resultou na instalação de um complexo envolvendo infra-estrutura de captação de dejetos das "bacias", um biodigestor com capacidade de armazenamento de 900m³ de dejetos, um motor gerador de energia elétrica com 50 KVA de potência e rede elétrica interna adaptada para a carga proveniente do gerador.

A fim de esclarecer o funcionamento do sistema, será feita uma descrição da sistemática do processo de geração de energia elétrica, desde a captação dos dejetos, passando pelo período de retenção no biodigestor para a fermentação e conseqüente produção de biogás. O gás produzido serve de combustível para o gerador adaptado. A eletricidade gerada é lançada na rede de propriedade e direcionada para a fábrica de ração instalada no local. Esta

fábrica produz alimento para a criação de porcos da granja, ou seja, atende o consumo interno da granja.

4.2.2 Funcionamento do sistema de geração de eletricidade

O modelo de produção suínica adotado na granja se baseia na criação dos animais sobre piso compacto ou ripado. O manejo dos dejetos produzidos sob estas condições se dá na sua forma líquida, portanto as unidades de produção requerem instalações destinadas ao armazenamento e/ou tratamento adequado do dejetos a fim de minimizar os riscos de poluição e contaminação.

As instalações são compostas por 3 galpões de alvenaria, cada um subdividido em baias iguais, dispostas em fila única ao longo de um corredor lateral, com um total de 18 baias, cada uma com capacidade para alojar em média 65 animais. Na parte interna das baias, junto à parede do lado oposto ao corredor, existe uma lâmina d'água (figura 11), ao longo de toda extensão do barracão, medindo 1,0 m de largura por 0,155 m de profundidade. Cada conjunto de duas baias possui uma lâmina d'água independente (18 m de comprimento) com tubulação de escoamento individualizada. A lâmina d'água serve como coletora ou armazenadora dos dejetos produzidos em um dia e, também, como uma forma de escoamento dos dejetos.

É possível observar que não existe um controle do volume de água que é adicionado diariamente nas lâminas, o que acarreta em um alto grau de diluição dos dejetos. Todo dejetos produzido é raspado para a lâmina d'água e juntamente com a água de higienização da sala é liberado todos os dias na parte da manhã para o sistema de tratamento de dejetos da granja.



Figura 11: Instalações da cria evidenciando a lâmina d'água.
Fonte: Granja Suruvi



Figura 12: Galpão de criação de suínos
Fonte: Granja Suruvi

A figura abaixo demonstra o croqui do galpão de criação de suínos. Nota-se a abrangência da lâmina de água, que perpassa toda a extensão do galpão.

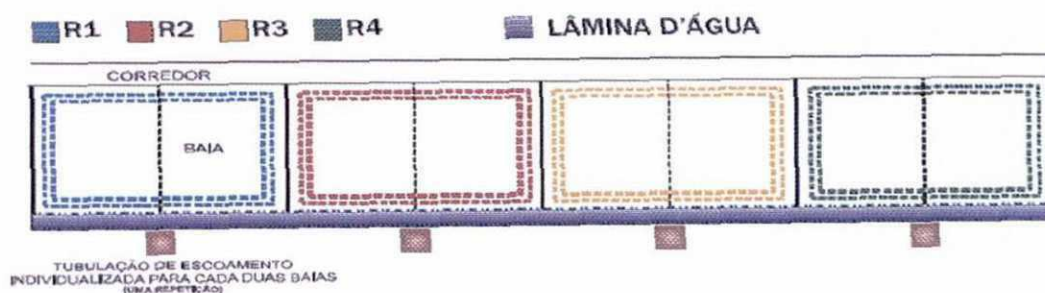


Figura 13: Croqui do galpão de criação com detalhes da instalação
Fonte: Granja Suruvi

Todo o dejetos proveniente dos três galpões são recolhidos e transportados através em tubos com diâmetro mínimo de 150 mm (PVC) para o tanque de homogeneização (figura 14). O fato dos galpões estarem acima do nível do tanque, permite que seja empregada a força da gravidade para a movimentação dos dejetos, do galpão ao tanque sem precisar de nenhum sistema de força adicional, como por exemplo bomba de pressão.



Figura 14: Tanque de homogeneização
Fonte: Arquivo do autor

Após chegar ao tanque, os rejeitos são armazenados por menos de um dia, pois todas as manhãs um funcionário aciona a bomba (figura 15) para movimentar a massa de dejetos para o biodigestor.



Figura 15: Bomba do tanque de homogeneização
Fonte: Arquivo do autor

Biodigestor, modelo canadense, com capacidade de 900 m³, é constituída de uma fibra chamada PEDA, com alto poder de resistência e maleabilidade, o que facilita a instalação do mesmo. Por ser resistente, a durabilidade é elevada, segundo comentários do Eng. Felipe, em três anos de uso o biodigestor não apresentou nenhum problema. A utilização das mantas plásticas na construção dos biodigestores, material de alta versatilidade e baixo custo, é o fator responsável pelo barateamento dos investimentos de implantação.

Uma vez no biodigestor, a massa fica armazenada por cerca de 35 dias, período denominado Tempo de Retenção (TRH), tempo suficiente para que ocorra a digestão anaeróbica e produção de biogás. Segundo o engenheiro Felipe, o pico de produção do biogás ocorre em 22 dias. Importante salientar que este prazo é condizente com aquele verificado na literatura. A matéria passa por um processo de fermentação anaeróbica, que inclui a passagem por três fases – liquefação, acidulação e gaseificação, no qual a matéria orgânica passa do estado sólido para o gasoso, o que dá origem ao biogás.



Figura 16: Biodigestor da Granja Suruvi
Fonte: Arquivo do autor

Conforme a Oliveira (2008), o biodigestor deve atender uma série de pré-requisitos a fim de garantir o ambiente propício para uma adequada produção de biogás. Vedação completa, para evitar a entrada oxigênio e com isso possibilitar a criação das bactérias anaeróbicas, responsáveis pela digestão dos dejetos, um pH não ácido, o que significa níveis acima de 7, temperatura entre 28° C e 35°C, pois os microorganismos produtores de metano são muito sensíveis a variações de temperatura, sendo preciso assegurar a sua estabilidade, seja através do aquecimento interno ou de melhor isolamento térmico da câmara de digestão durante os meses de inverno, principalmente em Concórdia, pois nos meses de inverno é que ocorre uma maior demanda por energia térmica e uma tendência dos biodigestores em produzirem volumes menores de biogás

Quando estas condições são atendidas, o biogás oriundo do processo possui um cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano.

No caso da granja Suruvi, estes índices são atendidos, cujo reflexo está na participação do metano na composição do biogás (80%), bem acima da média verificada em outros experimentos (60-65%). Quanto maior a participação de metano, maior é o potencial calorífico e maior rentabilidade na geração energética. A tabela abaixo demonstra a observância destes requisitos:

pH	7,4
Temperatura	28° C
Vedação	Completa
% de Metano no Biogás	80

Quadro 4: Condições do biodigestor da Granja Suruvi
Fonte: Elaborado pelo autor

Evitar a formação de crostas sobre a superfície da massa em decomposição dentro do biodigestor, pois a ocorrência deste fenômeno dificulta a fabricação de biogás. Além disso, a matéria quando se torna muito sólida, ela gera um grande problema no momento de remoção do dejetos do biodigestor. Esta dificuldade não permite o uso dos meios usualmente empregados (bombeamento) para a transferência do dejetos do biodigestor para a lagoa de decantação, sendo necessário o emprego de caminhões tanque para sucção e retirada da massa. Ou seja, implica mais custos de operação, além da produção de biogás perdida.

Com o objetivo de minimizar o risco da ocorrência deste problema, a granja utiliza um sistema de bomba e encanamentos que permitem a movimentação interna da massa. Toda manhã um operador aciona a mesma bomba do tanque de homogenização, fecha uma válvula para não permitir a entrada de dejetos provenientes dos galpões. Então, a bomba acionada

serve para empurrar a massa em direção ao encanamento do fundo biodigestor, que leva para o tanque de homogeneização. No tanque, a matéria é novamente repassada ao biodigestor, através de sua própria bomba. Este movimento circular, no qual a massa entra e sai do biodigestor, impede a formação das crostas na massa e viabiliza uma maior produção de biogás.

Outra medida adotada para agilizar a movimentação, foi a instalação de um compressor (figura 17) acoplado ao biodigestor, que exerce pressão para mover a massa digerida em direção à lagoa de decantação. Esta ferramenta é de grande valia, pois após ser fermentada e ser gerado o biogás, a massa resultante do processo fica no fundo do biodigestor. Para evitar que ela acumule e com isso diminua a capacidade de armazenamento, foi instalado o compressor.



Figura 17: Compressor para movimentação do biogás
Fonte: Arquivo do autor

O material, uma espécie de lodo inativo, resultante do processo de biodigestão, é lançado na lagoa de decantação. Este lodo possui um potencial de poluição 88% menor quando comparado ao seu teor na entrada. A principal redução é verificada na presença da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, principal responsável pelo consumo de oxigênio. Esta substância quando lançada em rios compromete a vida aquática, por ser grande consumidora de oxigênio a dissolução de oxigênio na água é reduzida drasticamente, o que acarreta em dificuldades para a fauna e flora aquática.

Este lodo inativo é empregado sob a forma de biofertilizante, muito úteis na lavoura. A produção de biofertilizantes da propriedade é suficiente para atender a demanda local e dos vizinhos, que retiram a cada 30 dias o lodo, tudo sem custos. Para fazer a retirada, geralmente é empregado um trator, de propriedade dos vizinhos.



