

DANGELA MARIA FERNANDES

**BIOMASSA E BIOGÁS DA SUINOCULTURA**

CASCADEL

PARANÁ - BRASIL

FEVEREIRO - 2012

DANGELA MARIA FERNANDES

## **BIOMASSA E BIOGÁS DA SUINOCULTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi.

Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

CASCADEL

PARANÁ - BRASIL

FEVEREIRO - 2012

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central do Campus de Cascavel - Unioeste**  
**Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362**

F399b Fernandes, Dangela Maria  
Biomassa e Biogás da Suinocultura. / Dangela Maria Fernandes -  
Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012.  
209 p.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na  
Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.  
Bibliografia.

1. Biomassa. 2. Biogás. 3. Suinocultura. 4. Agroenergia. I.  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.


CDD 21.ed. 628.74


**DANGELA MARIA FERNANDES**


**"Biomassa e Biogás da suinocultura"**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:

  
Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Alexandre Sordi  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Londrina

Cascavel, 28 de fevereiro de 2012.

*Dedico esta, assim como todas as demais conquistas,  
aos meus pais, Maria e Valter, por serem meu exemplo de  
dedicação, seriedade e comprometimento.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela constante presença em minha vida, guiando sempre meus passos pelos melhores caminhos e com as melhores pessoas.

A minha família, pelo amor, incentivo e sonho conjunto não apenas neste trabalho, mas em todos os acontecimentos de minha vida.

Ao meu namorado, Cassiano Tadao Yasumitsu, que mesmo distante, sempre me incentivou nos meus projetos de vida, me mostrando que à distância nos fez melhores um para o outro, de uma maneira que talvez juntos não fosse tão importante e significativo.

Aos amigos Heberty Amaral, Juliana Fenner, Luana Narimatsu e Tiago Akaboci, pelo apoio e ajuda em momentos cruciais desta jornada.

Ao Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi, pela orientação, incentivo e oportunidade de aprendizado, cujo conhecimento e apoio técnico foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Armin Feiden e Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza, pela admirável solicitude e informações disponibilizadas.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Energia na Agricultura, pelos muitos ensinamentos transmitidos.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelas experiências compartilhadas, troca de conhecimento e amizade que construímos ao longo desses dois anos, em especial a Alcione Tessaro, Ana Suzuki, Ana Vieira, Augustinho Borsoi, Cleber Marques, Cornélio Primieri, Diana Formentini, Éverli Moers, Fábio Boligon, Gislaine Martins, Guilherme Fracaro, Hércio Zilotti, Igor Lunelli, José Lawder, Maurício Medeiros, Rui Faria, Sérgio Schuch, Vander Silveira e Willian Wazilewski.

A Secretária da Coordenação de pós-graduação, em especial Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt e Tatiane Alves Pidorodeski, pela amizade, incentivo e atenção.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro durante o período do curso de Pós-Graduação Mestrado em Energia na Agricultura.

Ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI), pela disponibilização de dados do Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental, em especial ao secretário executivo desta instituição, Antônio Marcos Massao Hachisuca, pelas oportunidades de crescimento profissional e pessoal, e principalmente, por acreditar na minha capacidade.

A Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), por proporcionar a capacitação das pessoas e promover o desenvolvimento da Região Trinacional do Iguassu e por ser uma das instituições parceiras no desenvolvimento do Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental.

Meus agradecimentos ao Sr. José Carlos Colombari e à sua esposa Eliani Aparecida Salbego Colombari, proprietários da Unidade Granja Colombari (UGC), por todo auxílio, atenção e grande oportunidade de aprendizado.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma, corroboraram na concretização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fontes de biomassa.....	8
Figura 2 - Potencial de biogás da biomassa de suínos na região Sul. ....	11
Figura 3 - Riscos ambientais devido ao manejo inadequado dos dejetos. ....	15
Figura 4 - Esquema do sistema produtivo de uma granja de suínos.....	16
Figura 5 - Análise de insumos na geração da biomassa residual. ....	22
Figura 6 - Geração de dejetos de suínos. ....	31
Figura 7 - Fatores que influenciam nas quantidades de fezes e urina. ....	32
Figura 8 - Fatores que influenciam na formação dos dejetos de suínos. ....	33
Figura 9 - Mapa de Localização da Unidade Granja Colombari. ....	34
Figura 10 - Vista Aérea da Unidade Granja Colombari. ....	35
Figura 11 - Fluxograma do sistema produtivo da Unidade Granja Colombari. ....	36
Figura 12 - Sistema de produção de suínos na fase de terminação. ....	37
Figura 13 - Sistema de distribuição de ração. ....	38
Figura 14 - Sistema de abastecimento de água.....	38
Figura 15 - Sistema de dessedentação dos suínos.....	39
Figura 16 - Sistema de limpeza por raspagem.....	40
Figura 17 - Frigorífico São Miguel Ltda. ....	41
Figura 18 - Procedimento metodológico para análise do consumo de água. ....	43
Figura 19 - Procedimento metodológico para análise do consumo de insumo. ....	44
Figura 20 - Procedimento metodológico utilizado para as medições dos dejetos. ....	45
Figura 21 - Sistema de medição de vazão de efluentes na UGC.....	45
Figura 22 - Consumo de água durante um ciclo de terminação de suínos na UGC..	47
Figura 23 - Consumo de ração e número de suínos na UGC. ....	51
Figura 24 - Geração de biomassa residual na UGC.....	53
Figura 25 - Eutrofização artificial do lago da Itaipu Binacional. ....	62
Figura 26 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Paraná III.....	64
Figura 27 - Croqui de orientação para localização das instalações suinícolas.....	70
Figura 28 - Conversão biológica em sistema aeróbio. ....	72
Figura 29 - Conversão biológica em sistema anaeróbio.....	72
Figura 30 - Operação de biodigestores em sistema intermitente. ....	76

Figura 31 - Operação de biodigestores em sistema contínuo. ....	76
Figura 32 - Biodigestor modelo indiano. ....	82
Figura 33 - Biodigestor modelo chinês. ....	83
Figura 34 - Biodigestor modelo canadense. ....	84
Figura 35 - Primeiro biodigestor implantado na UGC. ....	86
Figura 36 - Esquema do funcionamento do biodigestor da empresa AgCert. ....	86
Figura 37 - Segundo biodigestor implantado na UGC. ....	87
Figura 38 - Planta baixa do biodigestor 1 da UGC. ....	88
Figura 39 - Planta baixa do biodigestor 2 da UGC. ....	89
Figura 40 - Biodigestores 1 e 2 implantados em série na UGC. ....	89
Figura 41 - Parâmetros físico-químicos para monitoramento da biomassa residual. ....	90
Figura 42 - Localização dos pontos de amostragem na UGC. ....	91
Figura 43 - Valores médios de pH nos pontos de amostragem na UGC. ....	92
Figura 44 - Valores médios de alcalinidade nos pontos de amostragem na UGC. ....	93
Figura 45 - Valores médios de DBO nos pontos de amostragem na UGC. ....	95
Figura 46 - Valores médios de DQO nos pontos de amostragem na UGC. ....	96
Figura 47 - Matriz do balanço de sólidos. ....	99
Figura 48 - Valores de médios SST nos pontos de amostragem na UGC. ....	100
Figura 49 - Uso da biomassa como fonte primária de energia. ....	106
Figura 50 - Matriz da agroenergia. ....	108
Figura 51 - Fases da produção de biogás. ....	109
Figura 52 - Equivalência energética do biogás. ....	112
Figura 53 - Fluxograma resumido das possibilidades de utilização do biogás. ....	114
Figura 54 - Geração de energia elétrica e calor. ....	116
Figura 55 - Esquema do modelo de geração convencional. ....	118
Figura 56 - Esquema do modelo de geração distribuída. ....	119
Figura 57 - Inserção da geração distribuída na Unidade Granja Colombari. ....	124
Figura 58 - Tipologia dos ramais da UGC. ....	125
Figura 59 - Tubulação de equalização e saída de biogás dos biodigestores 1 e 2. ....	125
Figura 60 - <i>Skid</i> instalado na UGC. ....	126
Figura 61 - Motor gerador de 100 kVA a biogás instalado na UGC. ....	127
Figura 62 - Comissionamento de energia elétrica na rede da COPEL. ....	127
Figura 63 - Fluxograma da lógica de coleta e armazenamento dos dados. ....	130

Figura 64 - Variação do percentual de metano na UGC.....	133
Figura 65 - Concentração de sulfeto de hidrogênio no biogás da UGC. ....	134
Figura 66 - Médias mensais das temperaturas ambiente e do biogás na UGC. ....	135
Figura 67 - Temperatura ambiente na UGC.....	136
Figura 68 - Temperatura do biogás na UGC.....	136

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeções da contribuição mundial das energias renováveis .....	10
Tabela 2 - Conceitos de aspectos e impactos ambientais em suinocultura .....	13
Tabela 3 - Necessidades de água por suíno em função de suas categorias .....	24
Tabela 4 - Vazão mínima para bebedouros na fase produtiva dos suínos.....	25
Tabela 5 - Principais ingredientes utilizados na fabricação de rações para suínos...	30
Tabela 6 - Volume total e diferentes fontes de diluição dos dejetos.....	32
Tabela 7 - Produção média de dejetos de acordo com as fases do suíno .....	33
Tabela 8 - Dados referentes à ampliação da produção de suínos na UGC .....	35
Tabela 9 - Consumo de água do sistema produtivo na UGC .....	47
Tabela 10 - Composição da ração produzida na UGC.....	49
Tabela 11 - Composição e quantidade de ração para produzir um suíno de 100 kg	50
Tabela 12 - Quantidade de ração produzida e composição dos ingredientes .....	50
Tabela 13 - Níveis nutricionais para as diferentes fases de produção .....	51
Tabela 14 - Consumo de ração na UGC durante os anos de 2007, 2008 e 2009.....	52
Tabela 15 - Quantidade de dejetos líquidos produzidos na UGC.....	53
Tabela 16 - Resultados obtidos do sistema produtivo na UGC.....	54
Tabela 17 - Principais variáveis relacionadas com a biomassa residual .....	60
Tabela 18 - Características físico-químicas dos dejetos de suínos.....	65
Tabela 19 - Caracterização da água residuária da suinocultura .....	66
Tabela 20 - Níveis das variáveis aceitáveis para lançamento de efluente suinícola .	68
Tabela 21 - Vantagens e desvantagens do sistema de tratamento anaeróbio.....	73
Tabela 22 - Interferentes do processo anaeróbio.....	74
Tabela 23 - Biodigestão anaeróbia nas faixas mesofílica e termofílica .....	77
Tabela 24 - Influência tóxica de elementos químicos na biodigestão anaeróbia.....	80
Tabela 25 - Tempo de retenção dos biodigestores de acordo com a finalidade .....	81
Tabela 26 - Dimensões dos biodigestores 1 e 2 na UGC.....	88
Tabela 27 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos .....	92
Tabela 28 - Valores médios e faixas da DBO e DQO .....	97
Tabela 29 - Valores médios e eficiência de remoção de DBO e DQO na UGC .....	98
Tabela 30 - Composição do biogás.....	110

Tabela 31 - Produção de resíduo e de biogás para algumas biomassas .....	111
Tabela 32 - Densidade e PCI do biogás em função da composição química.....	112
Tabela 33 - Poder calorífico inferior de combustíveis gasosos .....	113
Tabela 34 - Consumo de energia indireta e direta para suínos em terminação .....	120
Tabela 35 - Custo anual de energia elétrica na suinocultura.....	121
Tabela 36 - Parâmetros monitorados e métodos de medição realizados na UGC ..	128
Tabela 37 - Produção média de biogás na UGC.....	131
Tabela 38 - Índices de produção de biogás na UGC.....	132
Tabela 39 - Dados de concentração de sulfeto de hidrogênio no biogás da UGC ..	134

## LISTA DE SIGLAS

ABIEPCS	Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne
AIE	Agência Internacional de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association
APP	Área de Preservação Permanente
BEN	Balanco Energético Nacional
CCE	Centro Para a Conservação de Energia
CEB	Coordenadoria de Energias Renováveis
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CIH	Centro Internacional de Hidroinformática
CNPSA	Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves
COGEN RIO	Associação Fluminense de Cogeração de Energia
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FATMA	Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
GD	Geração Distribuída
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GMD	Peso Médio Diário
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IB	Itaipu Binacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
ITAI	Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação

MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
Mtep	Milhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira
NR	Não Realizado
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PCI	Poder Calorífico Inferior
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Vinila
RL	Reserva Legal
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SDV	Sólidos Dissolvidos Voláteis
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SFT	Sólidos Fixos Totais
SISCAL	Sistema Intensivo de Criação ao Ar Livre
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
SST	Sólidos Suspensos Totais
SV	Sólidos Voláteis
SVT	Sólidos Voláteis Totais
ST	Sólidos Totais
TRH	Tempo de Retenção Hidráulica
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blaket
UDs	Unidades de Demonstração
UGC	Unidade Granja Colombari
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UPL	Unidade Produtora de Leite

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 - GERAÇÃO DE BIOMASSA RESIDUAL .....</b>	<b>4</b>
RESUMO.....	4
ABSTRACT .....	5
1.1. Introdução.....	6
1.2. Revisão Bibliográfica .....	7
1.2.1. Biomassa Residual.....	7
1.2.2. Caracterização da Biomassa Para Suinocultura .....	10
1.2.3. Impactos Ambientais da Suinocultura .....	12
1.2.4. Produção e Manejo de Suínos .....	15
1.2.5. Sistemas de Produção de Suínos .....	17
1.2.6. Manejo de Suínos .....	19
1.2.7. Fases de Desenvolvimento do Suíno.....	20
1.2.8. Insumos.....	22
1.2.9. Geração de Dejetos .....	31
1.3. Material e Métodos .....	34
1.3.1. Caracterização da Área de Estudo.....	34
1.3.2. Descrição do Sistema Produtivo .....	36
1.3.3. Metodologia.....	41
1.4. Resultados e Discussão .....	46
1.4.1. Consumo de Água.....	46
1.4.2. Consumo de Insumo .....	49
1.4.3. Geração de Biomassa Residual .....	52
1.5. Conclusão.....	54
<b>CAPÍTULO 2 - TRATAMENTO DA BIOMASSA RESIDUAL .....</b>	<b>56</b>



RESUMO.....	56
ABSTRACT .....	57
2.1. Introdução.....	58
2.2. Revisão Bibliográfica .....	59
2.2.1. Caracterização da Biomassa Residual.....	59
2.2.2. Impactos Ambientais da Biomassa Residual .....	61
2.2.3. Caracterização do Efluente da Suinocultura .....	64
2.2.4. Poder Poluente dos Dejetos.....	67
2.2.5. Aspectos Legais da Suinocultura .....	68
2.2.6. Processos Biológicos no Tratamento da Biomassa Residual .....	71
2.2.7. Biodigestores.....	75
2.3. Material e Métodos .....	84
2.3.1. Descrição do Sistema de Tratamento de Efluentes .....	85
2.3.2. Caracterização Físico-Química da Biomassa Residual.....	90
2.4. Resultados e Discussão .....	91
2.4.1. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	92
2.4.2. Alcalinidade.....	93
2.4.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	94
2.4.4. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	95
2.4.5. Relação de DBO e DQO .....	96
2.4.6. Sólidos Suspensos Totais (SST).....	98
2.5. Conclusão.....	100
<b>CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS.....</b>	<b>102</b>
RESUMO.....	102
ABSTRACT .....	103
3.1. Introdução.....	104
3.2. Revisão Bibliográfica .....	105

3.2.1. Tecnologia de Geração de Energia a Partir de Biomassa Residual .....	105
3.2.2. Agroenergia.....	107
3.2.3. Biogás .....	108
3.2.4. Produção de Energia Elétrica a Partir do Biogás .....	114
3.3. Material e Métodos .....	123
3.3.1. Descrição da Inserção do Processo de Geração Distribuída .....	123
3.3.2. Plano de Monitoramento da Unidade de Geração Distribuída .....	128
3.4. Resultados e Discussão .....	131
3.4.1. Produção de Biogás .....	131
3.4.2. Índices de Correlação de Produção de Biogás.....	131
3.4.3. Qualidade do Biogás Produzido .....	132
3.4.4. Temperatura e Pressão do Biogás .....	135
3.4.5. Produção de Energia Elétrica .....	137
3.5. Conclusão.....	137
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>139</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>159</b>
Apêndice A - Consumo de Água na UGC.....	160
Apêndice B - Consumo de Ração na UGC.....	162
Apêndice C - Geração de Biomassa Residual na UGC .....	163
Apêndice D - Parâmetros Físico-Químicos do Plano de Monitoramento .....	165
Apêndice E - Temperatura Ambiente e Temperatura do Biogás na UGC.....	168
Apêndice F - Monitoramento da Pressão nos Biodigestores da UGC .....	173
<b>ANEXOS .....</b>	<b>177</b>
Anexo A - Resolução Autorizativa ANEEL Nº 1.482, 29 de julho de 2008.....	178
Anexo B - Resolução Normativa ANEEL Nº 390, 15 de dezembro de 2009.....	179

## INTRODUÇÃO GERAL

A energia é um insumo indispensável à sociedade em geral e sua demanda cresce a cada ano. As formas de obtenção de energia predominantes no mundo são provenientes de fontes não-renováveis altamente emissoras de gases estufa (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

Segundo Balanço Energético Nacional (BEN) (2010), atualmente cerca de 44% de energia provêm de fontes não-renováveis, ou seja, combustíveis fósseis. Além destas fontes serem finitas, ao serem utilizadas emitem gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o qual contribui para o efeito estufa. A importância das alterações climáticas, a crescente preocupação com o aumento dos preços dos combustíveis fósseis, assim como a segurança energética faz com que muitos países introduzam a utilização de fontes alternativas de energias em sua matriz energética, como estratégia para garantir o suprimento energético e reduzir impactos ao meio ambiente.

Considera-se uma energia renovável quando as condições naturais permitem sua reposição em um curto horizonte de tempo, entre elas são fontes renováveis a solar, a maremotriz, a geotermal, a eólica, a hidráulica e a biomassa (GOLDEMBERG e LUCON, 2008).

A biomassa é considerada uma fonte de energia renovável devido ao fato de que a sua reposição na natureza pode ser feita sem grandes dificuldades em prazos de apenas alguns anos ou até menos, ao contrário dos combustíveis fósseis, os quais a reposição natural envolve milhares de anos e condições favoráveis (SILVA, 1996).

De acordo com Projeto Geração Distribuída (2011), a produção de energia pela biomassa, poderá contribuir significativamente no suprimento da demanda futura de energia, bem como para diminuir a emissão de carbono na atmosfera e minimizar o problema de contaminação da água, no caso dos resíduos de criação animal.

No Brasil, devido à intensa atividade agrícola, a produção de biomassa pode ser considerada como um grande potencial energético. Segundo Magalhães e Souza (2001), somente na região Oeste do Paraná, poderia substituir 3,9% do consumo de energia primária, na forma de petróleo, do Brasil. Os dados do Ministério de Minas e Energia (MME) (2002), indicam que a participação da oferta de

energia renovável na matriz energética brasileira foi de 45,4%, na qual a biomassa na forma de lenha, carvão vegetal, produtos da cana-de-açúcar e outros, contribuíram com mais de 27,3% do total.

A atividade agropecuária apresenta um intenso dinamismo na economia brasileira, sendo à base de sustentação econômica do país. Esta situação, também é vivenciada pelo estado do Paraná, com um grande destaque na produção e importação de produtos agropecuários, destacando-se nesse âmbito a atividade de suinocultura (FERNANDES, 2011).

Entretanto, os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água, são grandes, na medida em que as criações tradicionais têm negligenciado a aplicação de boas práticas de conservação ambiental que a atividade requer (SCHULTZ, 2007). Dessa maneira, é importante manter esta atividade, mas adotar medidas adequadas do sistema produtivo, que é considerado altamente poluidor devido à geração de grandes quantidades de biomassa residual.

Existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia. Uma das alternativas que vem despertando grande interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos animais, pela implantação de biodigestores (KUNZ, HIGARASHI e OLIVEIRA, 2005).

Nesse contexto, uma das formas de minimizar os impactos ambientais do setor produtivo da suinocultura, ao longo dos últimos anos é o aumento significativo do número de produtores rurais que têm utilizado os biodigestores como sistema de tratamento da biomassa residual. Este sistema oferece como subprodutos o biogás e o biofertilizante, o que permite a muitos suinocultores um incremento do valor de seus sistemas produtivos, bem como adequar tais resíduos para que atendam aos aspectos da legislação ambiental nacional como forma de sanear o ambiente (FERNANDES, 2011).

Dessa forma, a sustentabilidade no atual modelo de produção rural no Brasil, torna-se viável a partir da inclusão da agroenergia nas propriedades rurais, com base na tecnologia de saneamento ambiental pelo tratamento da biomassa residual em biodigestores. Isto permite explorar o potencial da geração energética com o uso do conceito de Geração Distribuída.

Por meio deste estudo, pretende-se relatar a Unidade Granja Colombari (UGC) que desenvolve uma atividade com elevado potencial de poluição ambiental,

como a suinocultura. Nesta propriedade adotou-se o processo de tratamento de efluentes por biodigestão anaeróbia, que reduz a carga orgânica proveniente de dejetos de suínos com a obtenção de subprodutos, como o biogás, para geração de energia elétrica de forma distribuída.

A Unidade Granja Colombari é considerada uma das Unidades de Demonstração (UDs) do Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental, que visa estimular o saneamento ambiental, com foco principalmente na Região Oeste do Paraná. Ressalta-se que todos os recursos necessários para o desenvolvimento deste projeto foram viabilizados, através do convênio entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI), tendo como intervenientes a Itaipu Binacional (IB), a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), a Cooperativa Agroindustrial Lar e o Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

O presente trabalho está dividido em três capítulos principais, que são descritos a seguir:

- *Capítulo 1 - Geração de Biomassa Residual:* Este capítulo descreve sobre o manejo do sistema produtivo da Unidade Granja Colombari, com o objetivo de gerar índices de produtividade relacionados ao consumo de água e insumo, assim como, quantificar a geração de biomassa residual.
- *Capítulo 2 - Tratamento da Biomassa Residual:* Este capítulo apresenta o sistema de tratamento de efluentes na unidade produtiva, visando caracterizar a biomassa residual a partir da análise de parâmetros físico-químicos, para determinar a eficiência do processo de tratamento por biodigestão anaeróbia.
- *Capítulo 3 - Produção e Aproveitamento do Biogás:* Este capítulo descreve a produção e o aproveitamento do biogás através do processo de inserção da geração distribuída, tendo como objetivo principal o plano de monitoramento do sistema de tratamento da biomassa residual, para analisar a produção de biogás na geração de energia elétrica.