Figura 18: Lagoa de decantação da Granja Suruvi
Fonte: Arquivo do autor

O biogás gerado é transferido do biodigestor para o gerador através de uma válvula (figura x) que é aberta quando a pressão interna do biodigestor atinge o nível máximo. O biogás é transportado por meio de tubulação rígida de PVC com 50 mm de diâmetro.

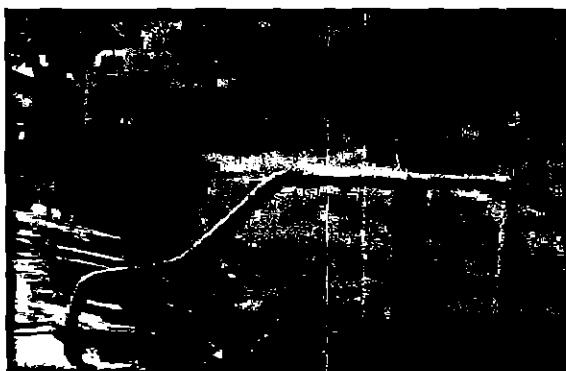


Figura 19: Válvula de saída do biogás
Fonte: Arquivo do autor

Antes de chegar ao gerador, o gás passa por um filtro (figura 20) que faz a lavagem e resfriamento do biogás. O gás “limpo” é armazenado em um reservatório, denominado “balão de gás, para posterior aproveitamento no gerador. A presença de vapor d’água, CO₂ e gases corrosivos (H₂S) no biogás “in natura”, constitui-se no principal problema para a viabilização de seu armazenamento e na produção de energia. Equipamentos mais sofisticados, a exemplo de motores à combustão, geradores, bombas e compressores têm vida útil extremamente reduzida. A remoção de água, H₂S e outros elementos através de filtros e dispositivos de resfriamento, condensação e lavagem é imprescindível para a viabilidade de uso em longo prazo. A instalação do filtro foi providenciado para minimizar este problema.

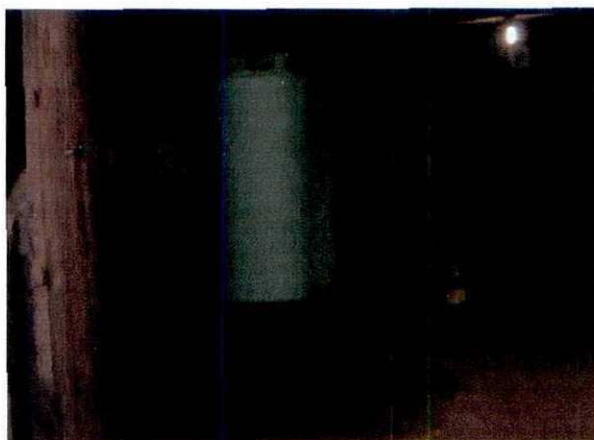


Figura 20: Filtro de limpeza do biogás
Fonte: Arquivo do autor

O balão de biogás possui capacidade de armazenamento de 180 m³ é constituído por uma vinimanta de PVC de cor negra, com espessura 0,8 mm. Está conectado diretamente ao grupo gerador.



Figura 21: Balão de biogás
Fonte: Arquivo do autor

Foi instalado um conjunto gerador de eletricidade trifásico (220/380 VAC) (modelo KOHLBACH), 3.600 RPM, 60 hz, com capacidade nominal de geração de 50kVA, controle de rotação eletrônico do tipo isócrono com controle por sensor eletromagnético e proteção contra sub e sobrevelocidade, Motor AP2000 – 4 cilindros/8 válvulas, adaptada para uso com biogás e refrigerado por trocador de calor com aproveitamento da água de refrigeração do motor para geração de água quente. O consumo observado de biogás para o conjunto em operação normal situou-se entre 18 a 20m³/hora. O motor é acionado durante quatro horas

diárias, suficientes para alimentar a fábrica de rações. Na figura 22 é apresentado um motor idêntico ao empregado na Granja Suruvi.



Figura 22: Exemplar similar ao motor gerador de 50 kVA instalado na Granja
Fonte: Oliveira, 2008.

O conjunto está acoplado a um gerador de eletricidade, independente da rede de energia elétrica da concessionária local. Neste caso, o conjunto é independente da rede de energia elétrica local, gerando energia dentro de propriedade com o sistema de distribuição interno isolado.

A energia é levada até um ponto próximo a fábrica de ração, onde há um quadro de comando com contactores, disjuntores, para que seja possível a transferência da energia. Por exemplo, ao acionar determinado disjuntor, a fábrica receberá energia da Celesc. Se acionado outro, a energia usada será proveniente do gerador. A fábrica opera diariamente, durante quatro horas. A fábrica de rações possui os seguintes equipamentos:

Especificação	KW
Moinho	22,8
Misturador	3,68
Rosca	2,2
Rosca	1,47
Rosca	1,47
Total	31,62

Quadro 5: Quadro de carga da fábrica de rações
Fonte: Dados primários

Esta carga aliado ao uso da potência máxima dos equipamentos, resulta em um consumo anual de 60.000 kW, com um custo anual de quase R\$ 10.000,00.

A figura a seguir apresenta a fábrica de rações. Nota-se que é uma unidade pequena, voltada somente para o atendimento da demanda interna.



Figura 23: Vista da fábrica de rações
Fonte: Arquivo do autor

Este tópico visou a apresentação da sistemática do funcionamento do sistema de geração de energia elétrica a base de biogás. Trata-se de uma estrutura sofisticada, que faz o uso de tecnologia para tornar a operação do sistema mais simples e acessível, aliando segurança e eficiência. Estudos conduzidos por Bley Jr e Bruns (2008) e Oliveira (2008) em unidades de suinocultura localizadas no Paraná e Santa Catarina, respectivamente, comprovaram a viabilidade técnica do uso do biogás como fonte de energia elétrica. Cabe salientar que estes estudos foram conduzidos em unidades de produção de médio e grande porte, fato que não possibilita a afirmação que o biogás é uma fonte de eletricidade válida para as pequenas propriedades (até 500 suínos), que concentram quase um terço do rebanho estadual.

O tópico a seguir trabalhará a viabilidade econômica do empreendimento, dimensão fundamental para sustentabilidade do projeto.

4.3 Resultados econômico-financeiros da geração de eletricidade a base de biogás

A análise econômica consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção, custos de combustível e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

4.3.1 Produção de biogás

Suruvi possui cerca de 2.500 suínos, cuja carga de produção de dejetos situa-se na média de 8 litros por unidade, perfazendo um total de 20 m³ de dejetos diários. Todo este montante é direcionado para o biodigestor onde permanece em média 35 dias, período denominado como tempo de retenção (TRH). Neste prazo os dejetos são fermentados e dele é extraído o biogás.

O biogás é o insumo básico para a produção de eletricidade da Granja. Produto resultante da digestão anaeróbica dos dejetos de suínos, possui um alto potencial de combustão em função de presença maciça de metano. No caso de Suruvi, o índice de metano na composição do biogás é superior a 80%, muito acima da média de 60 a 65%.

Para calcular a produção de biogás, foi empregada a metodologia preconizada por Oliveira (2008), que se baseia na diluição dos dejetos no chorume (mistura de água com dejetos) produzido. Normalmente, em função do uso de elevadas quantidades de água no processo de limpeza das baias, os dejetos são muito diluídos. Portanto, é necessária a observação da Matéria Seca (MS) e/ou Sólidos Totais (ST), que correspondem a 3 a 8% do total de chorume. Deste percentual, cerca de 70% correspondem aos Sólidos Voláteis (SV), responsáveis diretos pela produção de biogás (SCHERER et al, 1996). Sendo que, quanto maior for a concentração de Sólidos Voláteis na alimentação diária do biodigestor (kg/m³), maior será a capacidade do biodigestor de produção de biogás. Verificado o total de SV presente no composto, aplica-se um fator de 0,45 m³/kg de SV, para descobrir a real produção de biogás. Esta metodologia deu origem a fórmula empregada no trabalho:

$$SV = (\text{Tot Dej} \times ST) \times 0,7ST$$

Onde:

SV = Sólidos Voláteis

Tot Dej = Total de dejetos diários

ST = Sólidos Totais

Com base nesta fórmula, chegou-se ao seguinte equação:

$$SV = (20.000 \times 5\%) \times (0,7 \times 5\%)$$

$$SV = 350 \text{ kg/dia}$$

O percentual de 5% aplicado ao Sólido Total baseou-se na média usualmente verificada, tal procedimento foi adotado em função da ausência de dados químicos que comprovassem a verdadeira participação de ST no chorume.

Descoberto o total de SV diários, aplica-se o fator de correção proposto por Oliveira (2008), de 0,45 m³/kg dia:

$$\text{Produção de Biogás} = \text{SV} \times 0,45$$

$$\text{Produção de Biogás} = 350 \times 0,45$$

$$\text{Produção de Biogás} = 158 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Esta produção diária de biogás de 158 m³ serve como base para cálculo da capacidade de geração da produção de eletricidade, pois conforme mencionado anteriormente, o biogás é o insumo que serve de “combustível” para o motor gerador.

A energia produzida por kWh/m³ foi obtida convertendo-se a potência em kVA para kWh, e com esta conversão calculou-se a produção de energia em kWh/m³. Para conversão de kVA em kW, considerou-se que 1 kVA equivale a 0,8 kW/h. Ou seja, o motor instalado de 50 kVA possui um potencial de geração equivalente a 40 kW (50 * 0,8).

De acordo com Santos (2000), 1m³ de biogás equivale a 6,5KW/h. Partindo-se desse princípio tem-se que a eficiência de transformação de biogás em energia elétrica é dada pela razão entre a energia produzida pela equivalência de 1 m³ de biogás, ou seja: Eficiência (%) = (energia produzida kWh/m³ / 6,5 kWh/m³) * 100.

Segundo informado pela ACCS, o atual consumo do motor de 40 kW é de cerca de 18 a 20m³ por hora de produção, 1 m³ gera 2 kW/h. Ao utilizar a fórmula proposta por Santos, calcula-se a eficiência de conversão em cerca de 30%, média compatível ao verificado na literatura existente.

$$\text{Eficiência (\%)} = (2 / 6,5 \text{ kWh/m}^3) \times 100$$

$$\text{Eficiência (\%)} = 30 \%$$

Tal nível de eficiência aliada a disponibilidade de 158 m³ de biogás, traduz-se em um potencial de operação de quase 8 horas diárias, com geração total de 320 KW. O quadro 6 demonstra o potencial de geração da Granja, com base na atual disponibilidade de biogás:

Biogás	
Quantidade de suínos (unid)	2.500
Produção diária de dejetos (litros)	20.000
Produção de biogás diário (m ³)	158
Consumo de biogás no gerador por hora	18 a 20
Consumo de biogás diário	80
Capacidade instalada	40
Capacidade instalada de geração anual em KW	350.400
Capacidade efetiva de geração anual em kW	114.975
Hora utilizadas por dia	4
Hora utilizadas por ano (365dias x 8 horas)	1.460
Geração anual de energia elétrica (em kWh)	58.400

Quadro 6: Potencial de geração de eletricidade
 Fonte: Dados primários

Observa-se que atualmente a Granja não está utilizando todo o seu potencial de geração efetiva, que baseia-se na carga instalada do motor gerador e na disponibilidade de biogás. A Granja apresenta um aproveitamento de 51% da capacidade efetiva de geração.

4.3.2 Necessidade de investimento

O gasto de investimento, feito tipicamente em função da tecnologia adotada e do nível de desempenho da planta, é a soma do custo dos diversos equipamentos componentes da planta, mais os custos de implantação, que por sua vez devem incluir transporte, seguros, taxas, instrumentação e controle, obras civis, montagem, etc.. Tais custos podem ser considerados com uma função do investimento em equipamentos:

Tabela 1 - Investimentos em equipamentos para produção de eletricidade

Discriminação dos Investimentos em Equipamentos e Serviços	Valor R\$
Adaptação da rede elétrica local	7.000,00
Biodigestor equip. e instalações	80.000,00
Construções em alvenaria	1.000,00
Motor gerador	35.000,00
Filtro de limpeza	1.000,00
Projetos, montagem e outros	1.000,00
Total	125.000,00

Fonte: Dados primários

Estes custos foram informados pela ACCS. Aparentemente, trata-se de valores elevados, principalmente quando comparados com àqueles verificados em estudos de caso encontrados na literatura. Estudo de caso realizado por Dalponte (2004) estimou um investimento de cerca de 65 mil reais para a instalação de um biodigestor e gerador, com um porte muito parecido ao da Granja Suruvi.

A principal justificativa para a elevação dos custos de implantação deve-se ao caráter experimental do empreendimento, além da qualidade do material empregado, que possui uma vida útil superior a vinte anos.

4.3.3 Receitas

Este tópico abordará as receitas auferidas com o projeto. Elas foram divididas em dois grupos: energia elétrica e a proveniente da comercialização com créditos de carbono.

A receita com energia elétrica é auferida através da economia com a conta de luz da fábrica, cujo consumo é de cerca de 60.000 kWh anuais, redundado em custos de aproximadamente R\$ 10.000 por ano. A tarifa por kWh é de cerca de R\$ 0,17, conforme Resolução Homologatória ANEEL nº 689, de 5 de agosto de 2008.

Com base no consumo de biogás por kWh gerado e o tempo de produção, verificou-se a geração elétrica. Este montante físico foi valorado financeiramente através da multiplicação pelo valor do kWh.

Tabela 2: Receitas provenientes da geração de eletricidade

Discriminação	Qtde em kW/H	Preço por kW/h	Receita total em R\$
Dia (4 horas)	160	0,17	26,47
Mês (30 dias)	4800	0,17	794,02
Ano (365 dias)	58400	0,17	9.660,53
Total	63360		

Fonte: Dados primários

Tal receita pode ser auferida através da comprovação da redução dos gastos com a conta de luz. Atualmente, o valor pago para a Celesc é pouco significativo, pois a concessionária só é acionada em casos de indisponibilidade do gerador (manutenção periódica, problema técnico).

Tabela 3: Consumo de energia elétrica

Descrição	Valores
Carga instalada na fábrica	31,62
Consumo anual em KW	60.000
Geração anual de energia elétrica	58.400
Tarifa de energia elétrica por KW/h	0,17
Gasto anual pré-gerador	R\$ 9.925
Gasto anual pós gerador	R\$ 265
Economia com a conta de luz	R\$ 9.661

Fonte: Dados primários

Sobre a receita com crédito de carbonos, os projetos movidos a biogás obedecem às condições de aplicabilidade definidas na metodologia consolidada *ACM0002 – “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources”*, aprovada pelo Comitê Executivo (*Executive Board - EB*) da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) em sua 16ª reunião. A metodologia escolhida é aplicável às atividades de projetos de geração de energia renovável conectadas à rede. O fator de emissão da linha de base típico para projetos de energia renovável conectados ao subsistema interligado Sul-Sudeste-Centro-Oeste, caso de Concórdia, é de 0,267 tCO₂e/MWh.

Algumas peculiaridades são encontradas na Granja, pois ela deixa de emitir metano, substância que possui um potencial 21 vezes mais poderoso para o aquecimento global. Ou seja, na verdade o total de Reduções Certificadas de Emissões (RCE) verificado através da

aplicação da fórmula (total MWh x 0267), deve ser multiplicado por 21, de acordo com a UNFCC (2008).

A intenção da ACCS é comercializar as RCE a taxa de 15 euros por unidade, cotação média do ativo em bolsas de mercadorias e futuros européias. Tal preço está fixado em contrato firmado com o banco japonês Sumitomo Mitsui Brasileiro S.A. O processo de validação está sob análise do Ministério de Ciência e Tecnologia. Salienta-se que toda a consultoria de validação não acarretou em custos diretos, pois o contrato prevê um percentual destinado ao banco japonês. Este percentual, mantido em sigilo, é calculado com base no valor de venda da RCE. Independentemente do valor de face da RCE no momento da negociação, a ACCS tem o valor mínimo de 15 euros garantido.

A tabela abaixo demonstra a projeção de receita anual com o crédito de carbono. O euro foi convertido a uma taxa de R\$ 2,75 baseada na média anual, conforme disponibilizado no *website* do Banco Central do Brasil (BACEN).

Tabela 4: Receitas provenientes de créditos de carbono

Discriminação	Qtde	Fator Correção	Total RCE CO2	Fator Correção para CH4	Valor RCE em €	Valor Total CER em €	Valor Total CER em R\$
Mwh Gerados/ano	58,40	0,27	15,59	327,45	15,00	4.911,73	13.507,26

Fonte: Dados primários

Nota-se uma receita expressiva, superior a R\$ 13.507,00. Tal valor é garantido por contrato, o banco repassará este valor em sua integralidade, e a diferença será em parte absorvida pelo banco, e outra parte será repassada à Granja. Por seguir princípios conservadores, foi considerado somente o valor assegurado, no caso 15 euros por RCE.

4.3.4 Custos anuais com operação e manutenção

Os custos foram divididos em custos fixos (CF) e custos variáveis (CV). No caso do CF, foram considerados àqueles que não sofrem alteração com um nível maior ou menor de geração de eletricidade. Portanto, custos referentes à manutenção de biodigestor não são sofrem grandes alterações em função de uma maior produção elétrica.

A mão de obra foi baseada no valor hora de um funcionário da Granja, estimado em R\$ 4,50 a hora, incluindo encargos. O número de horas dedicadas a manutenção do biodigestor (limpeza, pequenos reparos, acionamento de bomba) baseia-se em informações

repassadas pela ACCS. Sobre o material, estes se referem a ferramentas, produtos de uso geral para realização de pequenos consertos.

Tabela 5: Custos fixos

Descrição	Projeção Mensal	Projeção Anual	% Sub Total
1.1 Mão de obra (30 h mensais)	135	1.620,00	57,45
1.2 Material	100	1.200,00	42,55
Total	235	2.820,00	100,00

Fonte: Dados primários

Os custos variáveis estão relacionados à manutenção do motor, que deve atender especificações determinadas pelo fabricante. A cada determinado número de horas, peças do gerador devem ser substituídas. Isto significa que quanto maior o uso, mais freqüente serão as trocas e reparos.

Tabela 6: Custos variáveis

Descrição	Horas de uso para substituição	Frequência Anual	Custo Unit	Custos	% Sub Total
Mão de obra (10 horas)		120	4,50	540,00	20,28
Troca de óleo (4 x por ano)	300	5	100	486,67	18,27
Troca filtro (2 x ano)	800	2	150	273,75	10,28
Revisão do Gerador	1500	1	800	778,67	29,24
Manutenção filtro	500	3	200	584,00	21,93
Total				2.663,08	100,00

Fonte: Dados primários

A mão de obra é empregada no trabalho de troca e reparos e também é influenciada pela variação do uso do gerador.

Os custos anuais com manutenção e operação chegam a R\$ 5.500,00, equivalentes a 4,5% do valor do investimento. Estudos realizados por Azevedo e Júnior (2001) e Coldebella (2006) em usinas termoeletricas movidas a gás natural e biogás, respectivamente, apontam para um percentual de 4% a 7% do investimento que são gastos com a manutenção e operação dos empreendimentos.