## CAPÍTULO 1 - GERAÇÃO DE BIOMASSA RESIDUAL

### RESUMO

FERNANDES, Dangelma Maria, M. Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2012. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

O desenvolvimento da suinocultura intensiva promoveu a produção de grandes quantidades de biomassa residual que, quando manejados inadequadamente, tornam-se uma das principais fontes de poluição do meio. Por isso, o manejo de resíduos deve ser visto como parte integrante do sistema produtivo de suínos, devendo estar incluído no planejamento desta atividade. Nesse contexto, visando avaliar o manejo da biomassa residual gerada no sistema produtivo de suínos em terminação, da Unidade Granja Colombari, realizou-se um estudo quanto ao consumo de água, o consumo de ração e a produção de dejetos, durante o período de Outubro de 2010 a Fevereiro de 2011, com o objetivo de gerar índices de produtividade relacionados ao sistema produtivo. Os resultados obtidos indicaram que os índices relativos ao consumo de água diário por suíno variou de 1,2 a 2,4 litros, o consumo de ração diário por suíno foi de 1,90 kg e a produção diária de dejetos por suíno apresentou-se em 7,3 litros. Considera-se que a unidade produtiva se enquadrou nas características de um manejo eficiente, possuindo eficácia na minimização do consumo de água, na parametrização da nutrição animal e no controle de produção de biomassa residual.

**Palavras-Chave:** Biomassa Residual, Suinocultura, Sistema Produtivo.

## ABSTRACT

FERNANDES, Dangelia Maria. M. Sc., Western Paraná State University, February, 2012. **Biomass And Biogas Pig Farming**. Advisor: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Advisor: Prof. Dr. Armin Feiden.

The intensive pig farming's development promoted the production of residual biomass' large amounts, when improperly handled becomes a major environment's pollution sources. Therefore, waste management should be seen as an integral part of system's production pigs and should be included in planning this activity. In this context, aiming to evaluate the residual biomass' management generated in the production system for finishing pigs, Unit Colombari farm, there was a study about the water consumption, feed consumption and residues production during the period October 2010 to February 2011 with the goal of generating productivity indices related to the productive system. The gotten results indicated that the rates for the daily water consumption per pig ranged from 1.2 to 2.4 liters, the daily feed intake per animal was 1.90 kg and the manure's daily production per animal appeared in 7.3 liters. It is considered that the productive unit is fitted in an efficient handling characteristic, having efficacy in reducing water consumption in the parameterization of the animal feed and residual biomass' control.

**Keywords:** Residual Biomass, Pig Farming, Productive System.

## 1.1. Introdução

Segundo Staiss e Pereira (2001), a biomassa pode ser definida como a massa total de matéria orgânica que se acumula num espaço vital, pertencendo a ela todas as plantas e todos os animais, incluindo seus resíduos. Essa biomassa pode ser encontrada na natureza em diversas formas. As mais conhecidas são a lenha e os resíduos gerados pelas culturas agrícolas, agroindústrias, criação animal, florestas energéticas e resíduos sólidos municipais (VOIVONTAS, ASSIMACOPOULOS e KOUKIOS, 2001).

Os resíduos animais representam uma importante quantidade de biomassa residual gerada pelos principais rebanhos de bovino, ovino e suíno, e os países que possuem maior possibilidade para o seu aproveitamento são o Brasil e a China (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

De acordo com Angonese et al. (2006), a expansão da atividade suinícola no país e o incremento tecnológico nos sistemas de produção, têm resultado em aumento na geração de dejetos os quais são, muitas vezes, lançados em rios e mananciais. Isso ocorre devido à adoção de sistemas confinados de produção de suínos.

Os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água, são imensos, na medida em que as práticas produtivas tradicionais têm negligenciado a aplicação de medidas de conservação ambiental que a atividade requer (OLIVEIRA, 2004). Sendo assim, a preocupação com a poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce constantemente, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

Dessa maneira, o grande desafio consiste na definição de um sistema que seja capaz de harmonizar a continuidade das atividades desta importante cadeia produtiva com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental nas regiões de maior concentração de suínos (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Dartora, Perdomo e Tumelero (1998), a maior parte dos sistemas de produções de suínos existentes no sul do Brasil, propiciam elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e



poluição ambiental. Nesse sentido, a concepção das edificações, alimentação, tipo de bebedouros, sistema de limpeza e manejo determinam, basicamente, as características e o volume total dos dejetos produzidos.

Considerando esses aspectos, deve-se prever a instalação de bebedouros adequados, aquisição de equipamentos de limpeza de baixa vazão e alta pressão, construção de sistemas que escoem a água desperdiçada dos bebedouros e de limpeza para sumidouros, e que evitem a entrada da água do telhado e das enxurradas nas calhas.

Conforme Diesel, Miranda e Perdomo (2002), considera-se que o manejo dos dejetos é parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais e deve estar incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações. Assim sendo, a seleção de um sistema de manejo dos dejetos é baseado em vários fatores, tais como: Potencial de poluição, necessidade de mão-de-obra, área disponível, operacionalidade do sistema, legislação, confiabilidade e custos.

O Capítulo 1 tem como objetivo avaliar o sistema produtivo da Unidade Granja Colombari (UGC) quanto ao consumo de água e insumo, assim como, a geração de biomassa residual. Possibilitando assim, gerar índices de produtividade relacionados com o sistema de suínos na fase de terminação.

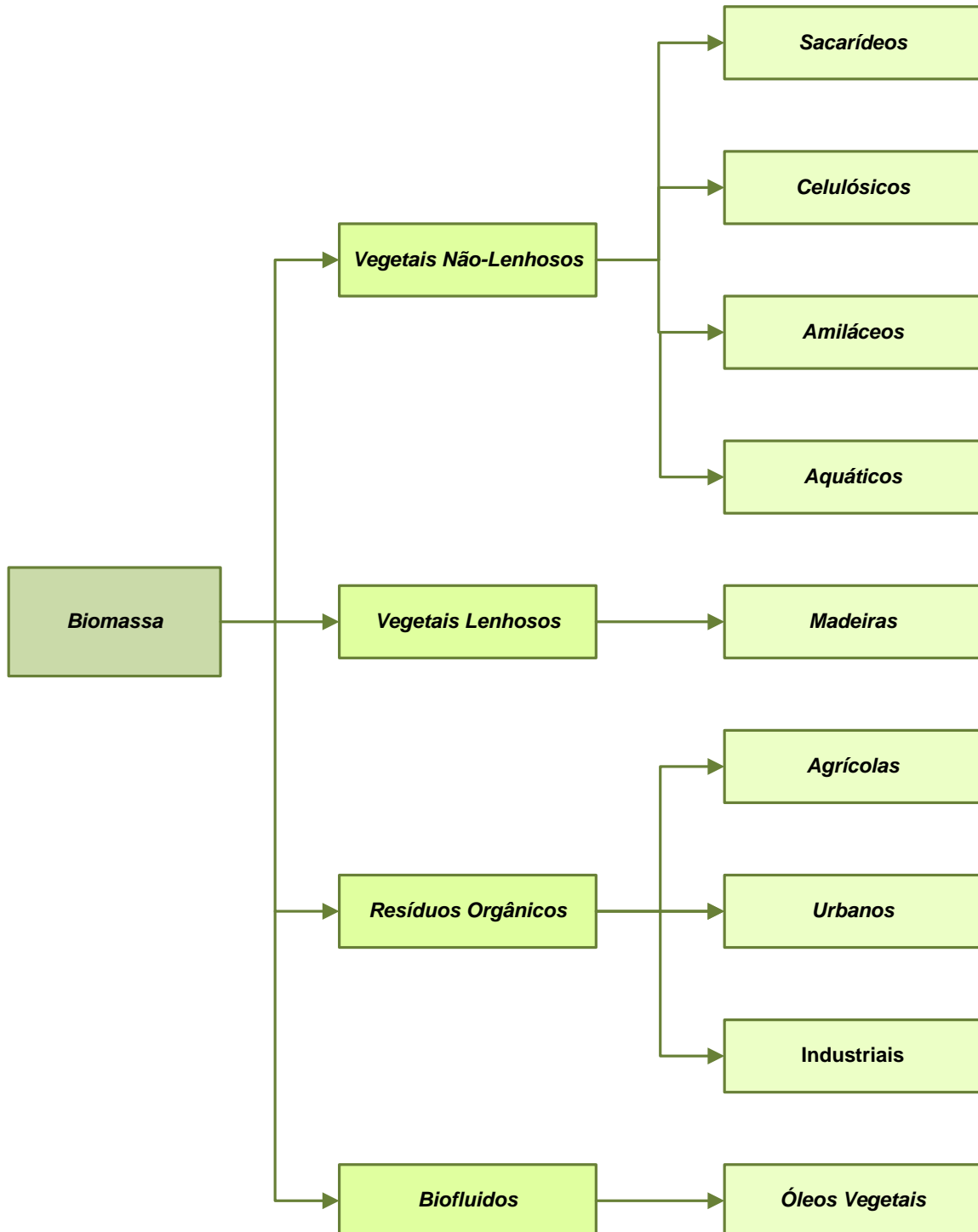
## **1.2. Revisão Bibliográfica**

### **1.2.1. Biomassa Residual**

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), apenas há pouco mais de 100 anos a biomassa começou a perder cada vez mais sua liderança histórica para a energia do carvão, e depois, com o crescimento contínuo do petróleo e do gás natural, a utilização da biomassa foi reduzida praticamente às residências particulares em regiões agrícolas. Porém, com a necessidade de redução no consumo de combustíveis fósseis, a biomassa residual passou a ser uma importante fonte alternativa de energia.

Lora (1997) define biomassa como a abrangência da matéria vegetal criada pela fotossíntese e seus derivados, tais como resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e matéria orgânica contida nos resíduos domésticos e municipais.

A Figura 1 apresenta um esquema das fontes de biomassa.



**Figura 1** - Fontes de biomassa.

**Fonte:** Ministério de Minas e Energia (MME) (2004).

As fontes da biomassa podem ser obtidas através de vegetais não-lenhosos, de vegetais lenhosos, como é o caso da madeira e seus resíduos, e também de resíduos orgânicos, nos quais encontramos os resíduos agrícolas, urbanos e industriais. Assim como, também se pode obter biomassa dos biofluidos, como os óleos vegetais, tendo como exemplo, a mamona e a soja (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Essa disponibilidade da biomassa e seu aspecto poluidor, vem aumentando a preocupação mundial em torno da questão ambiental, que estuda alternativas para a biomassa: a) Esforços recentes de mensuração mais acurada do seu uso e potencial, por meio de novos estudos, demonstrações e plantas piloto; b) Uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), principalmente em países industrializados; c) Reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa, principalmente no controle das emissões de CO<sub>2</sub> e enxofre (ANEEL, 2009).

Entretanto, quando se busca determinada disponibilidade de biomassa energética em um país ou região, é importante considerar as restrições de ordem ecológica, econômica (incluindo a social e a política) e tecnológica, pois, somente assim toda a biomassa potencialmente disponível pode assumir o conceito de reserva, a partir do qual se determina o potencial anual de produção.

Sendo assim, as restrições ecológicas estão associadas à preservação do meio ambiente e à qualidade de vida. Já as limitações econômicas são analisadas em dois níveis, sendo que, em primeiro lugar, é necessário saber se a biomassa a ser explorada energeticamente não tem outros usos mais viáveis, como industrial ou alimentício e em segundo lugar, se todos os custos da biomassa explorada são compatíveis com os benefícios energéticos. Finalmente, as restrições tecnológicas se devem à existência ou não de processos confiáveis e operações para conversão da biomassa em combustíveis de uso mais geral (NOGUEIRA, LORA e TROSSERO, 2000).

Para Goldemberg e Lucon (2008), a biomassa possui um enorme potencial para contribuir com o fornecimento total de energia nas próximas décadas, conforme apresenta a Tabela 1.

**Tabela 1** - Projeções da contribuição mundial das energias renováveis

Mtep*	2001	2010	2020	2030	2040
Biomassa	1.080	1.313	1.791	2.483	3.271
PCH (Pequena Central Hidrelétrica)	9,5	19	49	106	189
Hidros Grandes e Médias	222,7	266	309	341	358
Eólica	4,7	44	266	542	688
Solar Fotovoltaica (PV)	0,2	2	24	221	784
Solar Térmica, Calor	4,1	15	66	244	480
Solar Térmica, Eletricidade	0,1	0,4	3	16	68
Geotermal	43,2	86	186	333	493
Marinha (Marés, Ondas, Correntes)	0,05	0,1	0,4	3	20
Total Renováveis	1.364,5	1.745,5	2.694,4	4.289	6.351
Consumo Total	10.038,3	10.549	11.425	12.352	13.310
Renováveis / Total (%)	13,6	16,6	23,6	34,7	47,7

**Fonte:** Goldemberg e Lucon (2008).

**Nota:** (\*) Mtep (Milhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) (2004), a Agência Internacional de Energia (AIE) calcula que dentro de aproximadamente 20 anos cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade será proveniente de fontes renováveis, que hoje representam 14% da energia produzida no mundo. A biomassa representa 11,4% na participação de oferta de energia proveniente de fontes renováveis.

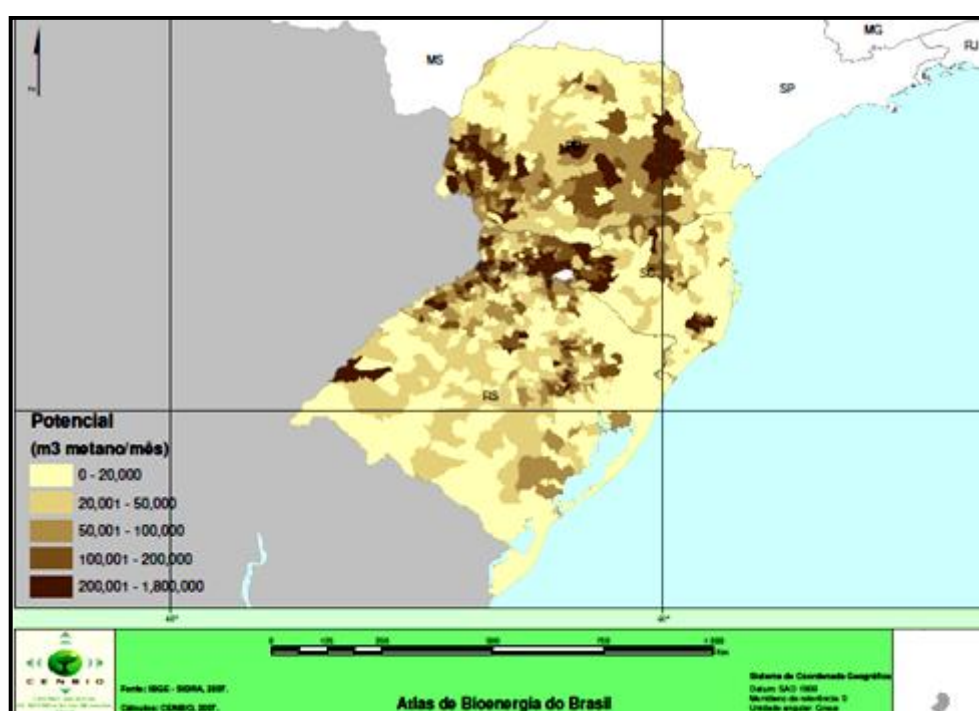
### 1.2.2. Caracterização da Biomassa Para Suinocultura

A cadeia produtiva de suínos tem se destacado no cenário agroindustrial brasileiro, fato decorrente aos avanços na escala de produção e aos investimentos tecnológicos do setor. No contexto social, está entre as atividades do agronegócio com potencial de gerar emprego e renda, tanto para o setor rural quanto para o agroindustrial (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2008), o Brasil ocupa a terceira posição na produção de suínos, com um plantel de aproximadamente 36,82 milhões de cabeças, estando atrás apenas da China e dos

Estados Unidos. A atividade encontra-se amplamente difundida em todo o território brasileiro, sendo a Região Sul responsável por 50% da produção nacional. Nesta região existem cerca de 20 milhões de cabeças, onde o Paraná detém 25,3% do rebanho (ABIPECS, 2008).

A Figura 2 apresenta a estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da região Sul, sendo que, os cálculos foram realizados pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) em 2007.



**Figura 2** - Potencial de biogás da biomassa de suínos na região Sul.  
**Fonte:** Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) (2007).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), no estado do Paraná a região Oeste é maior produtora, sendo responsável por 37% da produção estadual e 4,9% da produção nacional, com um efetivo de 1,76 milhões de cabeças. Para Roesler e Cesconeto (2004), tal concentração nesta região deve-se a forte política de integração promovida por várias agroindústrias locais, responsáveis, por intensificar a demanda de insumos agropecuários e o crescimento e modernização dos setores de comercialização.

Coldebella (2006) ressalta que a suinocultura esteve presente desde o início da colonização do Oeste paranaense. No princípio, era somente uma atividade de

subsistência para as famílias, mas posteriormente, tornou-se uma importante fonte de renda familiar. A atividade é de fundamental importância no contexto socioeconômico do Estado, pois proporciona fonte de renda e emprego em todos os setores da economia, gerando aumento na demanda de insumos agropecuários, ampliação e modernização dos setores de comercialização e das agroindústrias.

No entanto, para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (2007), o desenvolvimento da suinocultura industrial com a política de integração e a produção em larga escala trouxeram consigo a alta concentração de animais por área e conseqüentemente uma grande produção de dejetos de forma centralizada, fazendo com que essa atividade seja enquadrada como de grande potencial poluidor e causadora de degradação ambiental.

### **1.2.3. Impactos Ambientais da Suinocultura**

Segundo Silva *apud* Bley Júnior et al. (2004), os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água, são imensos, na medida em que as práticas produtivas tradicionais têm negligenciado a aplicação de medidas de conservação ambiental. Ainda assim, há duas condições adversas que amplificam o desgaste ambiental produzido pela suinocultura de grande escala, sendo:

O fato de a maior parte do rebanho brasileiro estar concentrada sobre uma área geográfica relativamente pequena da região Sul, repartida entre sub-bacias contribuintes de duas bacias hidrográficas estratégicas (Paraná e Uruguai) e de que os impactos ambientais mais severos ocorrem justamente no primeiro elo da cadeia produtiva, a fazenda, e no meio ambiente de pequenos produtores rurais, difusamente assentados e sempre carentes dos recursos necessários para a introdução de tecnologias avançadas de conservação ambiental (SILVA *apud* BLEY JÚNIOR et al., 2004).

Baseado na Norma NBR ISO 14.001 (1996), o autor Bley Júnior et al. (2004), faz uma aplicação dos conceitos de aspectos e impactos ambientais em suinocultura, conforme mostra a Tabela 2. Os aspectos ambientais são fatores inerentes das atividades e os impactos ambientais são as conseqüências dessas atividades sobre o meio ambiente, quando os aspectos ambientais interagem com o

meio ambiente geram impactos ambientais. Os aspectos ambientais são fatores de desequilíbrio e os impactos ambientais são os próprios desequilíbrios, ou seja, os aspectos ambientais são causas e os impactos ambientais são efeitos.

**Tabela 2** - Conceitos de aspectos e impactos ambientais em suinocultura

<b>Aspectos Ambientais (Causas)</b>	<b>Impactos Ambientais (Efeitos)</b>
Geração de Dejetos	Poluição das águas Contaminação dos solos
Mortalidades	Contaminação dos solos Comprometimento da sanidade
Consumo de Água	Comprometimento da disponibilidade de águas Geração de desperdícios
Consumo de Rações	Comprometimento da disponibilidade de matérias-primas das rações Geração de desperdícios

**Fonte:** Bley Júnior et al. (2004).

Nas regiões com alta concentração de suínos, grande parte dos dejetos é lançada no solo sem critérios e em cursos d'água sem tratamento prévio, transformando-se em importante fonte de poluição ambiental. Além disso, por não receberem tratamento adequado, também contribui para o aumento de produção de insetos nocivos (DARTORA, PERDOMO e TUMELERO, 1998).

Segundo Gangbazo et al. (1993), a poluição das águas superficiais decorre do transporte, por escoamento, de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, ocasionando a eutrofização dos mananciais. Baldissera (2002) comenta que quando os dejetos de suínos são lançados *in natura* em cursos d'água podem provocar redução dos níveis de oxigênio dissolvido, acarretando morte de peixes e de outros microrganismos, causando um desequilíbrio no ecossistema aquático.

Em relação à contaminação da água do lençol freático, Feder e Findeling (2007) relatam que quando o fornecimento de nitrogênio pelos dejetos supera a demanda das culturas e as condições ambientais são propícias à lixiviação. O nitrogênio na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) poderá ser lixiviado juntamente com a água de percolação. Para Oliveira (1993), os teores de nitrato detectados no lençol freático de solos dispostos com altas taxas de dejetos líquidos de suíno ( $160 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), durante muitos anos, foram dez vezes maiores do que os encontrados em outros solos.

Além da poluição da água com elementos minerais, outra via potencialmente poluidora é a biológica, por microrganismos fecais patogênicos presentes nos dejetos (COOLS et al., 2001).

Essa contaminação pode gerar sérios riscos à saúde humana e de animais que consomem essas águas ou com elas têm contato, podendo adquirir doenças como leptospirose, tuleramia, febre aftosa, hepatite, peste suína clássica, diarréias e gastroenterites (OLIVEIRA, 1993).

Uma forma de minimizar os problemas de poluição dos recursos hídricos causados pela aplicação dos dejetos de suíno no solo seria o planejamento do manejo de nutrientes e o uso de práticas conservacionistas para o controle de perdas de solo e água das lavouras, reduzindo os riscos de erosão, lixiviação e escoamento superficial (SEGANFREDO et al., 2004).

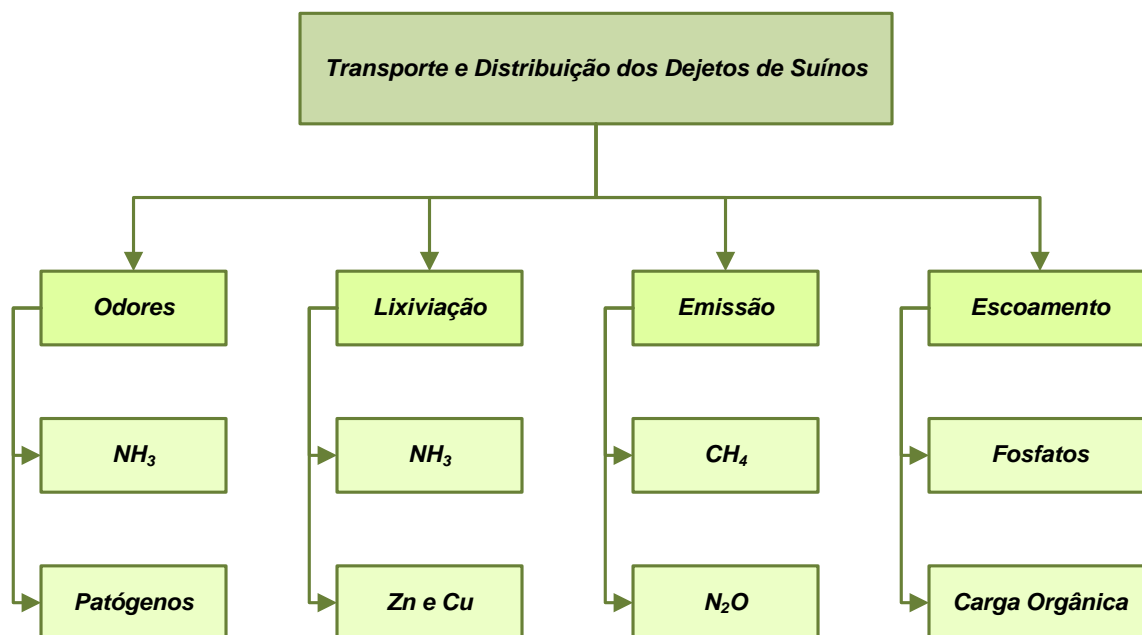
Outro aspecto importante, segundo Sinotti (2005), seria a poluição do ar resultante da produção intensiva de suínos que está relacionada à produção de gases tóxicos dentro das instalações, que podem causar o aparecimento de enfermidades no homem e nos animais associados aos fenômenos de poluição atmosférica, devido à emissão de Gases do Efeito Estufa (GEEs), originados nos processos de digestão anaeróbia dos sistemas de armazenamento ou tratamento dos dejetos.