4.3.5 Financiamentos

A única fonte de recursos foi capital própria, tal postura é incomum. Normalmente, como se trata de um empreendimento onde os custos de investimento são altos, torna-se necessário conseguir junto a entidades autorizadas, financiamentos que tornem mais atrativos empreendimentos dessa natureza.

O uso exclusivo de capital próprio tem repercussões na definição da TMA, pois em termos de obra de infra-estrutura, recursos próprios são mais caros quando comparados a recursos de terceiros. Instituições como o BNDES e BRDE possuem linhas para financiamento para investimentos em geração elétrica, cujas taxas variam de Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) + *spread* de 2,5 a 3,5% ao ano. Com base na TJLP de outubro de 6.25% a.a, é possível estimar um custo anual do empréstimo entre 8,75 a 10% (BNDES, 2008). É possível afirmar que uma maior participação destes recursos na composição do capital do projeto diminuiria o custo de capital do projeto.

4.3.6 Depreciação

Para o cálculo da depreciação, o método linear foi utilizado, e consiste na aplicação de taxas constantes durante o tempo de vida útil estimado para o bem. Foram consideradas as taxas de 5% para infra-estrutura elétrica, biodigestor, 6,67 % para o motor elétrico e 4% para obras civis, seguindo a divisão da tabela 7.

Tabela 7: Valores da depreciação

Descrição	Valores	Vida Útil (em anos)	% por ano	Valor Mensal	Valor Anual
Adaptação da rede elétrica local	7.000,00	20	5,00%	29,17	350,00
Biodigestor equip. e instalações	80.000,00	20	5,00%	333,33	4.000,00
Construções em alvenaria	1.000,00	25	4,00%	3,33	40,00
Motor gerador	35.000,00	15	6,67%	194,44	2.333,33
Filtro de limpeza	1.000,00	10	10,00%	8,33	100,00
Projetos, montagem e outros	1.000,00	20	5,00%	4,17	50,00
Total	125.000,00			572,78	6.873,33

Fonte: Dados primários

4.3.7 Tributação

A energia elétrica gerada na Granja é utilizada para consumo próprio, não sendo comercializada. Portanto, a receita auferida pelo projeto é decorrente da economia de energia elétrica, que deixa de ser comprada da CELESC. Assim, não cabe incidência de impostos, pois o lucro auferido é nada mais que o fluxo de caixa preservado, que deixou de ser transferido da granja para a concessionária.

Sobre os créditos de carbonos, existe um grande polêmico envolvendo a tributação dos mesmos. Diversos tributaristas alegam que os RCE são classificados como serviços e por isso deveriam ter uma alíquota condizente, atualmente em 4,8%. Porém, a Lei nº 9.249/95 determina que, a empresa que comercializar créditos de carbono deverá tributar a receita oriunda desta atividade a uma razão aproximada de 10,88%, que corresponde à incidência do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ), e da Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL) sobre o lucro presumido da pessoa jurídica (RFB, 2008).

4.3.8 Retorno econômico-financeiro

Os resultados a seguir são referentes às projeções financeiras dos quinze primeiros anos dos investimentos no processo de geração elétrica, utilizando biogás proveniente de dejetos de suínos.

Os investimentos necessários para a instalação desse processo produtivo de leveduras foram orçados em R\$ 125.000,00, em máquinas e equipamentos, conforme tabela 8 do capítulo.

Quanto ao capital social deste investimento, foi seguida a composição de 100% de capital próprio, sem prazo de amortização fixo, o fluxo de caixa será considerado como o fator de recuperação do capital inicial.

A taxa mínima de atratividade (TMA) é de 11,7% ao ano.

Tabela 8 - Fluxo de Caixa – Ano 0 ao Ano 05

Dados Macroeconomicos	ano 0	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
DRE	ano 0	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5
Receita Operacional		23.167,79	24.094,50	25.058,28	26.060,61	27.103,04
(+) Receita com energia elétrica		9.660,53	10.046,95	10.448,83	10.866,78	11.301,45
(+) Receita com crédito de carbono		13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26
Custo Operacional do Projeto		5.483,08	5.702,41	5.930,50	6.167,72	6.414,43
(-) Custos fixos		2.820,00	2.932,80	3.050,11	3.172,12	3.299,00
(-) Custos variáveis		2.663,08	2.769,61	2.880,39	2.995,60	3.115,43
(-) Juros sobre financiamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação		6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33
Lucro Bruto		10.811,38	11.518,76	12.254,45	13.019,56	13.815,28
(-) Imposto de Renda		1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59
Lucro Líquido		9.341,79	10.049,17	10.784,86	11.549,97	12.345,68
(+) Depreciação	0,00	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33
(=) Disponibilidade	0,00	16.215,12	16.922,51	17.658,19	18.423,30	19.219,02
(+) Captação Recursos Próprio	125.000,00					
(+) Captação Recursos Terceiros	0,00					
(-) Reposição de Capital Próprio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros		0	0	0	0	0
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	(125.000,00)	16.215,12	16.922,51	17.658,19	18.423,30	19.219,02
(=) Recursos Acumulados	(125.000,00)	16.215,12	33.137,63	50.795,82	69.219,12	88.438,14

Fonte: Dados primários

Na tabela acima, pode-se observar a síntese dos dados referentes aos cinco primeiros anos do investimento. Foi utilizado, para efeito de cálculo, um indexador de 4% ao ano, com o intuito de simular um processo inflacionário. Tal correção não foi aplicada na receita de créditos de carbono, pois o valor de comercialização dos mesmos é regido por cláusulas contratuais que não prevêm reajuste de preços por índices de inflação.

Tabela 9 - Fluxo de Caixa – Ano 06 ao Ano 10

Dados Macroeconomicos	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
DRE	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10
Receita Operacional	28.187,16	29.314,65	30.487,23	31.706,72	32.974,99
(+) Receita com energia elétrica	11.753,51	12.223,65	12.712,60	13.221,10	13.749,94
(+) Receita com crédito de carbono	13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26
Custo Operacional do Projeto	6.671,01	6.937,85	7.215,36	7.503,98	7.804,14
(-) Custos fixos	3.430,96	3.568,20	3.710,93	3.859,36	4.013,74
(-) Custos variáveis	3.240,05	3.369,65	3.504,43	3.644,61	3.790,40
(-) Juros sobre financiamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.773,33
Lucro Bruto	14.642,82	15.503,47	16.398,54	17.329,41	18.397,52
(-) Imposto de Renda	1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59
Lucro Líquido	13.173,23	14.033,88	14.928,95	15.859,82	16.927,93
(+) Depreciação	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.873,33	6.773,33
(=) Disponibilidade	20.046,56	20.907,21	21.802,28	22.733,16	23.701,27
(+) Captação Recursos Próprio					
(+) Captação Recursos Terceiros					
(-) Reposição de Capital Próprio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros	0	0	0	0	0
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	20.046,56	20.907,21	21.802,28	22.733,16	23.701,27
(=) Recursos Acumulados	108.484,70	129.391,91	151.194,19	173.927,35	197.628,61

Fonte: Dados primários

Os mesmos parâmetros de indexação foram utilizados para as projeções do sexto ao décimo ano do investimento.

Tabela 10 - Fluxo de Caixa – Ano 11 ao Ano 15

Dados Macroeconomicos	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
DRE	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15
Receita Operacional	34.293,99	35.665,75	37.092,38	38.576,08	40.119,12
(+) Receita com energia elétrica	14.299,94	14.871,94	15.466,82	16.085,49	16.728,91
(+) Receita com crédito de carbono	13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26	13.507,26
Custo Operacional do Projeto	8.116,30	8.440,95	8.778,59	9.129,73	9.494,92
(-) Custos fixos	4.174,29	4.341,26	4.514,91	4.695,51	4.883,33
(-) Custos variáveis	3.942,01	4.099,69	4.263,68	4.434,23	4.611,60
(-) Juros sobre financiamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação	6.773,33	6.773,33	6.773,33	6.773,33	6.773,33
Lucro Bruto	19.404,36	20.451,46	21.540,46	22.673,01	23.850,86
(-) Imposto de Renda	1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59	1.469,59
Lucro Líquido	17.934,77	18.981,87	20.070,87	21.203,42	22.381,27
(+) Depreciação	6.773,33	6.773,33	6.773,33	6.773,33	6.773,33
(=) Disponibilidade	24.708,10	25.755,21	26.844,20	27.976,75	29.154,60
(+) Captação Recursos Próprio					
(+) Captação Recursos Terceiros					
(-) Reposição de Capital Próprio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros	0	0	0	0	0
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	24.708,10	25.755,21	26.844,20	27.976,75	29.154,60
(=) Recursos Acumulados	222.336,71	248.091,92	274.936,12	302.912,87	332.067,47

Fonte: Dados primários

Após os demonstrativos de fluxo de caixa, com projeções de quinze anos, apresentados acima e na página anterior, foi possível a elaboração dos índices financeiros e econômicos para a apresentação dos resultados referentes a este processo produtivo.