Os principais gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos, incluindo a fase produtiva dos animais e a geração, manejo e utilização dos dejetos, são dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), considerados promotores do efeito estufa (OLIVEIRA, HIGARASHI e NUNES, 2004).

A falta do tratamento e de um destino adequado aos dejetos pode trazer diversos danos ao meio ambiente, sendo o solo, a água e o ar focos deste processo de degradação, uma vez que a maioria das propriedades suinícolas não possuem equipamentos e instalações adequadas para o armazenamento e o tratamento do mesmo (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

De acordo com Oliveira (2003), as principais preocupações em relação ao meio ambiente devido ao manejo inadequado dos dejetos de suínos estão representadas na Figura 3.





**Figura 3** - Riscos ambientais devido ao manejo inadequado dos dejetos.  
**Fonte:** Adaptado de Oliveira (2003).

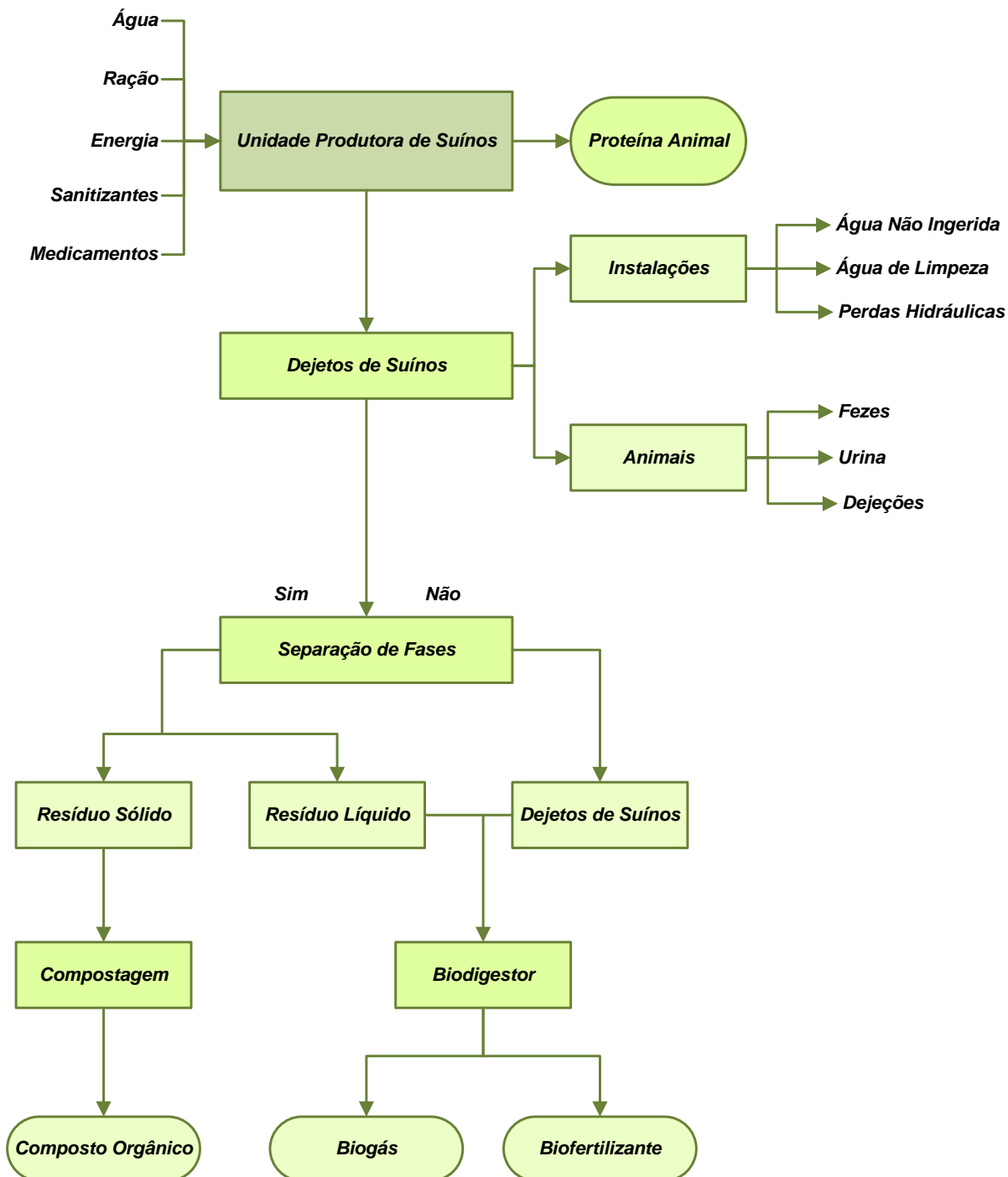
Portanto, para que seja possível identificar as diferenças de intensidade dos impactos ambientais decorrentes das várias formas de produção de suínos, é necessário analisar os diversos conjuntos tecnológicos existentes nessa atividade (ASSIS, 2006).

#### 1.2.4. Produção e Manejo de Suínos

Segundo Gomes et al. (1992), o sistema de produção de suínos, que normalmente é chamado de granja de suínos é constituído por um conjunto de componentes que estão inter-relacionados e cujo objetivo básico é a produção de suínos (proteína animal). No sistema devem-se considerar as entradas de insumos (água, energia, ração, medicamentos, sanitizantes), instalações, tipo e categoria de produção, formas de manejo e gerenciamento dos resíduos. Sendo que, o desempenho da produção irá depender da harmonia entre estes componentes, o que determina a capacidade de produção e a geração de dividendos.

A Figura 4 apresenta o esquema do sistema produtivo de uma granja de suínos com as entradas de insumos, os resíduos gerados, o processo de tratamento

com a utilização de um biodigestor, assim como, o aproveitamento dos subprodutos desse processo.



**Figura 4** - Esquema do sistema produtivo de uma granja de suínos.  
**Fonte:** Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2009a).

### 1.2.5. Sistemas de Produção de Suínos

Os ambientes em que os suínos são criados variam desde pequenas pocilgas, descobertas e lamacentas, até modernas instalações protegidas do ambiente externo, ou ainda livres em grandes áreas de pastagens ou em um estado semi-selvagem, onde podem se deslocar livremente em áreas de mata (VOTTO, 1999). Existem dois sistemas de produção de suínos, conhecidos como sistema extensivo e sistema intensivo.

#### a) *Sistema Extensivo*

No sistema extensivo os animais são mantidos permanentemente soltos a campo, sendo caracterizado como sistema de criações primitivas, não tecnificadas e com baixos índices de produtividade, onde todos os animais de todas as idades permanecem juntos numa mesma área e disputam o mesmo alimento. A concentração de animais por área é baixa, sendo necessárias grandes extensões territoriais (VOTTO, 1999).

Segundo Assis (2006), este sistema é predominante nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil, sendo mais uma forma de cultura extrativa ou de subsistência, quase que exclusivamente para produção de carne e banha para consumo local, com pouco excedente (comercializado nas proximidades da unidade produtora).

A vantagem apontada para este sistema de produção pressupõe a existência de um rebanho relativamente pequeno sobre uma grande extensão de terras, facilita a decomposição natural dos dejetos gerados e sua incorporação ao meio, consequentemente diminuindo os problemas ambientais (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

#### b) *Sistema Intensivo*

O sistema intensivo é dito como aquele no qual se tem um acúmulo de trabalho e capital em terreno relativamente restrito, as propriedades são em geral tecnificadas onde prima-se por produtividade e economicidade, podendo ser para subsistência, produzir parte da renda ou ser a fonte da renda familiar. Esse sistema possui como objetivo, a criação de suínos em

instalações especializadas projetadas de modo a permitir o controle das condições ambientais; animais de alto potencial genético; regime profilático contra principais doenças e programas de alimentação específicos (ASSIS, 2006).

Conforme Votto (1999), os sistemas intensivos podem ser classificados em três tipos com seus subsistemas: Sistema de criação confinado, sistema de criação misto ou semiconfinado e sistema de criação ao ar livre:

- *Sistema Confinado de Alta Tecnologia:* O sistema confinado de alta tecnologia e eficiência é aquele cujas características fundamentais são: Caráter empresarial; confinamento dos animais em instalações especializadas projetadas de modo a permitir o controle das condições ambientais; animais de alto potencial genético; intensa reposição de reprodutores; regime profilático contra principais doenças; e programas de alimentação específicos para cada fase da vida do animal. Este sistema destina-se à obtenção dos mais altos índices de produtividade física possível, e incorpora de forma imediata os resultados da pesquisa do setor, sendo considerado um sistema de alto custo de implantação. As criações orientadas pelo sistema confinado de alta tecnologia e eficiência tendem a ser menos sujeitas a grandes oscilações de plantel e, portanto, de quantidades de dejetos gerados.
- *Sistema Confinado de Baixa Tecnologia:* O sistema confinado tradicional de baixo custo e/ou tecnologia é aquele cujas características fundamentais são: Produção de suínos que nem sempre é a atividade principal da propriedade rural em que ele se aplica; a oscilação da quantidade do plantel vinculada às condições de mercado; instalações simples; reposição de produtores machos por aquisição de produtores especializados, e de fêmeas, algumas vezes, com animais próprios; e incorporação parcial e gradual de novas tecnologias. Se este sistema for comparado ao anterior, pode-se inferir que, para criações do mesmo tamanho, o potencial de impactos decorrentes seria maior no presente caso.
- *Sistema Semiconfinado:* O sistema semiconfinado de baixo custo e/ou tecnologia é aquele cujas características fundamentais são idênticas às do

anterior, mas diferencia-se daquele nos seguintes aspectos: Acesso controlado ou não a piquetes (Pequenas áreas ao ar livre) para a maioria dos animais; e apenas os animais para engorda são confinados. Neste caso, a comparação ambiental é favorável em relação aos sistemas anteriores, em função da desconcentração da produção de dejetos durante a maior parte da vida dos animais, e pela própria mobilidade dos suínos no pasto, embora do ponto de vista dos índices econômicos de produção ele não se justifique como alternativa viável em relação aos anteriores.

- *Sistema ao Ar Livre*: O Sistema Intensivo de Criação ao Ar Livre (SISCAL) apresenta como características principais: Animais em fases de reprodução, maternidade e creche são mantidos em piquetes; pequeno número de edificações; confinamento de animais de engorda; e rotação das áreas ocupadas pelos animais. Este sistema apresenta as seguintes vantagens: Baixo custo de implantação, manutenção e produção; mobilidade das instalações e facilidades de implantação e aumento da produção, havendo poucas referências à questão dos impactos ambientais.

#### **1.2.6. Manejo de Suínos**

O manejo de suínos podem ser classificados em dois tipos, tais como: Criação de suínos em lâminas d'água e criação de suínos em cama sobreposta, que são apresentados a seguir.

##### *a) Criação de Suínos em Lâminas d'Água*

O bem-estar é uma das condições básicas e fundamentais para os suínos completarem seu ciclo de vida de forma satisfatória, a lâmina d'água é um sistema de criação utilizado para proporcionar maior conforto térmico aos animais. A lâmina d'água é uma "piscina" de mais ou menos 1,0 m de largura por 0,01 m de profundidade, construída no fundo da baia, ao longo do eixo longitudinal do galpão e

normalmente interliga as baias, de forma que a água escoe em sua extensão (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

#### *b) Criação de Suínos em Cama Sobreposta*

Recentemente introduzido no Brasil, o sistema de criação de animais em cama sobreposta (*Deep-litter*) é uma das alternativas ao manejo tradicional dos dejetos de suínos na forma líquida (GIACOMINI e AITA, 2008).

Nesse sistema, os suínos podem permanecer durante todas as fases do processo criatório sobre uma cama, que pode ser de maravalha, casca de arroz, palha de cereais ou serragem (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a). Oliveira (1999) relata que a capacidade que estes materiais têm de absorver fezes, urina e água, proporciona decomposição parcialmente aeróbia, provocando diminuição no volume de dejetos e geração de um resíduo sólido com potencial fertilizante.

#### **1.2.7. Fases de Desenvolvimento do Suíno**

Segundo Pertile (2001), os tipos de produção, assim como a condição de divisão e especialização das atividades características da criação de suínos, são variáveis com a fase de vida dos mesmos. De acordo com Triches (2003), a criação de suínos é dividida em quatro fases, como: Gestação, maternidade, creche e terminação.

- **Gestação:** Esta fase é composta por fêmeas nos diversos estágios de desenvolvimento, com pesos variando entre 140 e 280 kg, a gestação dura, em média, 114 dias dividida em duas fases: embrionária e fetal. A fase embrionária varia de 17 a 24 dias após a fecundação, sendo de grande importância, pois é neste período que ocorrem as perdas embrionárias. Portanto, a fêmea deve sofrer o mínimo de estresse possível e deve-se ter bastante cuidado com as rações que não devem conter excesso de energia para não aumentar estas perdas embrionárias. Em relação à alimentação das

porcas gestantes, deve ser limitada de acordo com as suas condições orgânicas, fornecendo à mesma entre 1,5 a 2 kg de ração.dia<sup>-1</sup> até o parto, sendo que as marrãs devem ganhar mais peso na gestação em relação as demais porcas, pois estão em fase de crescimento.

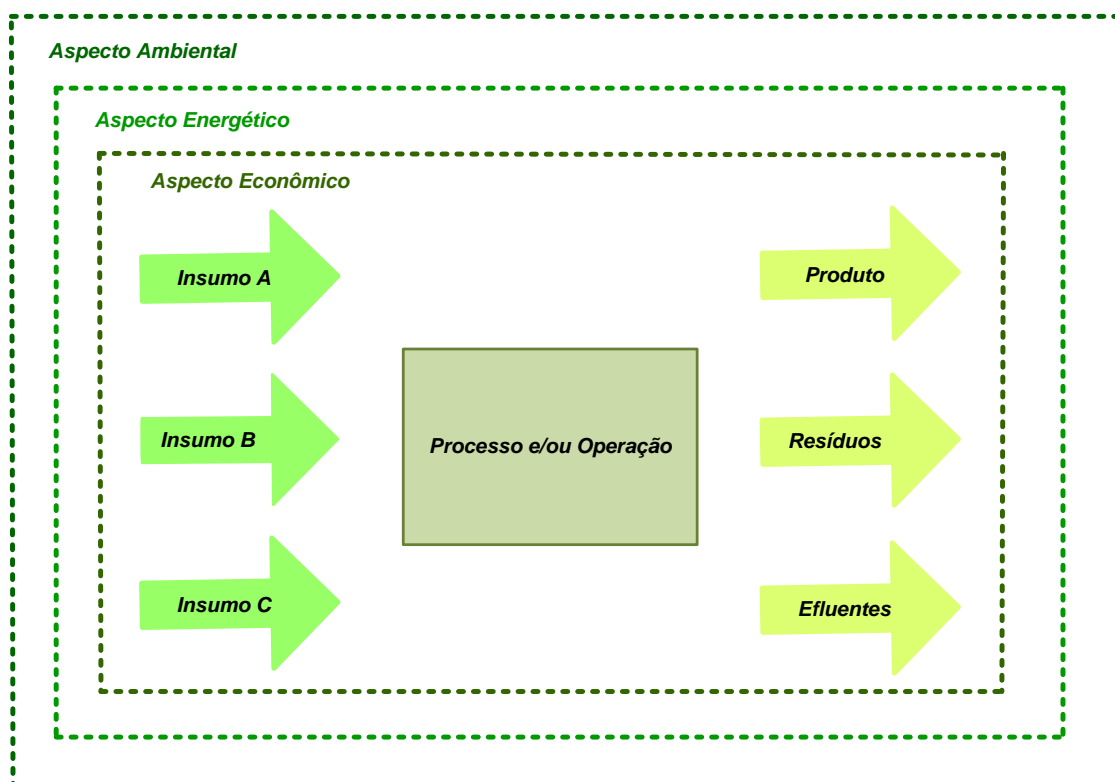
- *Maternidade:* Esta fase é composta por fêmeas no mesmo estágio de prenhes, que estão próximas do parto, pesando em média 280 kg. Os leitões permanecem nesta fase do dia zero ao 21º dia de vida, saindo para a creche com peso médio de 6 a 6,5 kg. Um dos principais aspectos que deve ser considerado na maternidade é a temperatura, sendo que a maternidade deverá ser equipada com fontes de calor (campânulas), que deverão ser testadas por ocasião do parto, e escamoteadores (casinhas para abrigar leitões).
- *Creche:* Após os desmames, que ocorre em torno do 21º dia, os leitões são separados em lotes uniformizados por peso e sexados, permanecendo em baias e ambientes controlados até alcançar o peso entre 20 e 27 kg, o que leva em torno de 30 dias, permanecendo nesta fase por um período total de 49 dias, esta etapa do desenvolvimento é denominado de creche.
- *Recria:* Esta fase é composta pelos leitões retirados da creche, que entram nas instalações com 70 dias e peso médio de 28 kg e saem com 120 a 22 dias e peso médio de 60 a 64 kg, permanecendo por um período total de 50 a 52 dias.
- *Terminação:* Esta fase é composta por animais retirados da recria, que entram nas instalações com 120 a 122 dias e peso médio de 60 a 64 kg e saem em média com 170 a 172 dias e peso médio de 120 kg, permanecendo por um período total de 48 a 52 dias. É a mais rústica de todo o ciclo criatório, e também onde se encontra o maior número de unidades de criação ou de propriedades. Nesta fase os animais devem ser agrupados em lotes, variando de 10 a 20 suínos com tamanho uniforme. Deve-se evitar a superlotação, pisos molhados e ventilação inadequada, pois pode ocorrer ou agravar problemas como pneumonias, rinite atrófica, diarreia e canibalismo. As baias

devem ser mantidas sempre limpas, com temperatura ambiente em torno de 15 a 20°C.

### 1.2.8. Insumos

Segundo Pereira, Maia e Camilot (2009), processo de produção é entendido como qualquer atividade ou conjunto de atividades que conduz à produção de um ou mais produtos, no qual o insumo é qualquer bem ou serviço que contribui para a produção.

Em um sistema produtivo são utilizados processos e operações nos quais os recursos devem ser transformados por reações físicas, químicas e biológicas em uma gama de produtos. O princípio para atingir um processo eficiente é realizar estas transformações com base na análise econômica, ambiental e de energia (Figura 5).



**Figura 5** - Análise de insumos na geração da biomassa residual.  
**Fonte:** Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2011).



Dentre os sistemas produtivos, existem três recursos importantes a serem considerados: Água, energia e insumos; os quais permitem caracterizar o processo produtivo quanto a sua eficiência, bem como determinar as características físico-química e biológica dos seus efluentes, no caso a biomassa residual (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

Conforme Martins (2006), a estrutura de custos na suinocultura é composta por custos fixos, valores que dentro de um determinado período de tempo não variam (depreciação das instalações, depreciação de equipamentos, remuneração sobre capital médio, sobre reprodutores e sobre capital de giro) e por custos variáveis, aqueles que variam num determinado período de tempo de acordo com a produção (alimentação, mão-de-obra, gastos veterinários, gastos com transportes, despesas com energia e combustível, despesas com manutenção e conservação).

#### *a) Consumo de Água*

De acordo com Araújo e Pereira (2007), o conhecimento da quantidade de água que se utiliza para a produção animal e vegetal (água virtual), é importante para se entender o funcionamento do comércio internacional entre os países que possuem escassez e os que possuem abundância de recursos hídricos. A partir desse conceito, torna-se possível saber o quanto de água virtual os países exportam ou importam e podendo encontrar maneiras sustentáveis da utilização deste recurso.

A atividade pecuária intensiva é grande consumidora direta de recursos hídricos. Além da água para dessedentação, também se deve computar a água utilizada para higiene dos animais, limpeza das instalações e controle térmico do ambiente. Sendo um insumo essencial para a suinocultura, devem-se adequar as instalações, dando-se importância ao controle do uso e ao controle de desperdícios de água (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

#### *b) Consumo de Água na Dessedentação*

Segundo Cavalcanti (1993), a água a ser fornecida aos suínos deve ser sempre fresca, pura e à vontade. Exames químicos e microbiológicos são sempre aconselháveis, pois as águas podem ser veículos de agentes patógenos, bem como de alguns nutrientes em excesso que podem ser prejudiciais aos suínos, como o selênio, flúor e cálcio.

Para Bonett e Monticelli (1998), a exigência em água para os suínos depende de fatores, como temperatura, umidade relativa do ar, idade, peso vivo, estágio ou ciclo reprodutivo, quantidade de ração consumida, teor de matéria seca da dieta, composição da ração e sua palatabilidade. Esses autores relatam que a exigência de água para suínos em terminação pode variar de 5 a 18 L suíno<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> para uma variação de temperatura de 22 para 35°C.

Os nutricionistas veterinários normalmente calculam uma relação de 4:1, para a ingestão de água em relação à ingestão de matéria-seca. Assim, um suíno adulto, consumindo em torno de 2,5 kg de ração ao dia, teria uma necessidade ao redor de 10 litros de água. Na prática, há muita variação nestes números, devida principalmente a problemas de dimensionamento dos bebedouros e problemas sociais entre os animais na baia de criação (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

A Tabela 3, desenvolvido por Barbari e Rossi (1992) apresenta as necessidades de água por suíno em função de suas categorias.

**Tabela 3** - Necessidades de água por suíno em função de suas categorias

<b>Categoria do Suíno</b>	<b>Litros de Água Suíno<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup></b>
Leitão na Maternidade	0,1 a 0,5
Leitão na Creche (7 a 25 kg)	1,0 a 5,0
Suíno em Crescimento (25 a 50 kg)	4,0 a 7,0
Suíno (50 a 100 kg)	5,0 a 10,0
Suíno em Engorda (100 a 150 kg)	7,0 a 15,0
Porca Desmamada	5,0 a 10,0
Porca em Gestação	10,0 a 20,0
Porca na Maternidade	20,0 a 35,0
Cachaço	10,0 a 15,0

**Fonte:** Barbari e Rossi (1992).

Fraiha (2006) comenta que, se comparados aos seres humanos, os animais de produção consomem mais água por quilo de peso vivo. O mesmo autor estima que um homem de 70 kg consuma em média 0,03 L. kg<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, enquanto que uma vaca em produção consome em média 0,13 L. kg<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>; um bovino a pasto 0,10 L. kg<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>; um frango e um suíno próximos ao abate 0,20 e 0,12 L. kg<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

Dessa forma, o desenho e dimensionamento corretos dos sistemas de bebedouro adaptado à anatomia e ao comportamento animal é uma das formas de influenciar sua atitude ao ingerir água, e pode reduzir desperdícios (FRAIHA, 2006). Os sistemas de dessedentação para os suínos podem ser: Por nível, tipo taça e tipo chupeta (*nipple*) (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

Oliveira (2002) define que os bebedouros ideais, são aqueles que fornecem um adequado volume de água na unidade de tempo, com baixa velocidade de escoamento, apresentando como modelo, os bebedouros do tipo chupetas (*nipple*), que são normalmente fixos, com dispositivos de ajuste de altura, para adequá-los ao tamanho dos suínos. Em vista disso, os bebedouros devem ser instalados nas áreas próximas às paredes laterais das baias, de maneira a estabelecer uma zona úmida, que será utilizada para as dejeções dos animais, por reflexo condicionado, sendo que, as outras áreas das baias deverão se apresentar secas. A Tabela 4 apresenta a vazão mínima para bebedouros na fase produtiva dos suínos.

**Tabela 4** - Vazão mínima para bebedouros na fase produtiva dos suínos

<b>Categoria do Suíno</b>	<b>Vazão de Água (L/min)</b>
Leitão na Maternidade	0,25 - 0,40
Suíno (até 30 kg)	0,50 - 0,60
Suíno (30 a 50 kg)	0,60 - 0,75
Suíno (50 a 150 kg)	0,75 - 1,00
Porca em Lactação	1,50 - 2,00
Porca em Gestação	1,00 - 1,50
Cachaço	1,50 - 2,00

**Fonte:** Oliveira (2002).

Na fase de terminação, a vazão mínima do bebedouro deve ser de 1 (um) litro por minuto (EMBRAPA/CNPSA, 1994) com limite de pressão em 2,1 kgf/cm<sup>2</sup> (BODMAN, 1994).

No sistema de dessedentação tipo *nipple*, a altura e o ângulo de posicionamento dos bebedouros devem ser determinados em função do modelo e do tamanho dos animais. Conforme ocorre o aumento da altura média dos suínos é necessário o deslocamento deste sistema para alturas de 5 a 15 cm superiores ao dorso do animal, para que, ele necessite adotar uma posição de desconforto ao qual permanecerá durante o tempo necessário para dessedentação. Desta forma, deve-

se controlar a altura dos bebedouros ao longo do ciclo na criação tipo terminação (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

De uma forma geral, os bebedouros devem apresentar um ângulo de 50° para evitar que os animais se encostem na parede para utilizar o bebedouro, assim, o ângulo de inclinação da ponta não favorece a ingestão os animais acessam o sistema de lado e desperdiçam tanta água quanto a consumida (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

### *c) Consumo de Água na Limpeza*

Os sistemas confinados constituem a base da expansão suinícola e induzem a adoção de manejo de dejetos na forma líquida. A sua grande diluição constitui um agravante para os problemas de captação, armazenagem, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos (PERDOMO, LIMA e NONES, 2001).

O sistema de limpeza com água, adotado em confinamentos de suínos nas regiões de clima tropical e subtropical, impõe alto consumo de água, atingindo cinco vezes a produção diária de dejetos. Enquanto, em regiões de clima frio e temperado, esse volume atinge duas vezes a produção diária de dejetos. Essa diferença deve-se principalmente ao fato de que nas regiões de clima tropical e subtropical, a água é utilizada para a redução do stress, devido ao calor, e para a diminuição de infecções causadas por bactérias ou vírus (YANG e CHOU, 1985).

Além de consumir quantidades elevadas de água, o que contribui para a redução das disponibilidades hídricas, a suinocultura convencional, com o manejo dos dejetos na forma líquida, produz no meio rural águas residuárias com o maior poder poluidor, relativamente aos outros tipos de animais. Isso em função da sua elevada carga orgânica, da concentração de nutrientes na forma mineral, principalmente nitrogênio amoniacal, da presença de microrganismos potencialmente patogênicos ao homem e de compostos orgânicos voláteis responsáveis pelo forte mau cheiro (SCHERER, AITA e BALDISSERA, 1996).

O desperdício de água através do sistema de limpeza é muito comum, pois, em geral, as mangueiras de lavagem permitem vazões extremamente altas. Andreadakis (1992) relata que o volume de água desperdiçado por suíno varia amplamente, de 6 a 45 L suíno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, ou seja, depende muito do manejo hídrico adotado em cada granja. O interessante seria uma baixa vazão com alta pressão.

Atualmente existem produtos químicos para controle de pragas e sanitização, seguros para o meio ambiente e o homem, que podem ser utilizados no controle da higiene cotidiana e poderiam auxiliar na redução do consumo de água para a limpeza (FRAIHA, 2006).

Assim, dentre as principais soluções apontadas para o problema do excesso da água nas instalações podemos destacar (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a):

- Realização de limpeza a seco das instalações e o uso do piso ripado, nesse caso a frequência de limpeza é mínima e o uso da água só se faz necessário na saída do lote dos animais;
- Para facilitar o trabalho de limpeza em sistemas de piso compacto utilizar declividade de 3 a 5% e três ou mais saídas de esterco em cada baia, usando-se água para limpeza somente na saída dos animais;
- Não deixar a água pluvial misturar-se com os dejetos na esterqueira, para tanto se deverá utilizar beiral largo ou calha no telhado;
- Quando usar desinfetante nas instalações, desviar a água usada para um sumidouro, para que não afete o processo de fermentação do esterco.

#### *d) Consumo de Água Para Conforto Térmico*

Para uma baia média de 6 m de comprimento por 4 m de largura, o volume estático da lâmina d'água seria preenchido por 400 L, para uma população aproximada de 25 animais (idade próxima do abate). Esta é uma estimativa estática, e nos meses mais quentes, a lâmina d'água fornece água corrente para controle da ambiência para os animais, que entra límpida e sai com resíduos da produção, e o volume utilizado é muito variável (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

Porém, este sistema tem um potencial de consumo de água superior a outros. Outra metodologia empregada para resfriamento do ambiente de criação é o uso da água aspergida sobre o telhado do galpão para controle térmico do ambiente (TINOCO, 2004). Porém tende a gerar um desperdício de água.

Também é possível controlar a temperatura pela inserção de um sistema de isolamento térmico da cobertura e controle da ventilação lateral, possibilitando no inverno uma diminuição da abertura lateral e no verão um aumento (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

#### e) *Consumo de Ração*

Na suinocultura, assim como em outros segmentos da produção animal, a nutrição é considerada de grande impacto, pois é um dos fatores fundamentais de produção e representa cerca de 70% dos custos totais da atividade. Para viabilidade econômica na produção, a suinocultura depende essencialmente da disponibilidade local e regional de ingredientes que tenham preços compatíveis com os preços pagos por quilograma de suíno (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

De acordo com Bellaver e Ludke (2004), cada granja apresenta o seu custo específico referente à alimentação do plantel e, dessa forma, o impacto da oscilação nos preços dos ingredientes no mercado reflete de forma diferenciada na rentabilidade da atividade. Assim, o produtor deve conhecer o custo decorrente da alimentação e, de forma constante, ter seu objetivo centrado na sua redução visando à garantia da qualidade na produção. Na avaliação da oportunidade de uso de um alimento e/ou ingrediente alternativo, deve-se considerar os seguintes pontos específicos:

- *Disponibilidade Comercial:* É necessário um suprimento quantitativamente atrativo e que justifique o esforço de mudança de fórmulas de ração, pois pequenas quantidades em geral associadas a sobras de pré-limpeza de cereais não deveriam ser utilizadas, pois existe o risco de causarem mais problemas como altas concentrações de fibra, sementes tóxicas, microtoxinas etc.;
- *Quantidade de Nutrientes e Energia:* Os ingredientes podem ser mais ou menos densos energeticamente e estimativas de sua energia podem ser obtidas após análises laboratoriais. Análises de composição proximal servem para indicar o conteúdo de alguns nutrientes e são indispensáveis;

- *Qualidade dos Nutrientes:* É importante que os valores de nutrientes digestíveis estejam disponíveis, pois são esses que verdadeiramente são utilizados pelos animais. Alguns fatores como altas temperaturas ou falhas no processamento podem desnaturar proteínas ou impedir que os nutrientes dos ingredientes sejam adequadamente digeridos. Também a presença de microtoxinas e de fatores antinutricionais nos ingredientes brutos podem comprometer a qualidade da dieta e não serem adequados;
- *Características Físicas do Ingrediente:* Na formulação de rações é importante levar em consideração a densidade e umidade dos ingredientes, fatores que tem influência direta na capacidade e condições de armazenamento.

O primeiro fator nutricional com grande influência no ganho de Peso Médio Diário (GMD) é o consumo energético. Os aminoácidos são o segundo fator, além de fósforo, vitaminas e outros micronutrientes. Os fatores genéticos, sanitários e ambientais intervêm no consumo de alimento, o que determina entre 65 e 80% da variabilidade individual no crescimento diário (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

De acordo com Yagüe (2008), nos últimos anos, os programas nutricionais para suínos de engorda melhoraram. As medidas habituais voltadas à nutrição, colocadas em prática dentro de granjas têm sido: a) Classificação da capacidade de consumo e crescimento dos suínos (deposição de tecido magro); b) Balanço de dietas com base na proteína ideal (aminoácidos digestíveis); c) Formulação com base na energia líquida do suíno; d) Otimização da relação cálcio/fósforo digestível, utilizando fitases (enzimas); e) Emprego de complexos enzimáticos (xylanase, betaglucanase, amilase, peptidase); f) Incorporação de outros aditivos, como probióticos, prebióticos, ácidos orgânicos, óleos essenciais; g) Melhorias nos processos de controle de qualidade das matérias-primas; h) Avanços na tecnologia de fabricação; i) Incorporação de sistemas de alimentação líquida; j) Melhoria dos sistemas de manejo de programas de alimentação.

Segundo parâmetros sanitários, para as granjas de alta saúde, a utilização de subprodutos de origem animal para produção de rações, deve ser evitada, com exceção para os derivados lácteos, as farinhas de peixe e o plasma sanguíneo. Os ingredientes mais utilizados nas rações de suínos são o farelo de soja e o milho,

constituindo em torno de 80 a 90% das rações e são as principais fontes protéica e energética das dietas, respectivamente (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a). A Tabela 5 apresenta os ingredientes normalmente utilizados na fabricação de rações para suínos.

**Tabela 5** - Principais ingredientes utilizados na fabricação de rações para suínos

Classificação	Ingredientes
Energéticos	Milho, sorgo, milho, trigo, trigoilho, tritcale, cevada, aveia, quirera de arroz, farelos de trigo e de arroz, mandioca e raspa de mandioca, caldo de cana, óleo de soja degomado, gorduras animais
Protéicos de Origem Vegetal	Subprodutos do processamento de vegetais, tais como: Farelos de soja, de glúten, de algodão, de amendoim, de girassol, de canola; leveduras de destilarias, polpa cítrica, quinoa, amaranto, ervilhas.
Protéicos de Origem Animal	Farinhas de carne e ossos, de carne, de peixes, de penas hidrolisadas, de vísceras, de sangue
Macro-Minerais	Calcário calcítico, farinha de ossos calcinada, farinha de ostras, fosfatos mono e bicálcico, sal comum
Micro-Ingredientes	Vitaminas, micro-minerais, L-lisina, DL-metionina, Ltreonina, L-triptofano
Ingredientes que Auxiliam o Processo Digestivo e/ou Modificam a Flora Intestinal	Ácidos orgânicos, enzimas, antioxidantes, probióticos, prebióticos, extratos herbais
Outros Ingredientes	Antimicrobianos usados preventiva ou curativamente, antiparasitários, antioxidantes, adsorventes de micotoxinas

**Fonte:** Bellaver e Ludke (2004).

Normalmente, para produção da ração que visa à nutrição de suínos, é comum que o suinocultor tenha instalada uma fábrica de ração na granja, variável em porte, segundo o porte da atividade, onde se produz a “quebra” do milho por ação de moinhos, reduzindo os grãos até a granulometria considerada ideal para fase animal a nutrir (BLEY JÚNIOR et al., 2004).

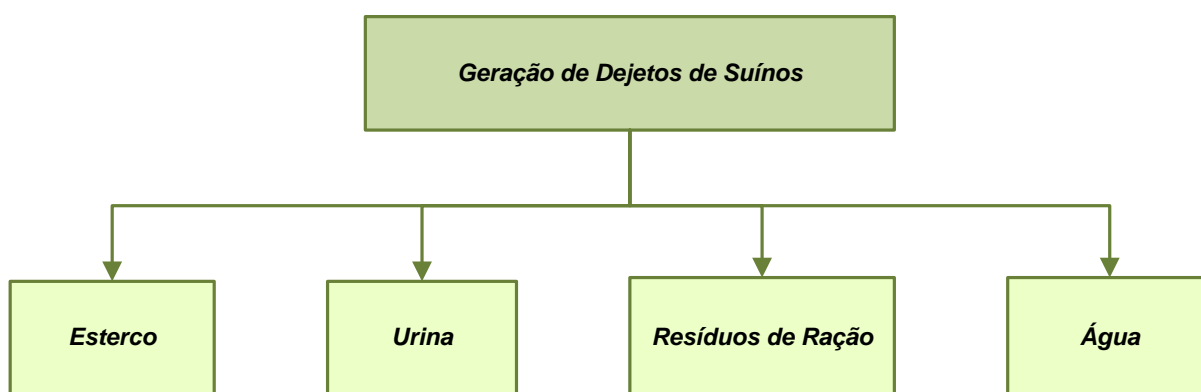
Conforme Bley Júnior et al. (2004), o transporte de rações da fábrica até os comedouros dos animais, em instalações de pequeno ou médio porte, normalmente é realizado em carrinhos de rodas e com o auxílio de vasilhas, que são usadas para retirar rações dos carrinhos e colocá-las nos comedouros. Já nas instalações



maiores, o transporte de rações é automático, sendo realizado em equipamentos específicos, como depósitos em silos, tubulações com roscas sem fim acionada por motor e comedouros automáticos, que se constituem em uma exceção na suinocultura atual.

### 1.2.9. Geração de Dejetos

Segundo Schultz (2007), a geração de dejetos é constituída por esterco, urina, resíduos de ração e água, conforme apresenta a Figura 6. Essa composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado, que poderá apresentar grandes variações na concentração dos elementos componentes, dependendo da diluição à qual foram submetidos e do sistema de armazenamento.

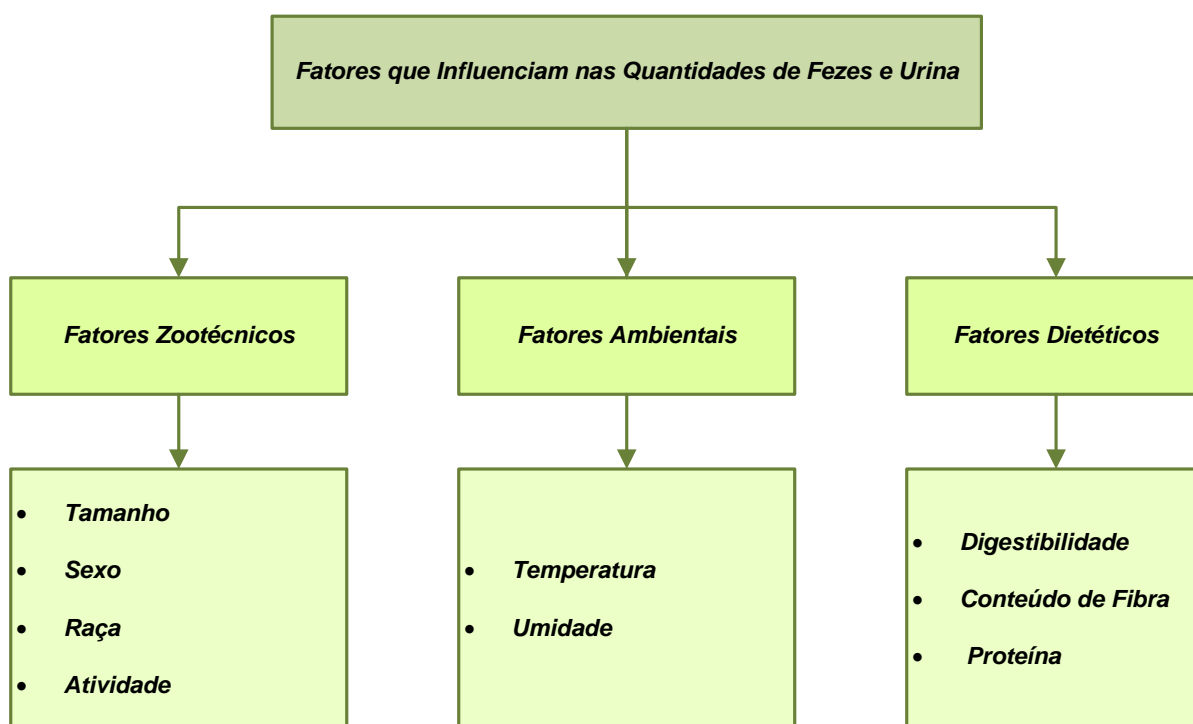


**Figura 6** - Geração de dejetos de suínos.

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

Conforme Dartora, Perdomo e Tumelero (1998), a quantidade total de dejetos produzidos por um suíno em determinada fase do seu desenvolvimento, é um dado

fundamental para o planejamento das instalações de coleta e estocagem, e definição dos equipamentos a serem utilizados para o transporte e distribuição do mesmo na lavoura. Sendo que, as quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade), ambientais (temperatura e umidade) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína), conforme apresenta a Figura 7.



**Figura 7** - Fatores que influenciam nas quantidades de fezes e urina.

A Tabela 6 apresenta o volume total e a contribuição de diferentes fontes de diluição dos dejetos suínos (fezes e urina, água de higiene e perdas através de bebedouro) em função do tipo de produção.

**Tabela 6** - Volume total e diferentes fontes de diluição dos dejetos

<b>Categoria dos Suínos</b>	<b>Fezes e Urina (L/dia)</b>	<b>Água de Higiene (L/dia)</b>	<b>Perda de Bebedouros (L/dia)</b>	<b>Total (L/dia)</b>
UPL - Matriz Alojada	19,00	16,00	7,90	42,90
UPT - Suíno Alojado	6,80	2,80	1,30	10,90
UCC - Matriz Alojada	55,00	32,00	15,50	102,50

**Fonte:** Oliveira Moreira (2007).

**Nota:** Calculado com uso de lava-jato (1.600 lb), operário treinado e taxa de 2% de bebedouros com problemas (pressão de 1,4 a 2,1 kg/cm<sup>2</sup>) numa granja de médio nível tecnológico.

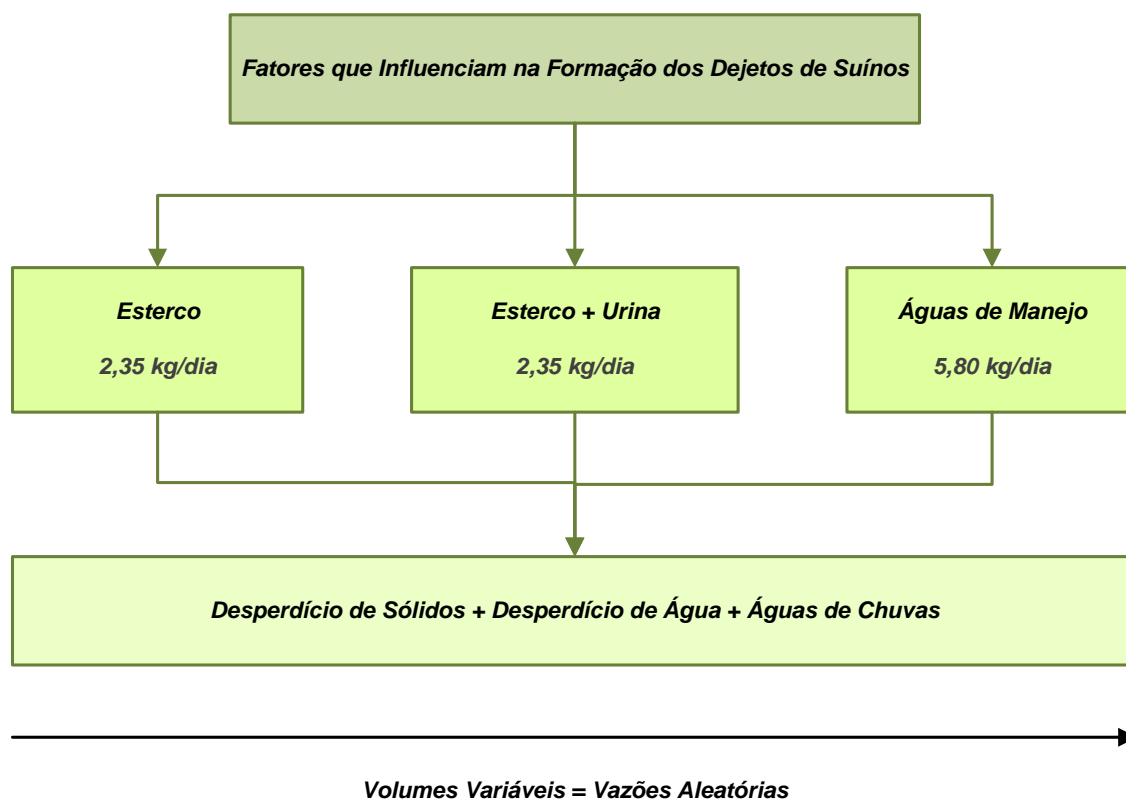
Segundo Konzen (1980), a produção média diária por unidade de suíno é de 8,6 litros/dia. A Tabela 7 apresenta as variações das quantidades de dejetos líquidos produzidos de acordo com diferentes fases do sistema de criação.

**Tabela 7** - Produção média de dejetos de acordo com as fases do suíno

Fases do Sistema de Produção	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos Líquidos (L/dia)	Esterco + Urina (m <sup>3</sup> /animal/mês)	Dejetos Líquidos (m <sup>3</sup> /animal/mês)
Suínos (25 a 100 kg)	2,30	4,90	7,00	0,16	0,25
Gestação	3,60	11,00	16,00	0,34	0,48
Lactação	6,40	18,00	27,00	0,52	0,81
Macho	3,00	6,00	9,00	0,18	0,28
Creche	0,35	0,95	1,40	0,04	0,05
Média	2,35	5,80	8,60	0,17	0,27

Fonte: Konzen (1980).

Conforme os dados da Tabela 7, pode-se mencionar que a formação dos dejetos de suínos ocorre devido alguns fatores principais (Figura 8).



**Figura 8** - Fatores que influenciam na formação dos dejetos de suínos.

Fonte: Adaptado de Bley Júnior et al. (2004).