O valor presente líquido foi calculado em **RS 140.829,83 (cento e quarenta mil e oitocentos e vinte e nove reais e oitenta e três centavos)**, com base na fórmula abaixo:

$$VPL = - X_0 + \frac{X_1}{(1+TR)} + \frac{X_2}{(1+TR)^2} + \dots + \frac{X_n}{(1+TR)^n}$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

TR = 11,7%

X₀ = Investimento inicial

X_n = Saldo operacional do caixa no período

A tabela abaixo sintetiza o fluxo de caixa descontado no período de 15 anos:

Tabela 11 – Fluxo de caixa descontado

Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Saldo
0	(125.000,00)		-125.000,00
1	16.215,12	R\$ 14.516,67	-110.483,33
2	16.922,51	R\$ 13.563,08	-96.920,25
3	17.658,19	R\$ 12.670,29	-84.249,96
4	18.423,30	R\$ 11.834,63	-72.415,32
5	19.219,02	R\$ 11.052,62	-61.362,70
6	20.046,56	R\$ 10.320,98	-51.041,72
7	20.907,21	R\$ 9.636,60	-41.405,12
8	21.802,28	R\$ 8.996,56	-32.408,56
9	22.733,16	R\$ 8.398,10	-24.010,46
10	23.701,27	R\$ 7.838,62	-16.171,84
11	24.708,10	R\$ 7.315,68	-8.856,16
12	25.755,21	R\$ 6.826,95	-2.029,21
13	26.844,20	R\$ 6.370,29	4.341,08
14	27.976,75	R\$ 5.943,64	10.284,73
15	29.154,60	R\$ 5.545,10	15.829,83
Total	332.067,47	R\$ 140.829,83	

Fonte: Dados primários

Observa-se que somente a partir do 12º ano será obtido um VPL positivo, com base em um investimento de R\$ 125.000,00. Quando o VPL é maior do que zero, a taxa de retorno do investimento do projeto é maior do que a definida, neste caso 11,7% ao ano. Este valor também indica que será necessário pelo menos 12 anos e 4 meses para que a Ganja possa recuperar seu investimento.

Após a elaboração dos cálculos, chegou-se ao percentual de **14%** de Taxa Interna de Retorno. Tal número corrobora o VPL, que ao apontar um saldo positivo ao final do período de análise, mostrou ter uma taxa de retorno acima da TMA.

O *payback*, baseado no fluxo de caixa projetado, foi calculado em **5,65 anos**, conforme cálculos apresentados na tabela abaixo.

Tabela 12 - *Payback* calculado

Item	Valores
Investimento Total	R\$ 125.000,00
Fluxo da caixa médio	R\$ 22.137,83
Valor do <i>Payback</i> Meses	68
Valor do <i>Payback</i> Ano	5,65

Fonte: Dados primários

Importante salientar que o *payback* é uma ferramenta simples e de fácil visualização, porém, não considera o valor do dinheiro no tempo. Portanto, deve ser analisado com cuidado.

4.3.9 Análise do retorno econômico-financeiro

Com base nos resultados observados, é possível afirmar que a taxa de retorno de 14%, aliado a um VPL superior ao investimento, comprovam a viabilidade do econômico-financeira do projeto. O prazo de retorno de 12 anos é compatível com investimentos em geração de energia elétrica. Porém, as informações apresentam um quadro no qual a viabilidade depende de uma série de fatores para a real sustentabilidade do empreendimento.

Em primeiro lugar, o retorno é superior à TMA, o bônus de risco é de 2,3 pontos percentuais. Para atingir tal margem, o empreendimento não pode depender somente da energia elétrica. É preciso comercializar o RCE, o que implica em maiores esforços porque se trata de um mecanismo complexo e que muitos suinocultores ainda não têm acesso ou conhecimento. A Granja Suruvi pode ser considerada exceção, pois o apoio da ACCS proporcionou acesso a parceiros como o banco Sumitomo, que possibilitaram a concretização do projeto. Uma maneira para diminuir a dependência do RCE é aumentar a produção de energia elétrica, pois, conforme apresentado, há disponibilidade de biogás para operação de 8 horas diárias, em vez das atuais 4 horas. Em caso desta energia adicional não ser consumida pela Granja, o excedente poderia ser comercializado para a CELESC. Existem experiências deste tipo no Paraná, suinocultores geram energia a base de biogás e vendem o excedente para a concessionária local, que paga pela energia um valor referência determinado pela ANEEL. Portanto, existe um bom potencial para receitas adicionais.

Outro ponto a ser analisado é o orçamento de investimentos, que apresentou um patamar elevado quando comparada a experiências relatadas na literatura. O empreendimento apresenta características que demandaram um aporte maior de investimentos, o que repercutiu na análise de retorno.

O uso exclusivo de capital próprio para investimento é um fator que deve ser analisado. Atualmente existem linhas de financiamento, cujo custo é inferior ao verificado (11,7%). Conceitualmente, a literatura aponta para menores custos no capital de terceiros, visto que os riscos dos financiadores incorrem são inferiores aos riscos do empreendedor. Menor risco, menor retorno. Por exemplo, em caso de falência do projeto, terceiros tem prioridade no recebimento de créditos, conseqüentemente, o empreendedor é o último a receber ser capital de volta..

Fruto da política governamental, que prevê aportes significativos no segmento de geração elétrica, principalmente as renováveis, instituições de fomento como o BNDES oferecem linhas de crédito a juros de até 9,5% ao ano, no limite de 80% do capital necessário do empreendimento. O uso deste capital mais barato tem repercussões diretas na taxa de atratividade do negócio, afinal, menores custos de capital implicam em menores patamares de exigência de retorno. Este fato contribui para fortalecimento da atratividade do empreendimento.

Outro aspecto, esta mais relacionada com aspectos técnicos, a quantidade de biogás produzido está diretamente relacionado com a quantidade de suínos existentes na propriedade, sendo necessário ter uma boa escala de produção. A Granja Suruvi é classificada como de grande porte e reúne condições para uma produção expressiva de biogás. Já 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 viáveis para pequenos produtores.

A tributação é um fator presente na questão do crédito de carbono. A atual legislação é confusa, em consulta aos *websites* da Associação Brasileira de Contribuintes e de bancas de advogados tributaristas (Attie & Associados, TozziniFreire Advogados e Décio Freire Advogados), foi possível constatar que há grande polêmica em torno da matéria. Um dos principais motivos é a falta de uma legislação clara sobre o assunto, a RFB não forneceu uma definição clara sobre a classificação tributária do RCE, e por seguirem o princípio do conservadorismo contábil, muitas empresas acabam incorrendo em uma tributação mais onerosa. Tal indefinição tributária tem implicações diretas na análise da viabilidade

econômico-financeira do projeto, pois trata-se de um custo representativo e que diminui a rentabilidade do empreendimento.

Conforme discutido nos parágrafos acima, a Granja Suruvi possui opções que podem ser adotadas com relativa facilidade e que poderiam trazer benefícios econômicos para seu projeto. Então, com o objetivo de aprofundar a análise, foi construído um cenário alternativo baseado em algumas novas premissas.

4.3.10 Cenário alternativo

O cenário elaborado neste tópico foi baseado e algumas premissas constantes na Granja Suruvi e que foram alteradas, a fim de estimar o retorno financeiro do empreendimento quando atendidas as seguintes condições:

- a) Gerador de energia elétrica com operação diária de 8 horas, consumindo assim todo o biogás disponível.

Todas as outras premissas foram mantidas, inclusive os custos e TMA.

Operar o motor gerador durante oito diárias demandará cerca de 160m³ diários de biogás, equivalente a disponibilidade de biogás da Granja. Como este excedente energético não será utilizado na propriedade, aventa-se a possibilidade venda deste excedente para CELESC.

No Paraná, a COPEL já faz uso da geração distribuída como fonte de energia para abastecimento de sua área de concessão. O valor pago pela COPEL aos suinocultores é baseado no Valor Anual de Referência (VR), valor utilizado para regular o repasse às tarifas dos consumidores finais dos custos de aquisição de energia elétrica, sendo determinado pela ANEEL. Atualmente, o VR da COPEL é de R\$ R\$ 140,00 por megawatt (MW), ou R\$ 0,14 por kW/h. Este valor será utilizado como referência na simulação da receita a ser auferida pela Granja na hipótese de venda de energia para a CELESC.

Tabela 13 – Receita adicional com venda de eletricidade

Discriminação	Qtde em kW/H	Preço por kW/h	Receita total em R\$
Geração anual	116.800		
Consumo próprio	60.000	0,17	10.200,00
Excedente para CELESC	56.800	0,14	7.952,00
Total			18.152,00

Fonte: Dados primários

Os créditos de carbono também serão gerados em maior quantidade, pois quanto maior a quantidade de MW produzido de fonte energética limpa, menos carbono é lançado na atmosfera.

Tabela 14 – Receita adicional provenientes de créditos de carbono

Discriminação	Qtde	Fator Correção	Total RCE CO2	Fator Correção para CH4	Valor RCE em Euros	Valor Total CER(em Euros)	Valor Total CER(em Reais)
Mwh Gerados/ano	116,80	0,27	31,19	654,90	15,00	9.823,46	27.014,53
Total	116,80						

Fonte: Dados primários

Com base nas estimativas de receitas adicionais, calcula-se o fluxo de caixa projetado para os próximos quinze anos. Cabe enfatizar que os custos fixos não foram alterados, assim como a taxa de inflação. Já os custos variáveis e a depreciação acompanham o crescimento de produção de energia elétrica.

No campo tributação, o I.R além de incidir sobre a venda de créditos de carbono, também abrangeu a receita oriunda de venda do excedente de eletricidade para a CELESC.

Em função de especificações técnicas, é possível que haja necessidade de investimentos adicionais na adaptação de sistemas da granja, como a rede elétrica interna e um transformador de pequeno porte, a fim de estabilizar a energia e evitar “espasmos” no fornecimento, o que pode acarretar em instabilidade da rede elétrica local, com grandes prejuízos (queima de equipamentos, sobrecargas).

Com o intuito de fazer um orçamento de investimento mais realista possível, estimou-se um aporte adicional de 30% do valor do investimento inicial. Com o incremento, o orçamento de investimentos do cenário é da ordem de R\$ 162.500,00.