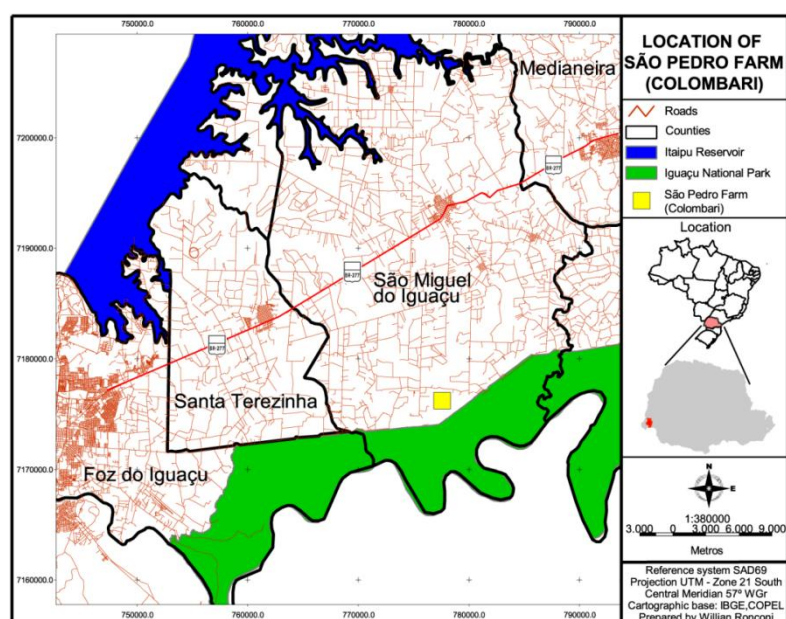
No entanto, ressalta-se que a Figura 8 demonstra que os números fornecidos na Tabela 7, podem não refletir com precisão a totalidade de águas empregadas para a higienização das instalações, nem os frequentes desperdícios por manejo e eventuais quebras dos sistemas hidráulicos, e ainda pode-se considerar tolerância zero com infiltrações de águas de chuvas.

Portanto, a composição do dejetos suíno varia em função da quantidade de água usada nas instalações, tipo de alimento e idade dos animais, sendo que a composição mais completa de resíduos líquidos está na fase de crescimento e terminação (TOBIAS, 2002).

### 1.3. Material e Métodos

#### 1.3.1. Caracterização da Área de Estudo

A Unidade Granja Colombari (UGC) pertence ao Sr. José Carlos Colombari, e localiza-se na Linha Marfim, no município de São Miguel do Iguaçu, no Oeste do Paraná, conforme apresenta a Figura 9.



**Figura 9** - Mapa de Localização da Unidade Granja Colombari.  
**Fonte:** Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2011).

A propriedade possui uma área total de 250 hectares, sendo 200 hectares destinados para a agricultura e 50 hectares destinados para a atividade de suinocultura, Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). A Figura 10 apresenta a vista área da Unidade Granja Colombari.



**Figura 10** - Vista Aérea da Unidade Granja Colombari.  
**Fonte:** Coordenadoria de Energias Renováveis (CEB) (2009).

Desde 1997, o produtor da Unidade Granja Colombari trabalha com a atividade de suinocultura na fase de terminação, apresentando no decorrer dos anos um aumento expressivo da sua produção de suínos. A capacidade de produção de suínos da propriedade é de 5.000 animais. A Tabela 8 apresenta dados referentes à ampliação da produção de suínos na UGC, entre os anos de 1997 a 2010.

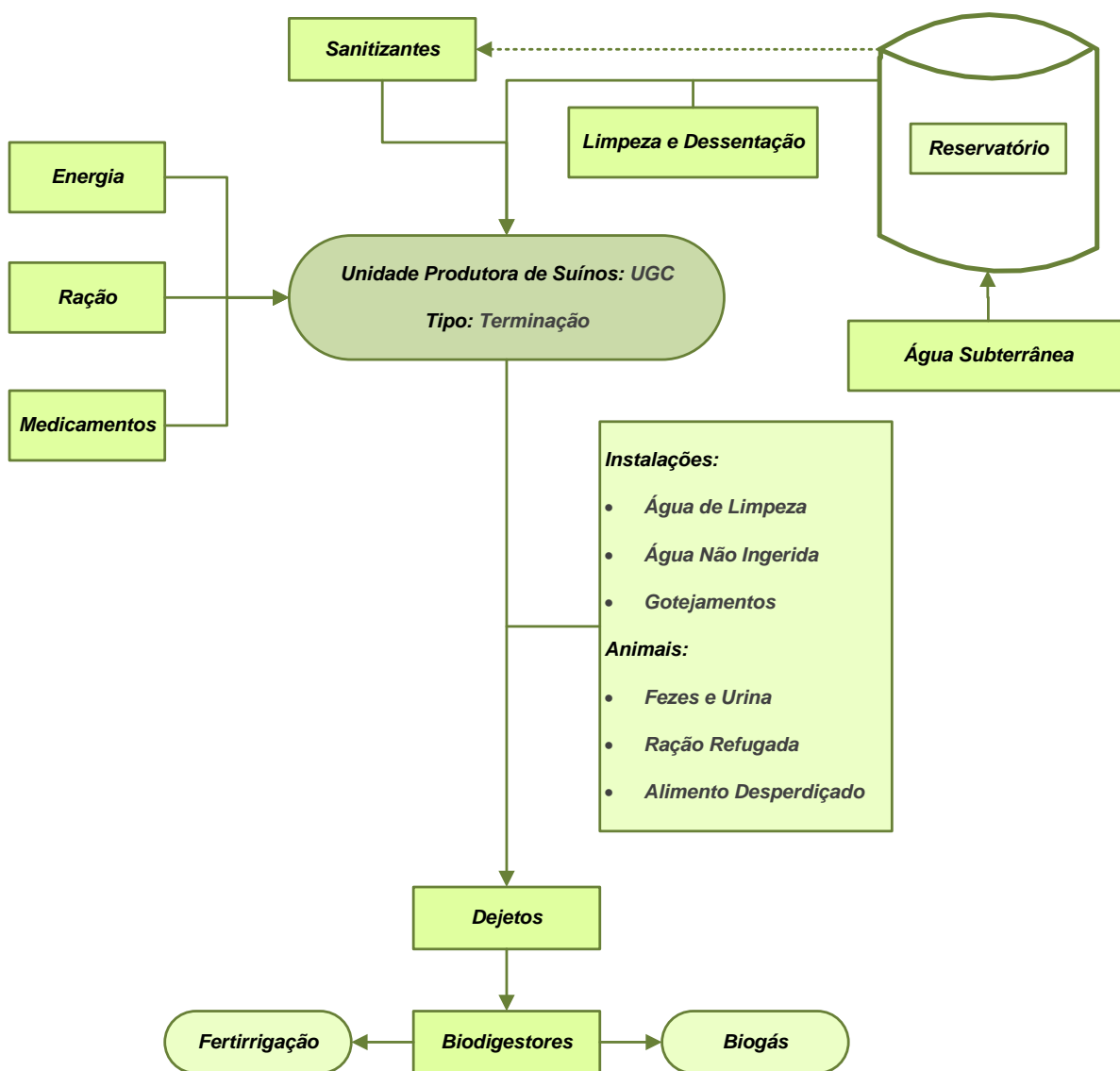
**Tabela 8** - Dados referentes à ampliação da produção de suínos na UGC

Ano	Número de Suínos na Fase de Terminação
1997	600
1999	1.200
2001	2.000
2006	3.000
2009	4.400
2010	5.000

### 1.3.2. Descrição do Sistema Produtivo

O sistema de produção de suínos na UGC é intensivo, ou seja, é um sistema de criação confinado na fase de terminação. A geração de biomassa residual está interligada principalmente a fatores de manejo, sistema de abastecimento de água, climatização e procedimentos de limpeza.

A Figura 11 apresenta o fluxograma do sistema produtivo da UGC, com as entradas de insumos, o tipo e a categoria de produção, as formas de manejo, as instalações e o gerenciamento dos resíduos gerados.



**Figura 11** - Fluxograma do sistema produtivo da Unidade Granja Colombari.

### *a) Sistema de Produção de Suínos*

O sistema de produção de suínos da Unidade Granja Colombari é realizado com suínos na fase de terminação (Figura 12), que são fornecidos pela Unidade Produtora de Leitões (UPL), localizada no município de Itapejara d' Oeste - PR. Os suínos podem permanecer um ciclo de cerca de quatro meses em cada criadouro, iniciando o processo de engorda com aproximadamente 25 kg/cabeça e finalizam com 120 kg/cabeça. Ressalta-se ainda que na granja, as unidades de suínos estão dispostas em baias de aproximadamente 42 m<sup>2</sup>, com 42 animais em cada baia.



**Figura 12** - Sistema de produção de suínos na fase de terminação.

### *b) Fábrica de Ração*

Na UGC a ração utilizada para alimentação dos suínos é produzida no próprio local, a partir da fábrica de ração. A ração produzida é à base de farelo de soja, de milho triturado e de outros ingredientes, considerados importantes para a sua composição.

A distribuição da ração é realizada através de um sistema central por bombeamento, para plataformas com canaletas inferiores que permitem o controle da distribuição e a quantidade necessária de ração. Isto é feito por silagem associado às baias, conforme apresenta a Figura 13. Esse sistema de distribuição

de ração, permite um maior controle do volume introduzido e um menor desperdício em relação a extravasamentos, devido às canaletas.



**Figura 13** - Sistema de distribuição de ração.

### *c) Sistema de Abastecimento de Água*

O sistema de abastecimento de água da granja é de origem subterrânea, poço artesiano, que é composto por dois sistemas de reservatórios de água, cada um tendo 20 m<sup>3</sup> de água (Figura 14).



**Figura 14** - Sistema de abastecimento de água.



Esses reservatórios de água estão dispostos na lateral as unidades de produção, que por meio de sistema hidráulico permite a alimentação dos galpões e baias. Isto resulta na imposição de pressões menores na rede de abastecimento e um maior controle da variação de pressão. Ressalta-se que o sistema de abastecimento, permite que a água seja utilizada para dessedentação dos animais e para limpeza das instalações.

#### *d) Sistema de Dessedentação*

O sistema de dessedentação dos animais é do tipo chupeta (*nipple*) regulado com a angulação adequada, entre  $30^\circ$  e  $60^\circ$  para evitar desperdícios, conforme apresenta a Figura 15. Adota-se a regulação da altura conforme o crescimento dos animais, para valores de aproximadamente 10 cm acima do dorso dos suínos, sendo que, as baias possuem dez suínos para cada bebedouro.



**Figura 15** - Sistema de dessedentação dos suínos.

#### *e) Sistema de Limpeza*

No sistema de limpeza da granja, prioriza-se a lavagem com água que é realizada por mangueiras sob pressão, somente quando a baia estiver muito suja. Isso é constatado pelo funcionário por inspeção visual, após a limpeza por raspagem, caso haja urina e fezes em local inadequado, o que torna necessária a

lavagem com água. Quanto ao modelo de limpeza por raspagem, considera-se um procedimento econômico e racional.

Durante a limpeza das baias, cria-se uma lâmina d'água devido à urina, as fezes e a água, que os animais desperdiçam durante o dia. Diante disso, há uma válvula que permite armazenar todos os resíduos gerados e água acumulada na baia, e somente após a limpeza por raspagem, os mesmos são liberados através da abertura manual da válvula, para que, cheguem ao biodigestor pela ação da gravidade.

O procedimento de limpeza por raspagem (Figura 16) é realizado durante todo o ciclo de ganho de proteína animal, ocorrendo à limpeza por lavagem programada apenas no fim de cada ciclo, ou seja, quando os lotes de animais saem da propriedade, após um período de 100 dias.



**Figura 16** - Sistema de limpeza por raspagem.

Os sanitizantes utilizados para a limpeza das instalações são à base de glutaraldeído e cloreto de benzalcônio, sendo que, a desinfecção das baias e dos barracões é feita por aspersão de 60 ml de sanitizante por barracão, realizado semanalmente. E após o abate dos suínos, a desinfecção é realizada com uma maior quantidade, totalizando 200 ml de sanitizante por barracão.

#### *f) Abate de Suínos*

A granja após completar a etapa de produção de suínos na unidade de terminação, entrega os animais para o abate, que é realizado pelo Frigorífico São Miguel Ltda, empresa Friella do grupo Valiati, localizado em São Miguel do Iguaçu, estado do Paraná, conforme apresenta a Figura 17. Dessa maneira, os leitões são comprados pelo frigorífico com 120 kg, média de peso vivo após a fase de engorda, que leva aproximadamente 100 dias.



**Figura 17** - Frigorífico São Miguel Ltda.  
**Fonte:** Friella (2008).

### 1.3.3. Metodologia

A metodologia desse estudo visa avaliar o sistema produtivo da Unidade Granja Colombari, quanto ao consumo de água e de insumos, consumo de ração, e geração de biomassa residual. Sabe-se que os sistemas de água e insumos em um processo produtivo, permitem caracterizar o sistema produtivo e associar a eficiência da utilização dos mesmos com a característica dos seus efluentes, no caso, a biomassa residual.

O período de monitoramento na Unidade Granja Colombari, para a coleta de dados referente ao consumo de água e geração de biomassa residual ocorreu em cinco meses, de Outubro de 2010 a Fevereiro de 2011. Já o período de

levantamento de dados para o consumo de ração, ocorreu nos anos de 2007, 2008 e parte de 2009.

#### a) *Consumo de Água*

A importância do consumo de água quanto ao impacto na característica da biomassa está fundamentado no processo de diluição dos efluentes gerados. Portanto, um sistema produtivo que desperdice muita água, provavelmente terá como característica dos seus efluentes um teor de concentração baixo relativo a variáveis que caracterizam a biomassa residual.

A metodologia a ser utilizada para análise do consumo de água pode ser dividida nas seguintes atividades:

- *Avaliação Técnica Preliminar:* Foi realizado o levantamento documental de dados de consumo de água e visita técnica na granja, visando avaliar possíveis pontos de consumo de água passíveis de medição e/ou intervenção.
- *Avaliação da Demanda de Água:* Foram realizadas atividades de levantamento de índices de consumo de água para avaliação inicial do desperdício de água na unidade produtiva. Estes índices foram comparados com índices de consumo obtidos em literatura.
- *Avaliação da Oferta de Água:* Foi realizada a identificação das vazões de consumo e do tipo de abastecimento da unidade produtiva.

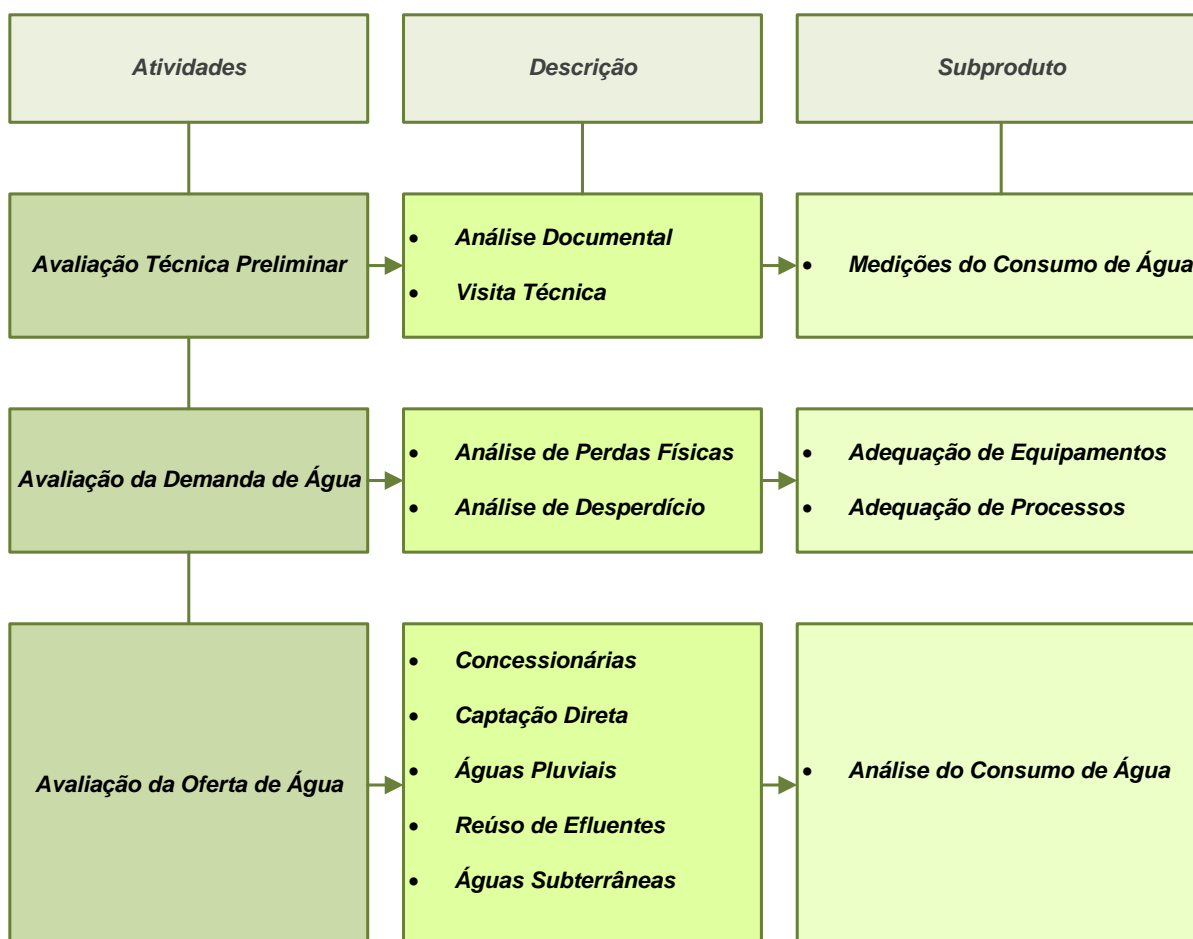
Para realizar a metodologia apresentada, ressalta-se que o consumo de água na UGC foi levantado a partir da instalação de dois hidrômetros, para medição da vazão do consumo de água.

Um dos hidrômetros foi instalado no sistema hidráulico de entrada de um dos galpões de suínos de terminação, porém, o mesmo apresentou falhas na medição, possivelmente por problemas no próprio hidrômetro ou pela falta de pressão/vazão no ponto instalado. O outro hidrômetro com diâmetro menor foi

disponibilizado e instalado para realizar as medições de vazão do consumo de água para dessedentação dos suínos.

Esse sistema de medição do consumo de água na unidade produtiva permaneceu em operação durante aproximadamente cinco meses para verificar a variação do consumo associada ao aumento de peso e crescimento dos suínos, ou seja, durante um ciclo de terminação. Em vista disso, salienta-se que no galpão instalado, foi efetuada a troca dos suínos em final de fase de engorda com suínos no início da fase de terminação. Isto é importante para avaliar o aumento de consumo em relação à variável peso.

O procedimento metodológico utilizado para o consumo de água na Unidade Granja Colombari está descrito na Figura 18.



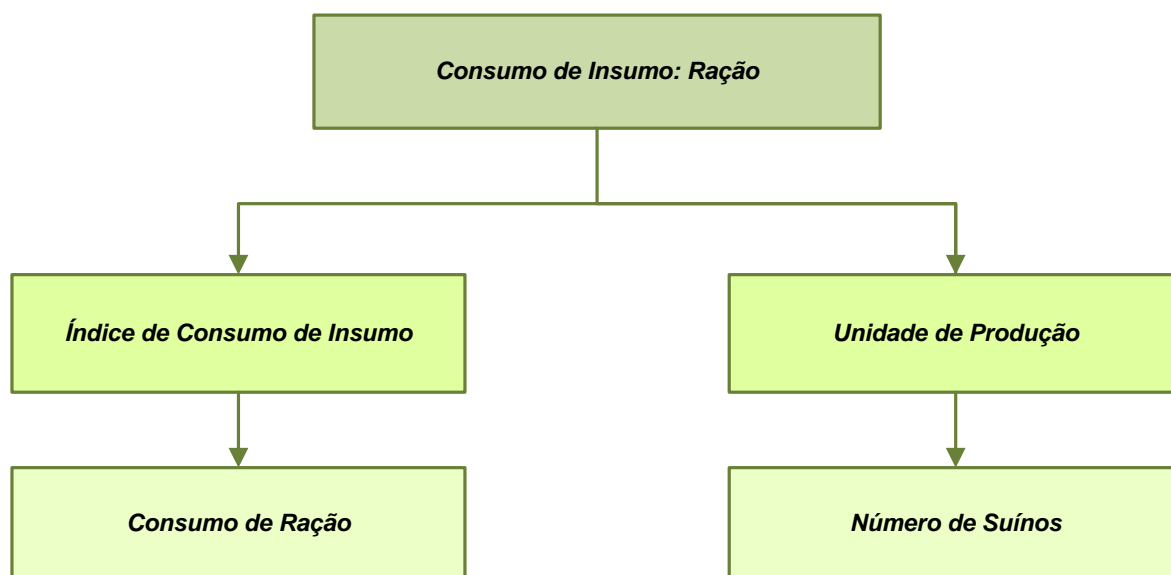
**Figura 18** - Procedimento metodológico para análise do consumo de água.

**Fonte:** Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2009b).

#### *b) Consumo de Insumo*

Os insumos estão intrinsecamente associados à característica da biomassa, devido à matéria-prima presente no sistema gerador da biomassa, ou seja, no sistema produtivo.

A metodologia utilizada para análise do consumo de insumo foi baseada somente no consumo de ração, e para isso, foi produzido o índice de consumo de insumo pela unidade de produção, ou seja, o consumo de ração mensal em toneladas e o número de suínos por mês, conforme demonstra a Figura 19. Ressalta-se que os dados referentes ao consumo de ração pelos suínos foram fornecidos pelo produtor, a partir do Livro de Registros de Consumo de Ração.