Tabela 15 - Fluxo de Caixa do cenário – Ano 0 ao Ano 5

Dados Macroeconomicos	ano 0	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%

DRE	ano 0	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5
Receita Operacional		46.870,53	48.745,35	50.695,16	52.722,97	54.831,89
(+) Receita com energia elétrica		19.856,00	20.650,24	21.476,25	22.335,30	23.228,71
(+) Receita com crédito de carbono		27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53
Custo Operacional do Projeto		8.146,16	8.472,01	8.810,89	9.163,33	9.529,86
(-) Custos fixos		2.820,00	2.932,80	3.050,11	3.172,12	3.299,00
(-) Custos variáveis		5.326,16	5.539,21	5.760,78	5.991,21	6.230,86
(-) Juros sobre financiamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação		8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.935,33
Lucro Bruto		29.789,03	31.338,00	32.948,94	34.624,31	36.366,69
(-) Imposto de Renda		3.885,58	2.939,18	2.939,18	2.939,18	2.939,18
Lucro Líquido		25.903,45	28.398,82	30.009,76	31.685,13	33.427,51
(+) Depreciacao		0,00	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.935,33
(=) Disponibilidade	0,00	34.838,79	37.334,16	38.945,09	40.620,46	42.362,85
(+) Captação Recursos Próprio	162.500,00					
(+) Captação Recursos Terceiros	0,00					
(-) Reposição de Capital Próprio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros		0	0	0	0	0,00
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	-162.500,00	34.838,79	37.334,16	38.945,09	40.620,46	42.362,85
(=) Recursos Acumulados	-162.500,00	34.838,79	72.172,94	111.118,03	151.738,49	194.101,34

Fonte: Dados primários

A seguir será apresentado o fluxo de caixa referente ao ano 6 até o ano 10.

Tabela 16 - Fluxo de Caixa do cenário – Ano 6 ao Ano 10

Dados Macroeconômicos	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
DRE	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10
Receita Operacional	57.025,16	59.306,17	61.678,41	64.145,55	66.711,37
(+) Receita com energia elétrica	24.157,86	25.124,17	26.129,14	27.174,31	28.261,28
(+) Receita com crédito de carbono	27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53
Custo Operacional do Projeto	9.911,05	10.307,50	10.719,80	11.148,59	11.594,53
(-) Custos fixos	3.430,96	3.568,20	3.710,93	3.859,36	4.013,74
(-) Custos variáveis	6.480,09	6.739,30	7.008,87	7.289,22	7.580,79
(-) Juros sobre financiamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.805,33
Lucro Bruto	38.178,77	40.063,34	42.023,29	44.061,68	46.311,51
(-) Imposto de Renda	2.939,18	2.939,18	2.939,18	2.939,18	2.939,18
Lucro Líquido	35.239,59	37.124,16	39.084,11	41.122,45	43.372,33
(+) Depreciação	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.935,33	8.805,33
(=) Disponibilidade	44.174,93	46.059,49	48.019,44	50.057,78	52.177,66
(+) Captação Recursos Próprio					
(+) Captação Recursos Terceiros					
(-) Reposição de Capital Próprio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros	0	0	0	0	0
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	44.174,93	46.059,49	48.019,44	50.057,78	52.177,66
(=) Recursos Acumulados	238.276,27	284.335,76	332.355,20	382.412,98	434.590,64

Fonte: Dados primários

Para finalizar, a tabela 17 demonstra os resultados auferidos no ano 11 até o Ano 15.

Tabela 17 - Fluxo de Caixa do cenário – Ano 11 ao Ano 15

Dados Macroeconomicos	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15
Inflação (IPCA) %	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
DRE	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15
Receita Operacional	69.379,83	72.155,02	75.041,22	78.042,87	81.164,59
(+) Receita com energia elétrica	29.391,73	30.567,40	31.790,10	33.061,70	34.384,17
(+) Receita com crédito de carbono	27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53	27.014,53
Custo Operacional do Projeto	12.058,31	12.540,64	13.042,27	13.563,96	14.106,52
(-) Custos fixos	4.174,29	4.341,26	4.514,91	4.695,51	4.883,33
(-) Custos variáveis	7.884,02	8.199,38	8.527,36	8.866,45	9.223,19
(-) Juros sobre financiamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Depreciação	8.805,33	8.805,33	8.805,33	8.805,33	8.805,33
Lucro Bruto	48.516,18	50.809,04	53.193,62	55.673,58	58.252,73
(-) Imposto de Renda	2.939,18	2.939,18	2.939,18	2.939,18	2.939,18
Lucro Líquido	45.577,00	47.869,86	50.254,44	52.734,40	55.313,55
(+) Depreciação	8.805,33	8.805,33	8.805,33	8.805,33	8.805,33
(=) Disponibilidade	54.382,34	56.675,20	59.059,77	61.539,73	64.118,89
(+) Captação Recursos Próprio					
(+) Captação Recursos Terceiros					
(-) Reposição de Capital Próprio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Reposição de Recursos de Terceiros					
(=) Fluxo de Caixa do Empreendimento	54.382,34	56.675,20	59.059,77	61.539,73	64.118,89
(=) Recursos Acumulados	488.972,98	545.648,17	604.707,95	666.247,67	730.366,56

Fonte: Dados primários

A necessidade de investimento mais robusto não afetou o crescimento da rentabilidade do projeto, cuja TIR alcança a marca de **24,71%**, quase o dobro da TIR verificada na atual operação.

O VPL atinge **R\$ 309.448,60 (trezentos e nove mil e quatrocentos e quarenta e oito reais e sessenta centavos)**. Este resultado é o dobro do verificado atualmente na Granja.

O *payback* é estimado em 3,33 anos, prazo inferior ao anteriormente verificado (5,65 anos).

Com base nas estimativas verificadas no cenário, é possível afirmar com segurança que a Granja exibe um alto potencial para aumentar seus ganhos com apenas alguns ajustes. Mais uma vez, é constatada a relevância da participação empresas de energia elétrica, no caso a CELESC, para o aproveitamento de todo o potencial da propriedade.

4.4 Discussão

Estudos anteriores conduzidos por Oliveira (2008) e Bley Jr e Bruns (2008) comprovaram a viabilidade técnica e operacional do uso de biogás na geração distribuída. Questões antes consideradas grandes empecilhos para a adoção do biogás como fonte de eletricidade foram superadas graças ao avanço das tecnologias de micro geração e distribuição. Porém, a viabilidade econômico-financeira ainda era posta em dúvida. Este questionamento foi o motivador para a realização deste trabalho.

Todos os “diferenciais” econômicos e financeiros apresentados (VPL, TIR, *payback*) neste capítulo permitem afirmar com segurança que o uso de biogás como fonte de eletricidade é economicamente e financeiramente viável. A propriedade analisada apresenta hoje condições propícias para uma operação de geração sustentável do ponto econômico. Há também um grande potencial para aumentar a rentabilidade do empreendimento através de medidas relativamente simples, como o emprego do gerador por mais tempo. Fica evidente a necessidade de um aporte monetário adicional necessário para a realização de tal operação, além do apoio técnico e institucional da concessionária local, no caso a CELESC.

O investimento inicial é aparentemente caro em relação ao poder aquisitivo da maioria dos produtores. Porém, como é possível obter subprodutos desse processo, como o crédito de carbono e o biogás com conversão em energia elétrica, o produtor passa a ter uma perspectiva econômica. O aproveitamento da energia gerada gera benefícios tanto pelo consumo evitado, quanto pela venda do excedente à concessionária, quando é possível obter retorno máximo do investimento. Esta renda proporciona acumulação de capital aos suinocultores, fato que permite investimentos na produção com conseqüentes ganhos de competitividade do setor.

Além dos impactos econômicos, a utilização do biogás tem impactos técnicos, ambientais e sociais. No campo técnico, a geração distribuída baseada no biogás da suinocultura além de suprir a energia localmente, possuem condições próprias para desempenhar um papel importante para o conjunto do SIN, até mesmo quando não são despachadas, pois aumentam as reservas de potência junto a essas cargas; por conseguinte, reduzem os riscos de instabilidade e aumentam a confiabilidade do suprimento.

Já na dimensão ambiental, os benefícios são patentes. Conforme enfatizado, os dejetos oriundos da criação de suínos são um grave problema para Santa Catarina. Ao utilizá-los como fonte energética, evita-se a emissão dos mesmos no solo e água. Quando em decomposição, os dejetos emitem metano e gás carbônico, agentes contribuintes para o agravamento do aquecimento global. O emprego de biodigestores, com o conseqüente

controle da digestão anaeróbica, gera o biogás que é queimado no motor gerador. Com isso, o metano produzido não é lançado na atmosfera.

Em tempos de necessidade energética elevadas, criar fontes renováveis é imprescindível para manutenção de um modelo de desenvolvimento sustentável. O biogás atende esta premissa, pois, conforme apresentado, ele é renovável, e sua transformação em energia elétrica evita a construção de novas fontes de energia não renováveis, como por exemplo termelétricas movidas a carvão.

A promoção do biogás apresenta impactos sócio-econômicos positivos porque gera renda no campo e estimula a indústria de bens de capital, tendo em vista que os equipamentos que são utilizados na planta são ofertados pela indústria nacional, economizando divisas.

Os benefícios do biogás associados à estrutura e a conjuntura extremamente favorável à inserção da bioeletricidade no setor elétrico brasileiro (SEB) abrem uma janela de oportunidade única para a inserção da bioenergia em larga escala na matriz elétrica brasileira. Porém, verifica-se uma atitude ainda conservadora por parte do setor justificada nos últimos anos por uma série de entraves à promoção do biogás, entre os quais, a instabilidade regulatória, a indefinição tributária no mercado de carbono e falta de estrutura de apoio aos suinocultores.