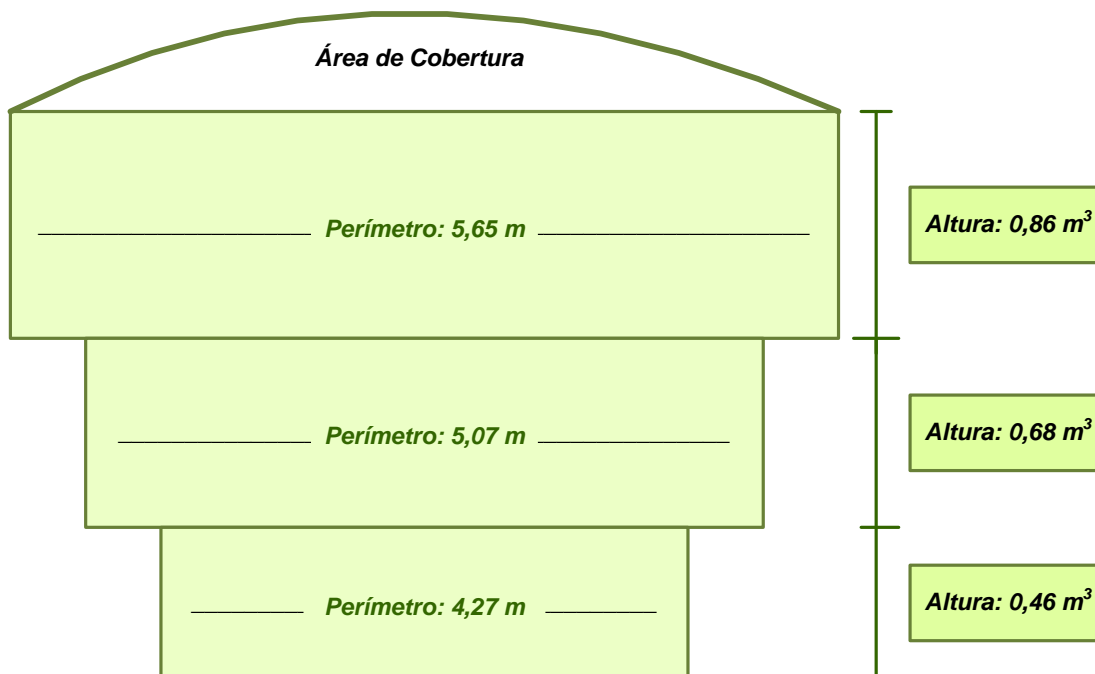
**Figura 19** - Procedimento metodológico para análise do consumo de insumo.

### c) Geração de Biomassa Residual

Quanto à metodologia utilizada para determinar a produção de dejetos líquidos na UGC, ou seja, a medição da vazão de efluentes, foi proposto um sistema de medição volumétrica a ser realizado a partir de caixa d'água instalada na saída dos efluentes de quatro baias.

Sendo assim, a metodologia de medições dos dejetos na propriedade foi realizada da seguinte maneira: 84 animais dispostos em duas baias de 42 m<sup>2</sup> cada; 1 (uma) caixa de medição de dejetos de 2.000 litros; os dejetos foram direcionados por gravidade para a caixa de dejetos durante o período da higienização; e a cada dois dias, através de uma barra de madeira inserida internamente, era medida a

altura dos dejetos na barra de madeira. A Figura 20 ilustra as medições volumétricas da altura dos dejetos na caixa d'água.



**Figura 20** - Procedimento metodológico utilizado para as medições dos dejetos.

A Figura 21 apresenta o sistema de medição de vazão de efluentes utilizado na unidade de produtiva.



**Figura 21** - Sistema de medição de vazão de efluentes na UGC.

O sistema volumétrico é simples, porém, apresenta todas as condições e critérios para medição de vazão em uma granja de suínos, necessitando da anotação, esvaziamento periódico e verificação de transbordo do sistema. A operação era realizada diariamente e/ou a cada dois dias com a anotação da altura da lâmina líquida do efluente, e posteriormente, com a limpeza do sistema pela abertura da válvula de retenção, com o descarte do acumulado.

## **1.4. Resultados e Discussão**

### **1.4.1. Consumo de Água**

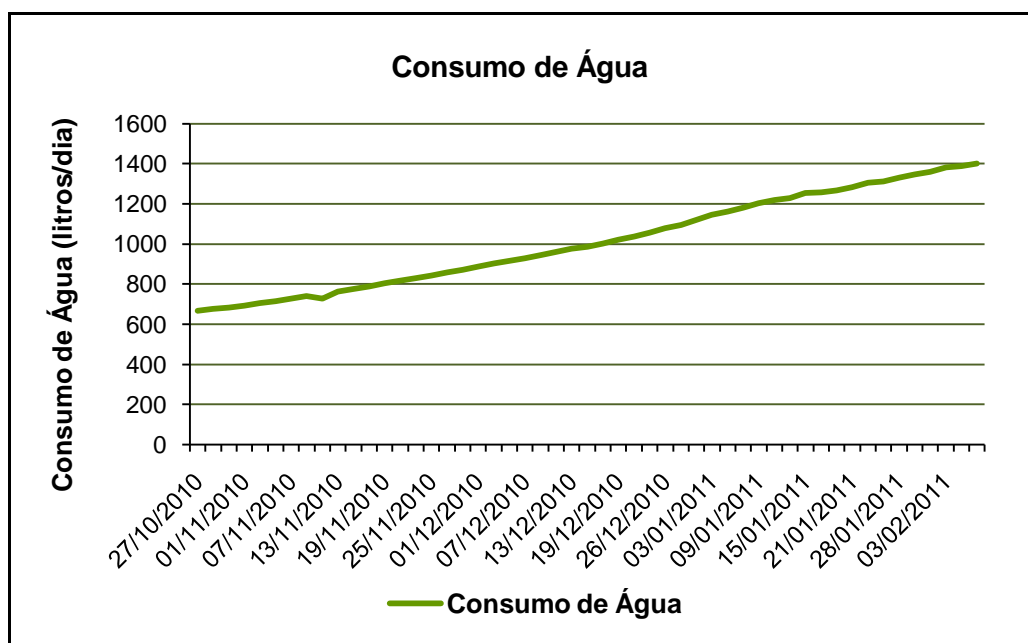
A fonte de água utilizada na Unidade Granja Colombari é de origem subterrânea, sendo, utilizada para dessedentação dos animais e limpeza. O método de alimentação de água para dessedentação dos animais é realizado por bebedouros do tipo chupetas (*nipple*) e a limpeza com água é realizada por mangueiras sob pressão.

As coletas de dados para analisar o consumo de água na UGC realizadas durante o período de 27/10/2010 a 03/02/2011 são apresentadas no Apêndice A. Notou-se que o maior consumo de água ocorreu durante os meses mais quentes do ano.

Durante os meses de medições de água na granja, houve uma média de consumo de 1.012 litros/dia de consumo de água, levando-se em conta que os barracões de engorda e terminação de suínos estavam com uma média de 646 suínos. Esse consumo aumentou ao longo do tempo, conforme os suínos aumentavam de peso corpóreo. O consumo médio de água por animal variou de aproximadamente 1,2 para até 2,4 L.animal<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> no final do ciclo. Este consumo está bem abaixo das médias apresentadas por outros autores, como Bonett e Monticelli (1998), que mencionam que a exigência de água para suínos em fase de terminação pode variar de 5 a 18 L.animal<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, para uma variação de temperatura de 22 para 35°C.



A Figura 22 apresenta o consumo de água nos sistemas de produção da UGC em relação ao tempo.



**Figura 22** - Consumo de água durante um ciclo de terminação de suínos na UGC.

A Tabela 9 apresenta o consumo diário de água do sistema produtivo na UGC, assim como, o consumo diário por suíno.

**Tabela 9** - Consumo de água do sistema produtivo na UGC

<b>Categoria dos Suínos</b>	<b>Número de Suínos</b>	<b>Consumo de Água (L/dia)</b>	<b>Consumo de Água (L/dia/suíno)</b>
Terminação	646	1.012	1,2 a 2,4

O procedimento de limpeza na UGC permite que as baias sejam mantidas limpas pelo processo de raspagem que é realizado diariamente, sendo assim, os sólidos compostos por fezes e urina, bem como por restos de alimentação são removidos a seco. Este processo permite que a água que seria utilizada para lavagem da baia seja economizada.

A limpeza por lavagem programada nas instalações ocorre apenas no fim de cada ciclo e/ou quando a baia estiver muito suja, ou seja, quando após o procedimento por raspagem, ainda existir urina e fezes em local inadequado. Esse procedimento de limpeza na granja, permite aumentar a concentração de sólidos

presentes na biomassa, possibilitando assim, uma menor diluição dos dejetos e conseqüentemente, minimizando a geração volumétrica sem diminuir o potencial de geração de biogás e diminuir o volume bombeado de biossólidos tratados para uso na fertirrigação.

Quanto ao consumo de água gasto para limpeza, Silva (1973), estudando confinamento de suínos, observou que foram gastos de 8 a 10 L de água.animal<sup>-1</sup>, para completa higienização. De acordo com Konzen (1983), para um sistema com uso mínimo de água de limpeza, pode-se considerar um gasto de 3,50 L.animal<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> nas fases de crescimento e terminação. Bonett e Monticelli (1998) relatam que a demanda de água para limpeza varia de 2 a 6 litros ao dia, por animal em terminação e por matriz, com média aproximada aos valores encontrados por Konzen (1983).

Esse fato pode explicar a baixa quantidade de água consumida nas baias monitoradas. Porém, ressalva-se que os valores encontrados foram relativamente baixos comparados ao de literatura.

Assim, a quantidade de efluente produzido nas edificações pode ser reduzida, primeiro por uma diminuição das perdas de água (desperdícios) e, segundo, pela redução do consumo de água. Em vista disso, sabe-se que a necessidade da lavagem frequente das instalações para a sua higienização implica no consumo de quantidades elevadas de água e na produção final de grandes volumes de dejetos, incluindo a própria água de lavagem, as sobras de alimentos e de água dos bebedouros, além das fezes e da urina dos animais.

De acordo com Perdomo, Lima e Nones (2001), esse consumo de água está relacionado com o tamanho do animal, e os desperdícios com o umedecimento do piso, estímulo ao comportamento excretório dos animais em áreas impróprias da baia, diluição e aumento do volume de água para a higienização. O que eleva os custos de coleta, armazenagem, tratamento e distribuição.

Analisou-se o sistema de abastecimento de água para evitar a existência de pressões elevadas. Uma forma de minimizar as pressões é a instalação de reservatórios de água que servem para acúmulo de água e controle da pressão. Isso foi constatado na UGC a partir da existência de dois sistemas de reservação laterais às unidades de produção.

Outro aspecto importante averiguado no sistema de abastecimento de água para suínos, foi o desperdício devido às perdas físicas. Desta forma, segundo

Oliveira (2007), uma goteira num bebedouro (com pressão de  $2,8 \text{ kgf.cm}^{-2}$ ), pode significar uma perda de  $26,5 \text{ L.h}^{-1}$  ( $0,636 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ ). Em vazamentos maiores, estas perdas podem chegar a  $150 \text{ L.h}^{-1}$  ( $3,6 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ ).

Na Unidade Granja Colombari não foi constatado nenhum gotejamento e/ou perda física de água nas instalações e no sistema de abastecimento de água por análise visual das instalações.

Verificou-se que o sistema de manejo utilizado na UGC garante um consumo mínimo de água, devido ao sistema de dessedentação dos animais serem realizados com a utilização de bebedouros do tipo chupetas; ao sistema de limpeza por raspagem; ao manejo dos suínos que condiciona os animais a urinar e evacuar em local adequado na baia.

Portanto, pode-se afirmar que na Unidade Granja Colombari, o processo de otimização do uso da água implantado atualmente, possui alta eficácia na minimização do consumo de água.

#### 1.4.2. Consumo de Insumo

Na Unidade Granja Colombari, a ração utilizada para alimentação dos suínos é produzida na fábrica de ração, que está instalada na própria granja. De acordo com a composição da ração elaborada, sabe-se que a cada 500 kg de ração pronta, há 115 kg de farelo de soja (com 45% de proteína), 30 kg de núcleo nutricional, 355 kg de milho triturado e medicamentos, conforme mostra a Tabela 10.

**Tabela 10** - Composição da ração produzida na UGC

Ingredientes	Composição (kg)
Farelo de Soja	115
Milho Triturado	355
Núcleo Nutricional	30
Medicamentos	-

Conforme Barbosa, Lima e Ferreira (1988), durante a fase de terminação o suíno ganhará 40 kg de peso vivo. Se a conversão alimentar for de 3,5, então, terá

140 kg de ração (40 kg de peso x 3,5 de conversão alimentar). Os autores mencionam, que as rações para suínos elaboradas à base de milho, farelo de soja e núcleo mineralítico vitamínico, permitem determinar para as diferentes fases do sistema de produção, a quantidade média destes ingredientes, necessários para produzir 100 kg de peso vivo de suíno, conforme apresenta a Tabela 11. Ressalta-se que os valores apresentados nessa tabela podem ser alterados em função da composição dos ingredientes.

**Tabela 11** - Composição e quantidade de ração para produzir um suíno de 100 kg

Tipo de Ração	Composição (%)			Consumo (kg)			
	Milho	Farelo de Soja	Núcleo	Ração	Milho	Farelo de Soja	Núcleo
Gestação	84,00	12,00	4,00	36,41	30,58	4,37	1,46
Pré-Gestação	84,00	12,00	4,00	36,41	30,58	4,37	1,46
Cachaços	84,00	12,00	4,00	36,41	30,58	4,37	1,46
Lactação	81,60	14,60	3,80	21,09	17,21	3,08	0,80
Pré-Inicial	63,00	33,70	3,30	4,00	2,52	1,35	0,13
Inicial	68,70	28,00	3,30	32,00	21,98	8,96	1,06
Crescimento	74,00	23,00	3,00	110,20	81,55	25,35	3,30
Terminação	81,00	16,00	3,00	140,00	113,40	22,40	4,20
Total	-	-	-	343,70	267,24	65,51	10,95
%	-	-	-	100,00	77,75	19,06	3,19

**Fonte:** Barbosa, Lima e Ferreira (1988).

De acordo com os dados da Unidade Granja Colombari e os dados expressos pelos autores Barbosa, Lima e Ferreira (1988), obteve-se a Tabela 12 que relaciona a quantidade de ração produzida com a composição dos ingredientes.

**Tabela 12** - Quantidade de ração produzida e composição dos ingredientes

Ingredientes	Unidade Granja Colombari Composição (kg)	Dados: Barbosa, Lima e Ferreira (1988) Composição (kg)
Farelo de Soja	115	22,40
Milho	355	113,40
Núcleo	30	4,20
Total de Ração	500	140

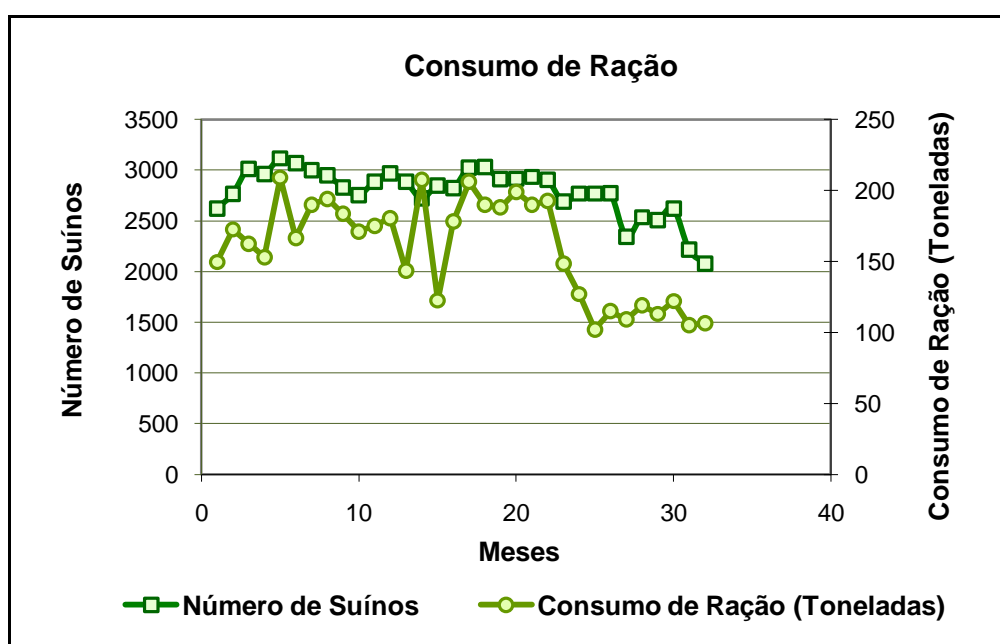
Na Tabela 13 são apresentados os níveis nutricionais recomendados para as diferentes fases de produção.

**Tabela 13** - Níveis nutricionais para as diferentes fases de produção

Nutrientes	Ração Inicial	Ração Crescimento	Ração Terminação
Energia metabolizável (kcal/kg)	3300	3280	3250
Proteína bruta (%)	16,0	15,0	13,0
Lisina (%)	1,15	0,85	0,72
Metionina (%)	0,35	0,27	0,20
Metionina + Cistina (%)	0,70	0,56	0,44
Treonina (%)	0,75	0,60	0,46
Triptofano (%)	0,21	0,16	0,13
Cálcio (%)	0,85	0,72	0,50
Fósforo total (%)	0,70	0,60	0,40 </td
Fósforo disponível (%)	0,40	0,28	0,19
Sódio (%)	0,15	0,15	0,15

Fonte: Fávero et al. (2003).

O consumo de ração mensal em toneladas e o número de suínos por mês na granja Colombari foi levantado durante os anos de 2007, 2008 e parte do mês de Agosto de 2009 (Apêndice B), conforme apresenta a Figura 23.



**Figura 23** - Consumo de ração e número de suínos na UGC.

Durante esse período de levantamento de dados, a média do número de suínos no sistema produtivo foi de 2.754 animais, apresentando um consumo de 57,06 kg de ração por mês por suíno na propriedade.

Dessa maneira, a ração produzida na UGC permite o ganho de peso dos suínos, que iniciam o processo de engorda com aproximadamente 25 kg/cabeça até 120 kg/cabeça no fim do ciclo, durante um período de quatro meses. Durante toda a fase de engorda do suíno, o consumo médio de ração por cabeça é em torno de 1,90 kg de ração/dia, 57,06 kg de ração/mensal e 228,24 kg de ração/ciclo, conforme apresenta a Tabela 14.

**Tabela 14** - Consumo de ração na UGC durante os anos de 2007, 2008 e 2009

<b>Categoria dos Suínos</b>	<b>Consumo de Ração (kg/dia/suíno)</b>	<b>Consumo de Ração (kg/mensal/suíno)</b>	<b>Consumo de Ração (kg/ciclo/suíno)</b>
Terminação	1,90	57,06	228,24

De acordo com os dados encontrados sobre o consumo de ração por suíno na Unidade Granja Colombari, sabe-se que Fávero et al. (2003) recomenda que o número de rações na fase de terminação seja aumentado de um para dois sempre que o peso de abate for próximo a 120 kg, como ocorre na UGC. Neste caso a ração terminação 1 será fornecida dos 50 até os 80 kg contendo os níveis nutricionais, conforme apresenta a Tabela 13 e a ração terminação 2 será fornecida dos 80 kg até o peso de abate contendo uma redução de 8% nos níveis nutricionais da ração terminação 1, exceto para o nível de energia metabolizável que deverá apresentar um valor de 3.200 kcal/kg.

#### **1.4.3. Geração de Biomassa Residual**

Durante o período de coleta e avaliação dos dados, realizados entre 27/10/2010 a 03/02/2011, o volume dos dejetos produzidos na granja teve aproximadamente uma média de 1.230,0 litros de dejetos produzidos a cada dois dias, ou 7,3 litros de dejetos.dia<sup>-1</sup>.animal<sup>-1</sup> e um total de 613,2 litros de dejetos.dia<sup>-1</sup>, conforme apresenta o Apêndice C.

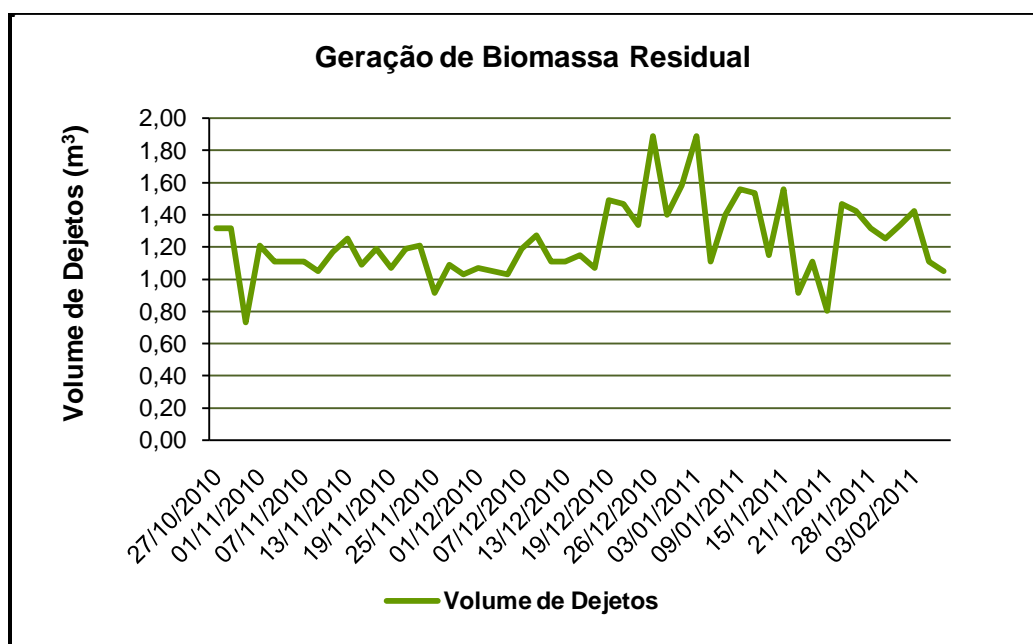
A Tabela 15 apresenta o cálculo médio da quantidade de dejetos líquidos produzidos por uma criação com 84 animais em um ciclo de terminação na Unidade Granja Colombari.

**Tabela 15** - Quantidade de dejetos líquidos produzidos na UGC

<b>Categoria dos Suínos</b>	<b>Número de Suínos</b>	<b>Total de Dejetos Líquidos (L/dia)</b>	<b>Dejetos Líquidos (L/dia/suíno)</b>
Terminação	84	613,2	7,3

Portanto, o volume de dejetos produzidos na UGC por unidade de suínos em terminação, 7,3 litros de dejetos por dia por suíno, está de acordo com os valores encontrados por Konzen (1980), que em seu trabalho de dissertação através do Programa de Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Federal de Minas Gerais, verificou uma produção de 7,0 litros de dejetos por dia para suínos nas fases de crescimento e terminação (25 a 100 kg), e uma produção média de 8,6 litros para suínos nas diversas fases do ciclo produtivo.

A Figura 24 demonstra a geração de biomassa residual na Unidade Granja Colombari, considerando o volume de dejetos produzidos em metros cúbicos, durante o período de análise.



**Figura 24** - Geração de biomassa residual na UGC.

Portanto, os resultados obtidos do sistema produtivo na Unidade Granja Colombari possibilitaram gerar índices de produtividade quanto ao consumo de água, ao consumo de ração e a geração de biomassa residual, conforme apresenta a Tabela 16.

**Tabela 16** - Resultados obtidos do sistema produtivo na UGC

<b>Sistema Produtivo na UGC</b>	<b>Dados</b>
Consumo de Água	1,2 a 2,4 litros/dia/suíno 1.012 litros/dia
Consumo de Ração	1,90 kg de ração/dia/suíno 57,06 kg de ração/mês/suíno 228,24 kg de ração/ciclo/suíno
Geração de Biomassa Residual	7,3 litros de dejetos/dia/suíno 613,2 litros de dejetos/dia

## 1.5. Conclusão

Neste capítulo foi apresentado o processo de geração de biomassa residual a partir do sistema produtivo da atividade de suinocultura. Atualmente a estrutura dos sistemas produtivos de suínos é considerada altamente poluidora, devido à concentração de animais em pequenas áreas, que geram grandes excedentes de dejetos. Em vista disso, torna-se importante que uma granja de suínos tenha prioridade no correto manejo dos dejetos gerados, para evitar os problemas de poluição ambiental.