Apesar de haver marco regulatório sobre geração distribuída desde o Decreto 5163/04, há necessidade de se aperfeiçoar normas reguladoras e tarifárias da modalidade. Esta necessidade ficou evidente no momento da construção de cenário no qual era prevista venda do excedente para a concessionária. Por não haver uma tarifa definida pela ANEEL, foi preciso fazer uma projeção baseada em valores aplicados à outra área de concessão, no caso o Paraná. Regras regulatórias claras são condições *sine qua non* para a atração de investimentos neste segmento de geração.

Outro ponto, este mais atinente aos créditos de carbono, é a tributação. A indefinição hoje existente sobre a classificação fiscal das RCE's gera insegurança jurídica, o que implica em maiores custos, o que afasta investidores em virtude da ameaça à rentabilidade do negócio. A Receita Federal ainda não esclareceu esta questão. Tramita atualmente na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei no 3.552/04, que confere aos créditos de carbono natureza de valores mobiliários, incluindo-os, desta forma, no campo de regulação obrigatória pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Ademais, no Brasil tais títulos já são negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), como commodities, o que passaria a caracterizar as RCE's como verdadeiros derivativos, tendo em vista que a formação de seu preço passaria a derivar dos preços do mercado à vista. Tal classificação implica em uma

tributação própria aos investimentos financeiros, que é diferente da aplicada atualmente, que prevê o tratamento dos RCE's como receitas adicionais ao negócio e tributação condizente com esta classificação.

As fontes alternativas de energia possuem um custo superior às fontes convencionais de energia. Logo, a geração de energia renovável necessita de políticas públicas para a sua inserção a curto e médio prazo até que no longo prazo a difusão tecnológico e o caráter decrescente da curva de aprendizado a torne competitiva com a geração convencional.

Esforços governamentais através de políticas públicas, apoio técnico e linhas de financiamento poderiam criar as condições necessárias para adoção em larga escala deste tipo de geração nas pequenas propriedades. Países com a Suíça, Alemanha e Austrália instituíram arcabouços legais que incentivam a comercialização da energia proveniente da geração distribuída a base de biogás. As concessionárias que compram a energia recebem em troca benefícios fiscais. Já os produtores garantem uma fonte de renda adicional ao seu negócio principal. E o governo ganha através da solução de um grave problema ambiental através do tratamento de dejetos, consolida mais uma fonte de energia limpa e segura, e o setor de agricultura, problemático nos países europeus, ganha mais competitividade.

Empresas do setor elétrico também podem contribuir de maneira relevante para o desenvolvimento do sistema. Oferecer condições e regras claras para a aquisição de energia elétrica gerada nas propriedades impulsionaria a adoção deste tipo de geração, principalmente nas grandes propriedades, detentores de capital para investimento. Reportagem do Estado de São Paulo de 09/07/2008 identificou um potencial imediato de geração de 440 MW a partir do biogás. É um potencial a espera de condições para ser explorado.

Propõe-se, então, que seja criado um programa nacional de produção de energia elétrica a partir da suinocultura. Um programa semelhante, mas mais abrangente, para geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis foi criado pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Esse programa, denominado Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), tem como objeto a contratação de energia produzida a partir de fontes renováveis de energia (pequenas centrais hidrelétricas, eólica e biomassa) gerada por produtores independentes de energia com o intuito de aumentar a participação destas fontes renováveis de energia no SEB. Este programa pode servir de modelo para a criação de programas específicos para as diversas fontes, como, por exemplo, o de biogás da suinocultura.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal a análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica no setor de suinocultura catarinense. Conforme verificado no Capítulo 4, pode-se afirmar que a geração elétrica baseada no biogás é economicamente e financeiramente viável.

Para melhor compreensão do assunto, foi necessário fazer um levantamento bibliográfico acerca dos temas concernentes à geração de energia e suinocultura, conforme explicitado no Capítulo 2. Buscou-se os conceitos de energia, biogás, biodigestores, motores geradores, além da investigação das características básicas da suinocultura catarinense, que permitiram aprofundamento da pesquisa e apresentaram a relevância desta temática e suas peculiaridades para o desenvolvimento de Santa Catarina.

Para consecução dos objetivos estabelecidos no Capítulo 1 foram feitas entrevistas e análise de documentos pertinentes, conforme elucidado no Capítulo 3. Os resultados obtidos nestas entrevistas permitiram a caracterização da unidade de geração de energia elétrica a base de biogás.

Com base nos dados levantados, verificou-se o orçamento de investimentos para a instalação de um biodigestor, grupo gerador e infra-estrutura associada.

Feita a previsão de investimentos, partiu-se para a avaliação do retorno econômico-financeiro do projeto. As receitas com energia elétrica e crédito de carbono foram auferidas assim como os custos de operação e manutenção. Foram empregados indicadores como o VPL, TIR e *payback* para a avaliação do retorno do projeto.

Para enriquecer a análise, um cenário alternativo foi criado a partir da alteração de uma premissa (tempo de operação do gerador). Também foram aplicados indicadores econômico-financeiros (VPL, TIR e *payback*) para análise da alternativa. Constatou-se que a alteração da premissa repercutiu positivamente no retorno do investimento.

Disto conclui-se que, para uma unidade de criação de suínos utilizar o biogás como fonte de eletricidade é viável, e para isso deve atender requisitos técnicos como quantidade de suínos superior a 500 unidades, capacidade financeira para investimento, domínio técnico do sistema de geração, conhecimento do mercado de energia elétrica e de créditos de carbono, além do apoio da concessionária de energia elétrica local.

No entanto está-se sujeito aos seguintes entraves: a instabilidade regulatória, a indefinição tributária no mercado de carbono e falta de estrutura de apoio aos suinocultores.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Yolanda Vieira. **Estudo comparativo da eficiência energética da indústria da cerâmica de revestimento via úmida no Brasil e na Espanha.** 2001. 136f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas.
- ACCS – Associação Catarinense de Criadores de Suínos. **A suinocultura catarinense.** Disponível em <<http://www.accs.org.br/paginas.php?cod=producao>>. Acesso em 24 jun 2008.
- ANDRADE, Márcio Antônio Nogueira; NINO, Rafael ; RANZI, Tiago Jurua . **Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental.** In: 4º Encontro de energia no meio rural - AGRENER 2002. Campinas. Anais do 4º Encontro de energia no meio rural - AGRENER 2002.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da energia elétrica 2007.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 02 mai. 2008.
- _____. **Resolução Autorizativa nº 1.482.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 12 out. 2008.
- _____. **Resolução Homologatória nº 689.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 09 out. 2008.
- AZEVEDO, Rafael Oliveira de; JUNIOR, Gentil Nogueira de Sá. **Análise econômico-financeira para implantação de centrais termelétrica a gás no Brasil.** Disponível em <<http://www.iem.efe.br/dpr/td/dezembro2001/resumos.htm>>. Acesso em 01 nov 2008.
- BAPTISTA, Alessandra Sleman Cardos. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no Nordeste do Brasil.** 2006. 158 p. Dissertação (Mestrado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BLEY JR, Cícero Jayme; BRUNS, Romeu de. **Plataforma Itaipu de energias renováveis: estudo de caso.** Disponível em: <http://www.plataformaitaipu.org/conteudo/biblioteca?filtro_tipo_energia=5&filtro_idioma=&filtro_tipo_arquivo=&button=Filtrar>. Acesso em 10 set. 2008.
- BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros. **Mercado brasileiro de reduções de emissões.** Disponível em: <<http://www.bmf.com.br/portal/pages/MBRE/mecanismo.asp>>. Acesso em 10 nov 2008.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Financiamento a empreendimentos (FINEM).** Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/produtos/custos/juros/tjlp.asp>>. Acesso em 13 nov. 2008.
- CASTRO, Nivalde José de. **Os leilões das usinas do Rio Madeira e as perspectivas para o desenvolvimento econômico brasileiro.** Rio de Janeiro: Jornal do Brasil, 10 ago. 2008, p. 3.

CASTRO, Nivalde José de; DANTAS, Guilherme de Azevedo. **Lições do PROINFA e do leilão de fontes alternativas para a inserção da bioeletricidade sucroalcooleira na matriz elétrica brasileira.** In: Congresso Internacional de Bioenergia, 30, 2008, Curitiba. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/biblioteca/0808_CastroDantas_ProinfaAlternativasBioeletricidade.pdf> Acesso em 20 ago 2008.

COLDEBELLA, Anderson et al. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite.** . In: Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída. 7. 2006, Campinas. Anais eletrônicos... Campinas: UNICAMP. Disponível em <<http://146.164.33.61/termo/biogas/cogerao%20BIOG%C1S%20DA%20BOVINOCULTURA%2006.pdf>> Acesso em 01 ago 2008.

COSTA, Alfredo Ribeiro da; SILVA, Nazareno Ferreira da; GOMES, Francisco Plínio Barrôzo. **Biodigestor.** Goiânia: Editora da Universidade Católica de Goiás, 1985. Série Cadernos de Pesquisa.

DALPONTE, Daiane. **Avaliação do uso de dejetos suínos em biodigestor, na produção de biogás e na geração de energia.** Florianópolis : [s. n.]. 2004. 38 f.Trabalho de Conclusão (Curso de Engenharia Sanitária)Universidade Federal de Santa Catarina.

DALY, Peter; MORRISON, Jay. **Understanding the potential benefits of distributed generation on power delivery systems.** Rural Electric Power Conference, 2001.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2006.** Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2006.