Os dados apresentados pelo levantamento em estudo, pesquisa e monitoramento, originados de revisão de literatura, foram importantes para a parametrização dos dados obtidos na Unidade Granja Colombari quanto ao manejo e produção de biomassa residual do seu sistema produtivo. Dessa maneira, tornou-se possível gerar índices de produtividade quanto ao consumo de água e de ração, assim como, quantificar a geração de biomassa residual.

O manejo utilizado na UGC garante um consumo mínimo de água, pela utilização do método de limpeza por raspagem e pelo sistema de dessedentação de bebedouros do tipo chupeta, resultando em um consumo médio de água diário por



animal de 1,2 a 2,4 litros no final do ciclo. O consumo diário de ração para a nutrição dos animais da unidade produtiva foi em torno de 1,90 kg de ração por suíno. E a geração de dejetos apresentou um volume médio de 1,23 m<sup>3</sup> de dejetos produzidos a cada dois dias, apresentando um índice de geração por suíno por dia de 7,3 litros.

Portanto, o manejo do sistema produtivo da Unidade Granja Colombari pode ser considerado eficiente, quanto aos critérios de controle relativos à literatura para: Minimização do consumo de água, parâmetros relativos ao consumo de ração e geração de biomassa residual.

## CAPÍTULO 2 - TRATAMENTO DA BIOMASSA RESIDUAL

### RESUMO

FERNANDES, Dangelia Maria, M. Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2012. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

A suinocultura é considerada uma atividade de grande potencial poluidor, por gerar alta quantidade de efluentes que são provenientes do modelo de criação intensiva, causando assim impactos sobre os recursos ambientais. Portanto, para o correto manejo dos dejetos de suínos, o seu tratamento deve ser considerado para viabilizar ambientalmente essa atividade. Dessa maneira, a tecnologia de biodigestão anaeróbia é uma alternativa para o gerenciamento desses dejetos, possibilitando que o produtor tenha um incremento ao valor de seus sistemas produtivos. Contudo, para avaliar se o tipo de tratamento empregado é eficiente, a caracterização da biomassa residual torna-se um procedimento muito importante. Objetivou-se, com este trabalho, caracterizar a biomassa residual através de parâmetros físico-químicos e avaliar a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia utilizado na Unidade Granja Colombari. As análises físico-químicas do sistema de tratamento de efluentes foram realizadas no período de Outubro de 2010 a Maio de 2011. Os valores médios obtidos nos resultados permitiram verificar que os biodigestores têm operado com uma faixa média de 7,54 de pH, 9.724,60 mg.L<sup>-1</sup> de alcalinidade, apresentando uma eficiência média do sistema de 67,38%, 52,61% e 39,29% na remoção dos parâmetros de DBO, DQO e SST, respectivamente. Dessa maneira, comprova-se que a eficiência do sistema de tratamento está condizente aos processos anaeróbios semelhantes, que foram analisados, quanto às características físico-químicas de efluentes a partir da suinocultura.

**Palavras-Chave:** Caracterização da Biomassa, Suinocultura, Biodigestores.

## ABSTRACT

FERNANDES, Dangelia Maria. M. Sc., Western Paraná State University, February, 2012. **Biomass And Biogas Pig Farming**. Advisor: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Advisor: Prof. Dr. Armin Feiden.

The pig farming is considered an activity of great pollutant potential for generating high quantity of effluents which are originate from the intensive breeding model, thus causing impacts on environmental resources. Therefore, for proper swine waste's management, its treatment should be considered for this environmentally viable activity. This way, the anaerobic digestion's technology is an alternative for managing these wastes, allowing the producers have a value increased in theirs production systems. However, to assess if the treatment's type used was efficient, the residual biomass characterization becomes a very important procedure. This work's objective was to characterize the residual biomass through physical-chemical parameters and evaluate the anaerobic digestion process efficiency used in the Colombari farm unit. The physical-chemical analyses wastewater treatment system were accomplished from October 2010 to May 2011. The mean values obtained from the results indicated that the digesters have operated at an average range of 7.54 pH, 9724.60 alkalinity mg.L-1, with an average system efficiency of 67.38%, 52.61 % and 39.29% in parameters removal of BOD, COD and TSS, respectively. In doing so, it was proven that the treatment efficiency is suitable with similar anaerobic processes, which were analyzed with regard to physicochemical characteristics of pig's effluents.

**Keywords:** Biomass Characterization, Pig Farming, Biodigester.

## 2.1. Introdução

Na região Oeste do Paraná existe uma extensa rede de produção agroindustrial integrada, normalmente organizada na forma de cooperativas, que vai desde o plantio de grãos à industrialização de carnes em frigoríficos, ou seja, na conversão de proteína vegetal em proteína animal. Uma das conseqüências desta atividade é a alta concentração de animais em pequenos espaços de área com a conseqüente emissão concentrada da biomassa residual, como é o caso da suinocultura (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009b).

A suinocultura é de grande importância socioeconômica, além de responsável pela geração de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia suinícola (MIELLE, 2006). Contudo, a suinocultura trouxe consigo não somente contribuições, mas também problemas, com o crescimento desenfreado da produção sem o devido planejamento, gerando grandes passivos ambientais (BORTOLI, KUNZ e SOARES, 2009).

Diante disso, a tecnologia de biodigestão anaeróbia por biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos (PERDOMO, OLIVEIRA e KUNZ, 2003).

Segundo Chernicharo (2007), a biodigestão anaeróbia tornou-se uma tecnologia de boa aceitação para o tratamento biológico de águas residuárias uma vez que além da redução da carga orgânica, tem-se também a produção do biogás permitindo agregar valor aos efluentes.

A caracterização da biomassa deve ser baseada em sua utilização, fornecendo informações sobre as propriedades determinantes, particulares a cada aplicação. Os processos específicos para utilização de biomassa com fins energéticos requerem, um pleno conhecimento das propriedades físicas e químicas do bicomcombustível (UNICAMP, 2011).

Dessa maneira, as características físico-químicas da biomassa residual determinarão as características dos subprodutos gerados na biodigestão anaeróbia, ou seja, as características do biogás e do biofertilizante (VITOR, 2010).

Este capítulo visa caracterizar a biomassa residual a partir de parâmetros físico-químicos e avaliar a eficiência do processo de tratamento por biodigestão

anaeróbia na Unidade Granja Colombari, que realiza o manejo da biomassa residual proveniente de dejetos suínos em biodigestores.

## 2.2. Revisão Bibliográfica

### 2.2.1. Caracterização da Biomassa Residual

A biomassa residual pode ser considerada como os resíduos e efluentes originários de cadeias produtivas rurais, agroindustriais e urbanas. Por isso, conhecer as características da biomassa residual é fundamental para se determinar os principais parâmetros da tecnologia utilizada para o seu tratamento. O sucesso e a eficiência desses na estabilização da biomassa são fortemente dependentes dos critérios técnicos adotados (VITOR, 2010).

Segundo Feiden (2010), essas características dependem dos tipos de substratos que dão origem a mesma, conferindo certa particularidade. Há diversos tipos de substratos entre os quais se podem citar:

- *Sacarinos*: Substratos onde predominam os açúcares. Geralmente são muito solúveis e se acidificam com grande rapidez. Originam-se em indústrias de alimentos, indústrias de conservas, bebidas, dentre outros.
- *Amiláceos*: Os amidos, cadeias de açúcares simples, caracterizam-se esse tipo de substrato. Este amido é facilmente hidrolisado por meio de agentes químicos, térmicos ou enzimas e se acidificam com rapidez também.
- *Protéicos*: Provém de indústrias de matadouros e frigoríficos e são ricos em proteínas. Geralmente, esses substratos produzem maior quantidade de gás sulfídrico, devido à presença de sangue na biomassa residual.
- *Ligno-Celulósicos*: São substratos que possuem baixa solubilidade e baixa degradabilidade, quando não moídos em partículas muito finas. A

degradabilidade do substrato é determinada pela relação entre a celulose, hemicelulose e a lignina.

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), uma série de parâmetros físicos, químicos e bioquímicos é importante na caracterização da biomassa residual a fim de avaliar o potencial de produção de biogás e o nível tecnológico necessário para o processo ser economicamente viável. A Tabela 17 apresenta as principais variáveis relacionadas com a biomassa residual.

**Tabela 17** - Principais variáveis relacionadas com a biomassa residual

Variável		Definição / Importância	Método de Determinação
Aspectos Físicos	Temperatura	O aumento da temperatura provoca o aumento das velocidades de reações.	Termômetro
	Sólidos Totais	Determinar a quantidade total de sólidos no sistema.	Método Gravimétrico (Método 2540B APHA, 2006)
	Sólidos Suspensos	Determinar o acúmulo de sólidos suspensos e sedimentáveis no sistema de tratamento.	Método Gravimétrico (Método 2540B APHA, 2006)
	Sólidos Voláteis	Determinar a quantidade total de sólidos compostos com material carbonáceo no sistema passíveis de transformação biológica	Método Gravimétrico (Método 2540B APHA, 2006)
	Sólidos Fixos	Determinar a quantidade total de sólidos que podem acumular no sistema de tratamento.	Método Gravimétrico (Método 2540B APHA, 2006)
Aspectos Químicos	pH	Influi nos equilíbrios químicos e na formação de ecossistemas biológicos devido ao caráter ácido-básico dos sistemas.	Método Potenciométrico
	Alcalinidade	Determina a capacidade tampão do sistema de tratamento.	Método Titulométrico (Método 2320 APHA, 2006)
	DQO	Quantidade de oxigênio requerida por oxidação química para estabilizar compostos orgânicos.	Método do Refluxo Aberto ou Fechado (Método 5220 APHA, 2006)

Tabela 17 - Continuação

Variável		Definição / Importância	Método de Determinação
Aspectos Químicos	Nitrogênio	Fonte de nutriente para sistemas biológicos aquáticos e pode estar na forma de nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. Pode acarretar em eutrofização de ambientes hídricos.	Método 4500-N (APHA, 2006)
	Fósforo	Fonte de nutriente para sistemas biológicos aquáticos e pode estar na forma orgânica ou de ortofosfatos. Pode acarretar em eutrofização de ambientes aquáticos.	Método 4500-P (APHA, 2006)
	Sulfeto	Pode causar corrosão em equipamentos e unidades na forma de gás sulfídrico (H <sub>2</sub> S), bem como precipitação e inibição biológica em determinadas concentrações e condições ambientais.	Método 4500-SO <sub>4</sub> (APHA, 2006)
	Óleos e Graxas	São substâncias solúveis em n-hexano (gorduras animais, ácidos graxos, óleos vegetais) que interferem nos sistemas de tratamento com acúmulo na superfície. Podem obstruir canalizações e o transporte da biomassa.	Método 5520 (APHA, 2006)
Aspecto Biológico	DBO	Fração biodegradável dos compostos orgânicos. Determina o potencial de conversão bioquímica de carbono orgânico para metano e dióxido de carbono em processos anaeróbios.	Método 5210 (APHA, 2006)

### 2.2.2. Impactos Ambientais da Biomassa Residual

Devido às suas características físico-químicas e biológicas, a biomassa residual, antes de sua disposição final necessita passar por um processo de tratamento adequado, visando à redução de seu potencial poluidor.

Quando a biomassa residual é lançada diretamente na água, sem passar por um processo de tratamento, causa inúmeros problemas que comprometem a qualidade dos recursos hídricos e colabora para o desequilíbrio ambiental entre as diversas espécies, sendo esses efeitos sentidos também pelo homem (VITOR, 2010).

A água tem a capacidade de diluir e assimilar a carga orgânica presente na biomassa. A degradação é realizada por organismos aeróbios que consomem o oxigênio disponível na água, e quando existe a abundância de matéria orgânica, cresce o número de indivíduos que atuam na degradação da mesma podendo-se chegar ao desaparecimento do oxigênio disponível no corpo hídrico (VON SPERLING, 1996).

Dessa maneira, estes baixos índices de oxigênio dissolvido na água comprometem as outras formas de vida, principalmente os organismos aeróbios, que acabam morrendo pela falta de oxigênio e com isto há a prevalência de microorganismos anaeróbios. Além do problema relacionado à falta da quantidade de oxigênio necessária no corpo hídrico, tem-se também o problema da eutrofização artificial, que decorre do aumento da concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo (VITOR, 2010). A Figura 25 apresenta a eutrofização artificial do lago da Itaipu Binacional.



**Figura 25** - Eutrofização artificial do lago da Itaipu Binacional.  
**Fonte:** Bley Júnior et al. (2009).



De acordo com Esteves (1998), a eutrofização artificial pode ser considerada uma forma de poluição, pois se caracteriza por ser um processo dinâmico, onde causa grandes modificações, quantitativas e qualitativas, nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas e do nível de produção do sistema.

Além dos impactos ambientais da biomassa residual nos recursos hídricos, o solo também é considerado outro compartimento ambiental profundamente afetado pela disposição inadequada.

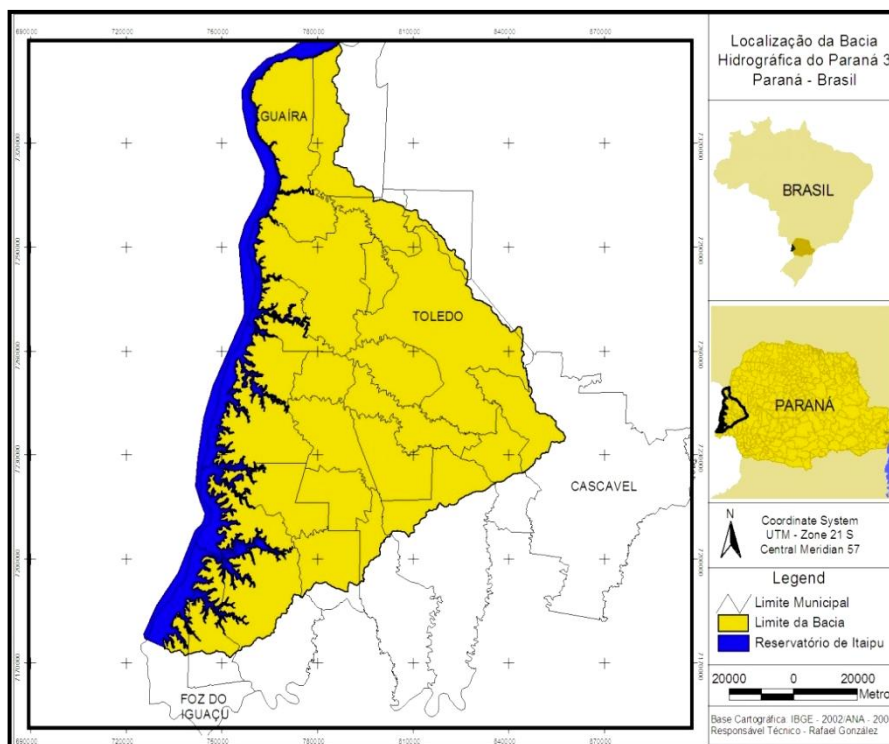
Na maioria das vezes, a contaminação do solo por causa da biomassa acaba sendo transferida para os corpos hídricos devido ao carreamento provocado pelas chuvas. Diversos outros fatores estão relacionados à disposição da biomassa, sendo inclusive muitos associados aos problemas de saúde pública e ambiental (VITOR, 2010).

Atualmente diversos estudos vêm sendo realizados no país com o objetivo de caracterizar a biomassa residual de diferentes substratos associado à geração de biogás e biofertilizante. Na Região Oeste do Estado do Paraná, devido à grande disponibilidade de resíduos provenientes das atividades agropecuárias, principalmente da suinocultura, e a sua importância econômica para a região, são relevantes as pesquisas realizadas no potencial de geração de biogás dessa biomassa residual (VITOR, 2010).

Considera-se que a água da Bacia Hidrográfica do Paraná II, região Sudoeste e Oeste do Paraná, vem apresentando teores elevados de material orgânico e nutrientes. Dentre as potenciais fontes geradoras destes contaminantes encontram-se as atividades que geram resíduos e efluentes com alta carga orgânica (biomassa residual), como as realizadas pela agroindústria, aterros de resíduos sólidos orgânicos e estações de tratamento de esgoto sanitário.

Dessa forma, é imprescindível avaliar alternativas de minimização do impacto ambiental decorrente do lançamento destes efluentes poluidores na Bacia Hidrográfica Paraná III, sendo que, uma alternativa viável para se obter a redução dessa poluição hídrica reside em identificar e adequar as mais significativas atividades geradoras de efluentes, esgotos e resíduos orgânicos (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009b).

A Figura 26 apresenta o mapa de localização da Bacia Hidrográfica Paraná III.



**Figura 26** - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Paraná III.  
**Fonte:** Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2009).

### 2.2.3. Caracterização do Efluente da Suinocultura

Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (KONZEN, 1983). O esterco, por sua vez, é constituído pelas fezes dos animais que, normalmente, se apresentam na forma pastosa ou sólida. Sendo que, o esterco líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

A atividade suinícola integrada à agroindústria é desenvolvida em sistemas de confinamento, cujo manejo de higienização das instalações associado às fezes (esterco/estrupe/excremento) e urina dos animais resultam em um efluente denominado dejetos de suíno. O volume de dejetos produzido diariamente por suíno é muito variado e está relacionado basicamente em função de três fatores: Peso vivo

do animal, consumo de água e produção de urina, volume de água incorporado ao dejetos (SINOTTI, 2005).

A composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado, podendo apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo da diluição e da modalidade como são manuseados e armazenados. A urina influi significativamente na quantidade de líquidos, que por sua vez depende diretamente da ingestão de água. Em geral cada litro de água ingerido por um suíno resulta em 0,6 litros de dejetos líquidos (OLIVEIRA, 1993).

Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição, conforme apresenta a Tabela 18.

**Tabela 18** - Características físico-químicas dos dejetos de suínos

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média
pH	6,5	9,0	7,75
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	5.000	15.500	10.250
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	12.500	38.750	25.625
Sólidos Totais (mg/L)	12.697	49.432	22.399
Sólidos Voláteis (mg/L)	8.429	39.024	16.389
Sólidos Fixos (mg/L)	4.268	10.408	6.010
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	220	850	429
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	1.660	3.710	2.374
Fósforo Total (mg/L)	320	1.180	578
Potássio Total (mg/L)	260	1.140	536

**Fonte:** Konzen (1980).

Considera-se que o manejo hídrico da granja é o principal responsável pelas acentuadas variações analíticas dos dejetos. O conhecimento da carga de poluentes, principalmente, orgânica e de nutrientes, pode orientar o produtor quanto à viabilidade agrônômica, econômica e ambiental da utilização dos dejetos como adubo orgânico do solo e, juntamente com o volume de dejetos gerado em uma granja, são parâmetros fundamentais para o correto dimensionamento de sistemas de armazenamento ou tratamento dos dejetos (SINOTTI, 2005).

Na Tabela 19 estão apresentadas as características físico-químicas do dejetos bruto de suínos, definidas por diversos autores.

Tabela 19 - Caracterização da água residuária da suinocultura

Autor (Ano)	Variáveis							
	pH	DQO mg.L <sup>-1</sup>	DBO mg.L <sup>-1</sup>	ALC mg.L <sup>-1</sup>	ST mg.L <sup>-1</sup>	NTK mg.L <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> mg.L <sup>-1</sup>	P mg.L <sup>-1</sup>
Bonett e Monticelli (1998)	-	25.542	-	-	22.399	2.374	-	1.140
Cazarré (2000)*	7,06	20.005	-	-	14.322	2.487	-	541
Duarte (1992)*	7,46	21.670	7.280	-	-	2.150	-	-
Konzen (1980)	6,94	98.650	52.570	-	90.000	6.000	-	2.500
Medri (1997) <sup>(1)</sup>	-	21.647	11.979	-	17.240	2.205	-	633
Medri (1997) <sup>(1)</sup>	-	15.153	8.304	-	9.950	1.825	-	391
Moraes e Paula Jr. (2004)	6,8	2.183	-	441	-	180	164	-
Oliveira (2002)*	-	15.223	8.038	-	11.384	1.488	-	337
Santos et al. (2007)**	-	31.050,71	-	-	9.147,67	-	6.922,17	-
Schmidt et al. (2002)**	-	15.639	7.303	-	11.857	2.000	-	341
Yang e Cicek (2008)	7,14	3.840	-	2.364	494	-	553	-
Zanotelli (2000)*	6,87	26.387	-	-	22.867	2.539	-	1.215
Silva F. (1996)	-	25.542,9	-	-	22.399	2.374,3	-	577,8
Moretti (2009)	7,02	30.248	-	7.202	35.493	2.553	-	-
Zhang e Zhu (2005)	7,26	48.392	20.608	-	40.600	6.429	-	1.581
Zhang e Zhu (2006)	6,2	-	21.800	-	42.500	-	-	-
Çelen et al. (2007)	6,87	-	-	1.475	-	-	1.410	-
Kunz et al. (2009)	6,89	34.200	-	-	-	3.121	-	849
Liu et al. (2009)	5,5	89.000	-	-	62.700	-	1.382	-
Massé et al. (2007)	-	131.300	-	-	99.500	6.698	3.875	1.729
Zhang et al. (2006)	7,5	40.396	19.904	-	42.800	5.877	4.719	1.592
González et al. (2008)	7,3	50.400	-	-	25.900	3.165,3	-	614
Karakashev et al. (2008)	7,09	70.000	-	-	48.000	5.600	4.800	1.600
Suzuki et al. (2007)	7,4	-	4.050	2.130	-	-	532	145
An et al. (2007)	-	22.919	11.631	-	-	3.875	2.934	266
Shin et al. (2005)	8,36	4.479	-	5.662	-	1.566	1.502	-
Ahn et al. (2006)	6,37	130.800	-	-	61.800	7.300	4.800	-
Hwang et al. (2010)	-	124.100	-	-	65.600	7.500	-	-
Cantrell et al. (2009)	7,6	16.758	3.046	-	-	1.501	838	566
Zhang et al. (2006)	7,12	7.040	3.780	-	4.590	918	709,1	91,8
Milán et al. (2001)**	6,8	26.800	-	3.380	22.100	1.270	410	230
Nohra et al. (2003)**	7,4	80.000	-	-	-	4.600	-	-
Walker e Kellei (2003)**	7,2	19.330	-	-	-	-	50	5,2
Yang e Wang (1999)**	7,01	2.334	-	-	3.178	458	-	-
Yang e Gan (1998)**	-	3.242,86	-	-	3.257,57	183,83	79,5	-
<b>Média</b>	7,1	39.196	13.869	3.236	31.603	3.151,3	2.098,8	806,9
<b>Desvio Padrão</b>	0,42	38.164	13.285	2.399	27.094	2.214,4	2.138,3	667,8

Fonte: \*Adaptado de Oliveira (2002) e \*\* Projeto Geração Distribuída (2009a).