_____. **Balanco Energético Nacional 2007: ano base 2006: resultados preliminares.** Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

FARIA JR, Max J.A.; PASCHOARELLI JR, Dionízio; SEIXAS, Falcondes J. Mendes de. **Impacto da utilização de inversores em sistemas de geração distribuída sobre equipamentos rurais.** Coletânea de Artigos: energias solar e eólica. 2. Rio de Janeiro: CRESESB, 2005.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica.** Santa Maria: Editora da UFSM, 1999.

FRANCO Homero M; TAGLIARI, Paulo. **SC prepara-se para enfrentar seu maior problema ambiental.** Revista Agropecuária Catarinense. Florianópolis, 7, n 2, p14-18 jun 1994.

GASPAR, Rita Maria Bedran Leme. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira.** São Paulo: Harbra, 2002

GOLDEMBERG, Jose. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/CESP, 1998.

GOLDEMBERG, Mirian. **A Arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Record, 2005.

HENN, Alan. **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos e uma pequena propriedade produtora de suínos – condição de partida**. Florianópolis, 2005. 157 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

HUMMEL, Paulo Roberto Vampre; TASCHNER, Mauro Roberto Black. **Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos: engenharia econômica : teoria e prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995

Instituto CEPA. **Elaboração do Levantamento Agropecuário Catarinense - LAC**. Instituto CEPA. Florianópolis, 2005. Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural.

ITAIPU. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org.br>>. Acesso em: 02 mai 2008.

JÚNIOR, Milton Francisco dos Santos. **A geração de energia elétrica através de fontes renováveis e o mercado de créditos de carbono no Brasil: o caso das PCHs**. Curitiba, 2006. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1991.

_____. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

MAGALHÃES, Agenor Portelli Teixeira. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: Nobel, 1980.

MARTINS, Davis Silva; ASSIS, Elaine Gomes. **Estudo de viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma Granja de perus**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Anais eletrônicos..., 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR590444_9790.pdf>. Acesso em 28 jul 2008.

MIRANDA, Cláudio Rocha de. **Avaliação de estratégias para a sustentabilidade da suinocultura em Santa Catarina**. Florianópolis, 2005. 264 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

MOREIRA SANTOS, Afonso Henriques et al. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Itajubá/MG: FUPAI, 2001.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. **Projeto de biodigestor para produção de biogás em sistema de produção de suínos**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=263>. Acesso em 25 set 2008.

_____. **Produção e manejo de suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 2002.

_____. **Projeto de biodigestores e estimativa de produção de biogás em sistema de produção.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 8 f. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 417).

PESSOTO, Felipe; FILHO, Ernesto Ruppert. **As microturbinas e a geração distribuída.** In: Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, 5, 2004, Campinas. Anais eletrônicos...2004. Disponível em: <http://www.demic.fee.unicamp.br/~siqueira/IE327/Trabalho%2053.pdf> Acesso em: 17 jun 2008.

POOLE, Alan Douglas et al. **Conservação de energia e emissões de gases do efeito estufa no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA. **Assessoria de planejamento.** Disponível em: <http://www.concordia.sc.gov.br/asplan_arquivos.htm>. Acesso de 29 set 2008.

PRO COBRE. Disponível em <<http://www.procobre.org/pr/index.html>>. Acesso em: 25 abr 2008.

RFB – Receita Federal do Brasil. Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/DefesaContribuinte/ementarios.htm>>. Acesso em: 14 nov 2008.

RICHARDSON, Roberto Jarry; PERES, Jose Augusto de Souza (et al). **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. rev. ampliada. São Paulo: Atlas, 1999.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005

RUDIO, Franz. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** 30 ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

SANTOS, Paulo et al. **Guia técnico de biogás.** Portugal: Centro para a Conservação de Energia: 2000.

SCHEER, Hermann. **O manifesto solar energia renovável e a renovação da sociedade.** Rio de Janeiro: CRESESB, 1995.

SCHERER, Eloi et al. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis: EPAGRI, 1996, 46p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 79).

SEGRANFREDO, Milton Antônio. **Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente do solo?** Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v16/cc16n305.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2008.

SEIXAS, Jorge et al. **Construção e funcionamento de biodigestores**. Brasília: EMBRAPA - DID, 1980. EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 4.

SILVA, Neilton Fidelis. **Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. 263f. Tese (Doutorado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SIMIONI, Carlos Alberto. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. 2006. 300f. Tese (Doutorado) Faculdade de Economia, Universidade Federal do Paraná.

SGANZERLA, Edílio. **Biodigestores: uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SOUZA, Samuel N. Melegari; PEREIRA, William Caldart; PAVAN, André Aparecido. **Custo da Eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás na suinocultura**. In: Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, 5., 2004, Campinas. Anais eletrônicos... 2004. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2004/Fscommand/PDF/Agrener/Trabalho%2041.pdf>> Acesso em 15 jun. 2008.

SPIER, Erico; LEMOS, Flavio.; BAZANELLA, Alexandre; et al. **Avaliação de conexão de produtores independentes em alimentadores radiais de sistemas de distribuição**. VIII Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, Brasília, 2002.

TRICHES, Gilmar Paulinho. **A suinocultura e o desenvolvimento regional: o caso do Alto Vale do Itajaí – SC**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado). Universidade Regional de Blumenau. Disponível em <http://proxy.furb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=67>. Acesso em 15 jun 2008.

TOLMASQUIM, Maurício (organizador). **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência:CENERGIA, 2003.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. **UFSC inova na suinocultura catarinense**. Disponível em: <<http://www.agecom.ufsc.br/index.php?secao=arq&id=2244>>. Acesso em: 24 jun. 2008.

UNFCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. **ACM0002 – Consolidated methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources Version 7**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved.html>>. Acesso de 07 nov 2008.

Vialli, Andrea. **Biogás é alternativa para gerar energia**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 07 jul. 2008, Caderno Economia, p.12.

WWF-Brasil. **Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_energia_ebook.pdf>. Acesso em 25 mar. 2008.

ANEXO

ANEXO A - Entrevista semi estruturada Granja Suruvi

1) Descrição do cenário

Falar sobre Concórdia

Rápido histórico

Localização, dados geográficos, habitantes, PIB, composição economia regional

Consumo de energia elétrica

Suinocultura na cidade (plantel)

2) Características da propriedade

Aspecto geral (principal atividade, quanto tempo está no negócio_

Desde quando tem o biodigestor/ e produção de energia elétrica/ o porquê

3) Aspectos gerais e técnicos

Localização e Tamanho da propriedade (nº matrizes, quantidade de dejetos)

Média diária de Produção de biogás

3.1 Qual a motivação para instalação de um gerador a base de biogás?

3.2 Mais especificamente, a escolha do uso do biogás pra gerar energia elétrica foi motivada por quais fatores?

3.3 Existe alguma motivação/condição legal que estimule a implantação do biodigestor?
(verificar se a instalação é decorrente de alguma lei ou regulamento governamental)

3.4 Quando o senhor instalou o gerador?

3.5. Levou quanto tempo para instalar a estrutura?

3.6. Qual o modelo de biodigestor utilizado? O que motivou tal escolha?

3.7. Quem elaborou o projeto? Quem executou o projeto?

3.8. E o motor, foi adquirido o pacote completo (motor, instalação, serviços de adaptação da infraestrutura elétrica)? Qual a marca utilizada? Qual empresa forneceu?

4) Custos implementação

4.1 Qual o custo global?

4.2 Custos de instalação, total e desdobramento por item:

Biodigestor

- assessoria técnica, projeto, execução do obra (mão de obra, material empregado (PVC, vinimanta PVC, maquinário utilizado)

Gerador

- assessoria técnica, projeto, mão de obra, motor gerador, adequação da rede elétrica local, medidor de produção de biogás

Infra-estrutura civil

- assessoria técnica, projeto, execução de obra (mão de obra, material empregado)

4.3 Qual foi a fonte de recursos? (capital próprio, financiamento)

4.4 Caso tenha sido utilizado financiamento de terceiros, verificar qual a fonte, o custo e o motivo pela escolha de tal fonte.

4.5 Custos de operação:

Mão de obra, equipamentos utilizados, manutenção do biodigestor e motor, taxas.

5) Retorno do investimento

Energia elétrica:

5.1 De quanto é o consumo médio de energia elétrica em KWH?

5.2. Qual a carga total da propriedade (se possível listar equipamentos que apresentam maior consumo de energia)?

5.3 Qual economia gerada na conta média mensal de energia depois da implantação do digestor? (coletar quanto que ele gastava com energia elétrica antes da instalação do gerador)

5.4. No caso de haver excedente de energia elétrica, o que é feito com este excesso?

Biofertilizante:

5.5 O biofertilizante é utilizado? Qual a economia com adubos?

5.6 Custos associados ao manuseio do biofertilizante (mão de obra, equipamento)

Crédito de carbono (opcional):

5.7. Houve geração de créditos de carbono? Quantos?

5.8. Qual foi o custo do projeto de MDL?

5.9. Qual a renda gerada?

6) Percepções e análise qualitativa

6.1. Em sua opinião, o uso do biogás como fonte de energia elétrica é uma alternativa válida para suprimento energético e de combate a poluição do solo e das águas, além de ser fator de agregação de valor à propriedade rural?

6.2. Em termos de retorno financeiro, vale a pena investir neste tipo de geração?

6.3. Em sua opinião, quais as principais razões para que não haja uma maior disseminação deste tipo de geração em solo catarinense?

6.4. Em sua opinião, que medidas deveriam ser tomadas para que a utilização do biogás como fonte de energia elétrica fosse mais difundida entre os suinocultores catarinense, com a consequente geração de renda e preservação do meio-ambiente?