Nota: pH (Potencial Hidrogeniônico) - DQO (Demanda Química de Oxigênio) - DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) - ALC (Alcalinidade) - ST (Sólidos Totais) - NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl) - NH<sub>4</sub> (Amônio) - P (Fósforo).

A estimativa da carga de elementos e do volume de dejetos é uma operação difícil, em função das variações existentes entre criadores em relação ao clima, escala de produção, nível tecnológico e outros. Assim sendo, erros nesta etapa podem comprometer a eficiência dos sistemas, aumentar os custos de coleta, de armazenagem, de tratamento e de disposição de dejetos (OLIVEIRA, 2007).

Conforme Diesel, Miranda e Perdomo (2002), a quantificação mais aproximada da produção real de dejetos na criação de suínos, constitui um fator básico no estabelecimento da estrutura de estocagem e aproveitamento dos mesmos. Pois, somente é possível determinar o mais apropriado destino dos dejetos, mediante o conhecimento da concentração de seus elementos componentes, que dependem da diluição a que foram submetidos e da forma que foram manuseados e armazenados.

Kunz, Higarashi e Oliveira (2005) cita cuidados que devem ser adotados nas instalações para evitar a diluição do dejetos, como desviar água de chuva, diminuir o desperdício com bebedores, otimizar a limpeza das instalações com uso de raspagem, para lavagem com água utilizar sistemas de alta pressão e baixa vazão (lava-jatos) e reusar parte líquida dos dejetos. O excesso de água para o sistema de tratamento de dejetos deve ser visto como um fato a ser evitado, pois um dejetos muito diluído pode causar o superdimensionamento das instalações de tratamento, com o respectivo aumento dos custos e uma baixa eficiência de tratamento; além do consumo excessivo de produtos químicos, energia elétrica.

#### **2.2.4. Poder Poluente dos Dejetos**

Na maioria dos países da Europa a legislação de proteção ambiental é muito rígida com relação aos dejetos produzidos pelos suínos e outros animais, devido à dificuldade de distribuição dos mesmos. No Brasil a partir de 1991 começou a se dar uma maior importância a este assunto, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e mesmo o fechamento de granjas (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

Na Tabela 20 apresentam-se os padrões exigidos pela FEPAM em relação a nutrientes e coliformes fecais para lançamento de efluentes suinícola em cursos d'água no Rio Grande do Sul.

**Tabela 20** - Níveis das variáveis aceitáveis para lançamento de efluente suinícola

Variáveis	Quantidade
Coliformes Fecais	1%
Fósforo Total	1,0 mg/L
Nitrogênio Total	10,0 mg/L
Cobre	0,5 mg/L
Zinco	1,0 mg/L

**Fonte:** FEPAM (1995).

A capacidade poluente dos dejetos suínos, em termos comparativos, é muito superior a de outras espécies. Utilizando-se o conceito de equivalente populacional um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas. Em outras palavras, uma granja de com 600 animais possui um poder poluente, segundo esse critério, semelhante ao de um núcleo populacional de aproximadamente 2.100 pessoas (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

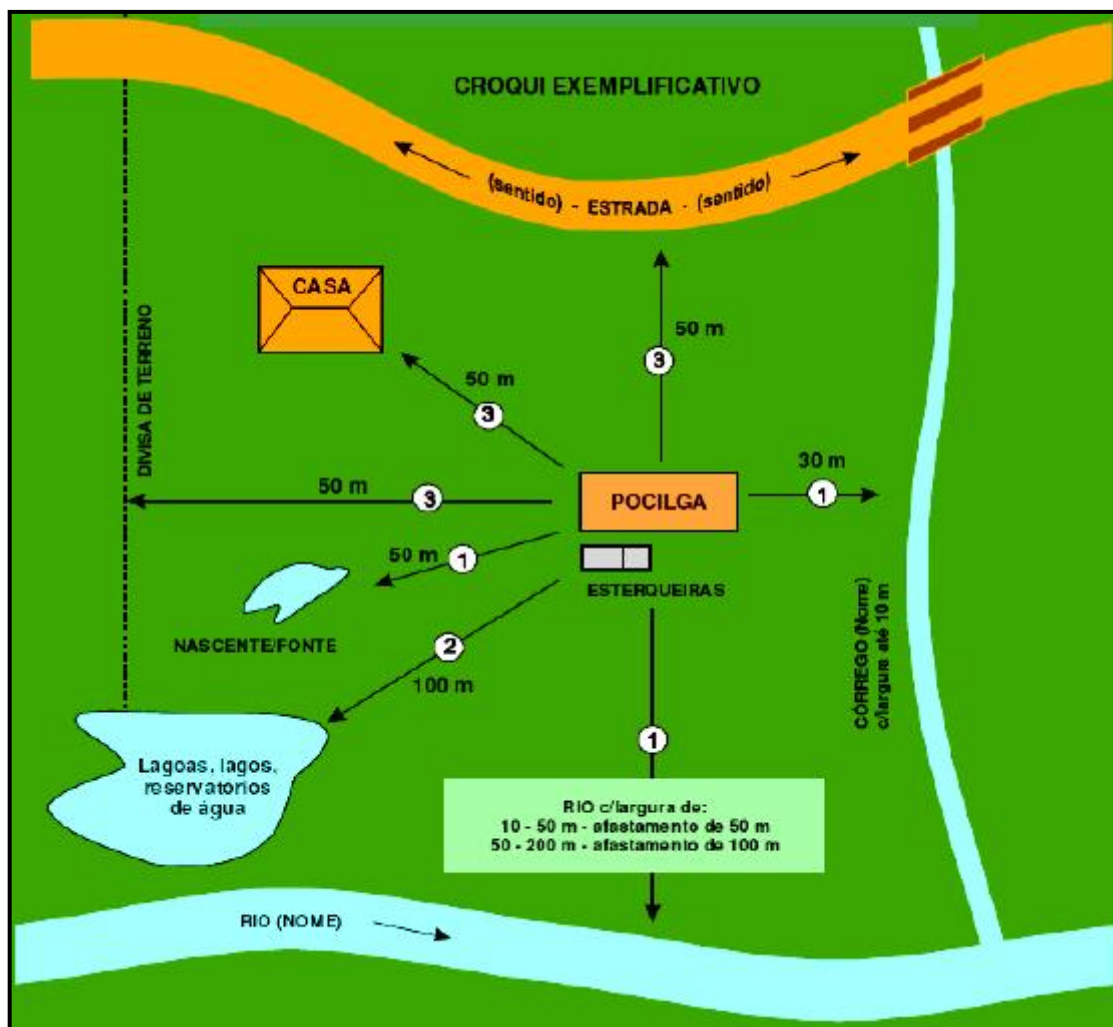
### 2.2.5. Aspectos Legais da Suinocultura

A legislação ambiental brasileira é composta por diversas leis, decretos, portarias e resoluções, em nível federal, estadual e municipal. Entretanto, assim como em outras atividades classificadas como potencialmente poluidoras, não existe no Brasil uma legislação específica para a atividade suinícola, porém este setor deve obedecer alguns instrumentos legais que interferem no ordenamento de sua atividade (SILVA, 2000).

Segundo Miranda (2005), pode-se afirmar que o Código de Águas (Decreto Presidencial nº 24.643 de 10 de julho de 1934) e o Código Florestal (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965) foram os primeiros instrumentos de proteção ao meio ambiente rural. No que se refere às medidas legais, existem uma série de leis que

afetam diretamente a atividade suinícola, sendo estas relacionadas ao controle ambiental de caráter voluntário ou de comando e controle, tais como:

- *Ação Civil Pública (Lei 7.347 de 24/07/1985)*: Lei de interesses difusos e pode ser requerida pelo Ministério Público (a pedido de qualquer pessoa) ou por uma entidade constituída há pelo menos um ano. Ela trata da responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico e turístico.
- *Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 08/01/1997)*: Objetiva-se em assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; utilização racional e integrada dos recursos hídricos; e prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais. Um dos aspectos dessa lei que poderá ter grande impacto na atividade suinícola estão descritos nos artigos 6º, 7º e 8º, os quais prevêm elaboração de planos diretores por bacia hidrográfica.
- *Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/1965)*: Esta lei determina, dentre outras coisas, a proteção de florestas nativas, áreas de preservação permanente e reservas legais. Assim como, todas as propriedades rurais, as edificações da atividade de suinocultura devem respeitar as distâncias mínimas de proteção ambiental, definida por esta lei. Em termos práticos, a granja suinícola, para poder operar dentro do que estabelece a atual legislação, deve atender aos seguintes aspectos: Estar localizada a uma distância mínima de 30 metros de córregos ou rios com até 10 metros de largura, de 50 metros de rios com largura entre 10 e 50 metros ou de 100 metros de rios com larguras superiores a 50 metros. Além disso, devem distar no mínimo 50 metros das nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água. A Figura 27 ilustra o croqui de orientação para localização das instalações suinícolas em relação às distâncias definidas pela legislação ambiental e sanitária.



**Figura 27** - Croqui de orientação para localização das instalações suinícolas.

**Fonte:** Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA) (2002).

- *Crimes Ambientais (Lei 9.605 de 12/02/1998)*: Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Reordena a legislação brasileira no que se refere às infrações e punições, podendo ser penalizada a pessoa jurídica, autora ou co-autora da infração ambiental. Apesar de sua abrangência, tem sido pouco aplicada em relação à atividade suinícola.
- *Licenciamento Ambiental (CONAMA, 237/97)*: É um instrumento prévio de controle ambiental para o exercício legal de atividades modificadoras do meio ambiente, dentre as quais se inclui a suinocultura. O enquadramento legal da atividade suinícola acontece de acordo com o que estabelece a Portaria nº 01/92, de 27/10/1992 e o Decreto nº 1.528, de 02/08/2000. A referida portaria



considera a suinocultura como uma atividade com grande impacto ambiental na água, pequeno impacto no solo e no ar, mas de grande impacto geral, e, portanto, exige o seu licenciamento, bem como estabelece uma série de exigências que visam prevenir ou corrigir seus possíveis efeitos negativos sobre o ambiente.

- *Padrões de Lançamento de Efluentes (CONAMA, 357/05)*: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Se o proprietário suinícola desejar lançar o efluente em um corpo hídrico, deverá atender esta resolução, entretanto este fato normalmente não ocorre, pois seu efluente não atinge os padrões mínimos de lançamento, além da possibilidade deste resíduo apresentar potencial para ser reaproveitado como biofertilizante, agregando valor à produção.

#### **2.2.6. Processos Biológicos no Tratamento da Biomassa Residual**

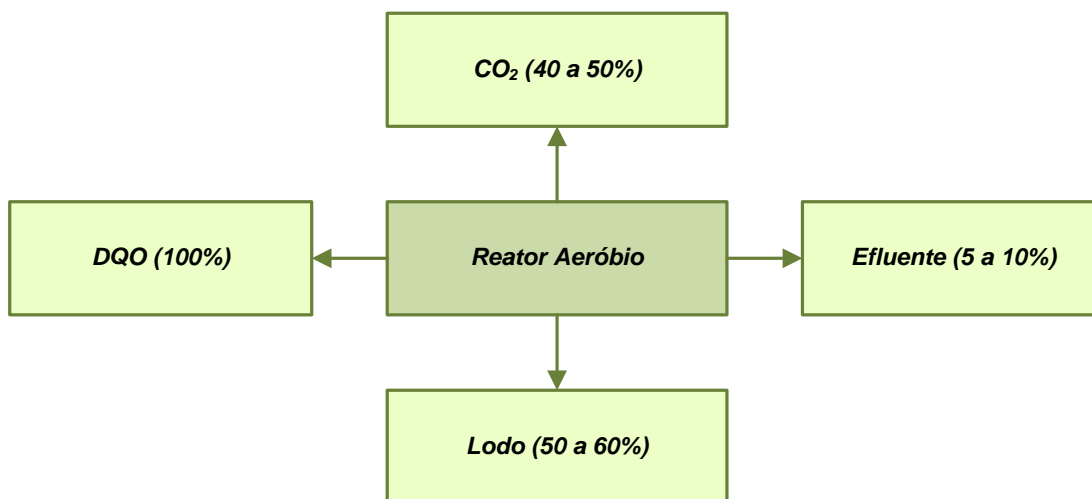
O tratamento da biomassa residual é formado por uma série de operações conhecidas como operações unitárias, que removem as substâncias desejáveis, ou as transformam em outras substâncias mais aceitáveis. Dessa forma, os níveis de tratamento se classificam em tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (VITOR, 2010).

Segundo Von Sperling (1996), o tratamento secundário utiliza-se de processos biológicos, ou seja, reações bioquímicas realizadas por microorganismos para remover a matéria orgânica presente na biomassa residual.

Considera-se que nos processos biológicos ocorre a maior redução da carga orgânica com potencial poluidor presente na biomassa. Assim sendo, esses processos biológicos utilizados para o tratamento da biomassa se classificam em processos aeróbios e anaeróbios (VITOR, 2010).

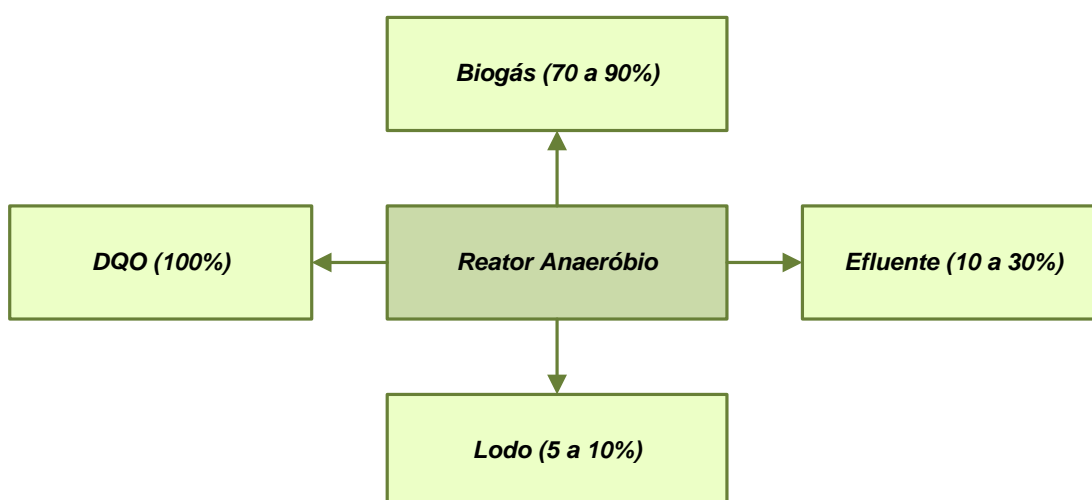
De acordo com Chernicaró (2001), nos sistemas aeróbios há a injeção de gás oxigênio para a remoção da matéria orgânica, sendo que nos sistemas anaeróbios a remoção se dá em condições de anaerobiose, ou seja, na ausência de

oxigênio. No primeiro sistema, aproximadamente 40 a 50% da matéria orgânica é biodegradada, sendo convertida em  $\text{CO}_2$ , o restante, de 50 a 60%, constitui o lodo, que é composto por biomassa microbiana e o material que não é biodegradável atinge um total de 5 a 10%, conforme apresenta a Figura 28.



**Figura 28** - Conversão biológica em sistema aeróbio.  
**Fonte:** Adaptado de Chernicaro (2001).

Já nos sistemas anaeróbios esse balanço de massa se dá da seguinte forma: 70 a 90% do material orgânico é biodegradável e é convertido em biogás, de 5 a 10% é convertido em biomassa microbiana, e de 10 a 30% não é biodegradável (CHERNICARO, 2001). Esse balanço de massa da conversão biológica em um sistema anaeróbio é apresentado na Figura 29.



**Figura 29** - Conversão biológica em sistema anaeróbio.  
**Fonte:** Adaptado de Chernicaro (2001).

A escolha de qual processo adotar para o tratamento da biomassa residual, demanda uma série de conhecimentos sobre o funcionamento do mecanismo escolhido.

No Brasil, devido às condições ambientais favoráveis, utiliza-se na maior parte, o tratamento anaeróbio, pois a operação do mesmo é de baixo custo e gera subprodutos com grande aplicação e bom retorno econômico. Nesta linha, destaca-se a utilização de *Upflow Anaerobic Sludge Blaket* (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo - UASB), lagoas de estabilização e biodigestores (VITOR, 2010).

Atualmente, muitos estudos estão voltados para a compreensão do sistema biológico da biodigestão anaeróbia, pois esse processo é um dos mais promissores no campo da biotecnologia, uma vez que pode promover a degradação de resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades em áreas urbanas, em atividades industriais e agroindustriais (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Na Tabela 21 é apresentada uma comparação entre as principais vantagens e desvantagens do uso de sistemas de tratamento anaeróbio para o manejo da biomassa residual.

**Tabela 21** - Vantagens e desvantagens do sistema de tratamento anaeróbio

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios	As bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos
Baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz com que os sistemas tenham custos operacionais muito baixos	A partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semeadura adaptado
Baixa demanda de área	Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária
Baixos custos de implantação, de ordem de R\$ 20 a 40 <i>per capita</i>	A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas
Produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico	Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis
Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses	Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável
Tolerância e elevadas cargas orgânicas, podendo ser aplicado em pequena e grande escala e há baixo consumo de nutrientes	Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória

**Fonte:** Chernicaro (2001).

Algumas substâncias e/ou variáveis na biomassa residual gerada podem inibir o processo anaeróbio, conforme apresenta a Tabela 22. Ou seja, faz-se necessário um controle do processo visando otimizar o sistema de tratamento.

**Tabela 22** - Interferentes do processo anaeróbio

Variável	Condição de Inibição do Processo Anaeróbio	Procedimento
pH	pH menor que 6,0 e a maior que 8,0.	Modificar o pH pela adição de álcali/ácido e/ou utilização de insumos que não tenham como efeito alterar o pH.
Nitrogênio	Concentração baixa de nitrogênio.	Inserir no sistema compostos (Exemplo: Amônio, uréia) para suprir o nitrogênio como macronutriente para biota microbiológica.
Fósforo	Concentração baixa de fósforo.	Inserir no sistema compostos (Exemplo: Uréia) para suprir o fósforo como macronutriente para biota microbiológica.
Temperatura	Temperaturas do efluente menores que 15°C e maiores que 60°C podem provocar cargas de choque no sistema.	Controlar a temperatura dos efluentes por sistemas de troca de calor e/ou sistemas de contenção.
Desinfetantes	Em sistemas produtivos, períodos de limpeza das instalações produzem efluentes com concentração elevada de desinfetantes.	Utilizar desinfetantes e outros produtos químicos na higienização em concentrações pré-estabelecidas e sem desperdício.
Sulfetos	Concentração elevada de sulfetos.	Modificar os insumos e/ou adequar o sistemas de tratamento para controle e remoção de sulfetos.
Metais Pesados	Presença de metais pesados acima de determinadas concentrações.	Modificar os insumos e/ou adequar o sistemas de tratamento para controle e remoção de metais pesados.

**Fonte:** Adaptado de Speece (1996).

Atualmente, no meio rural, à medida que se intensifica a modernização dos sistemas criatórios, se intensificam também as necessidades energéticas e a geração de resíduos. Assim, o desenvolvimento tecnológico da biodigestão anaeróbia está ligado à problemática do tratamento dos resíduos industriais, dos resíduos urbanos, como é o caso dos esgotos, e dos resíduos provenientes da

atividade agropecuária, como é o caso dos estercos (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

### **2.2.7. Biodigestores**

Para que a digestão anaeróbia proporcione resultados úteis, é necessário que este se realize em condições controladas. Para este controle, utilizam-se biodigestores, onde sua constituição depende do tipo e do fornecimento do resíduo (SILVA, 1996).

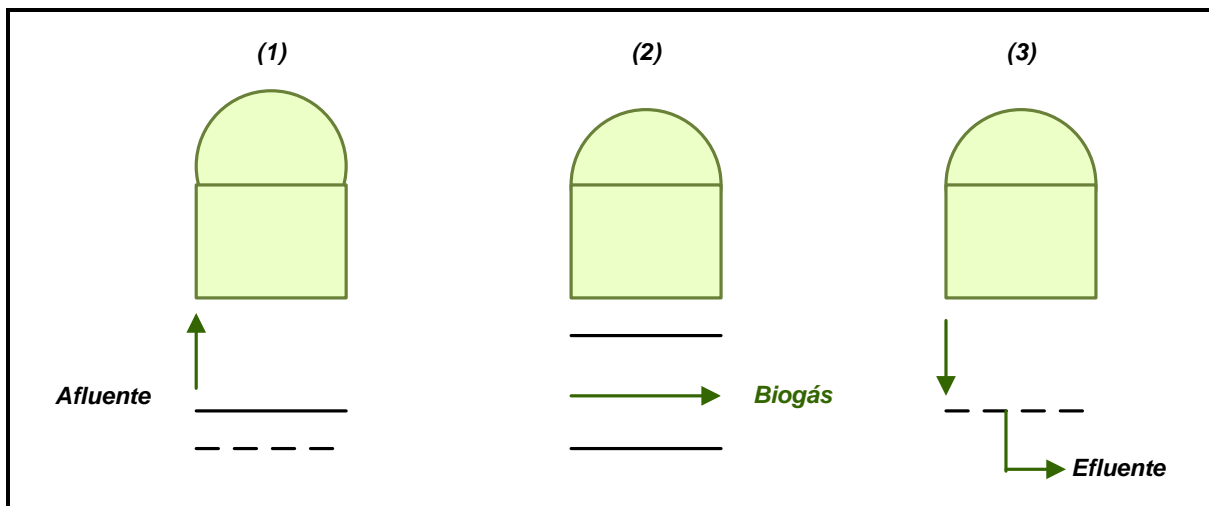
Os biodigestores são sistemas destinados a conter a biomassa residual que entrará em contato com os microrganismos, em condições de total ausência de oxigênio, onde haverá a produção e o armazenamento preliminar dos compostos gasosos, ou seja, os subprodutos do processo como, o biogás e o biofertilizante.

De acordo com Cortez, Lora e Gómez (2008), um dos parâmetros mais importantes do projeto é a carga orgânica volumétrica, a qual associa a concentração carbonácea do resíduo com o volume do biodigestor. Dessa maneira também, deve ser estabelecido previamente o fator de rendimento do processo, que representa o volume útil do biodigestor necessário para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás.

Segundo o Centro Para a Conservação de Energia (CCE) (2000), existem inúmeros projetos de biodigestores, mas todos invariavelmente se constituem de duas partes, como o tanque, para reter a biomassa e o gasômetro no pré-armazenamento do biogás. Seu sistema de funcionamento depende do tipo e da forma na qual será fornecida a biomassa, sendo que, há dois sistemas básicos de funcionamento, descritos a seguir.

- *Sistema Intermitente*

No sistema intermitente, a alimentação de biomassa é feita de uma única vez (1). Assim que a biomassa introduzida é totalmente decomposta pelos microrganismos (2), retira-se a carga (3) e introduz uma nova carga. A Figura 30 mostra a operação de biodigestores em sistema intermitente.

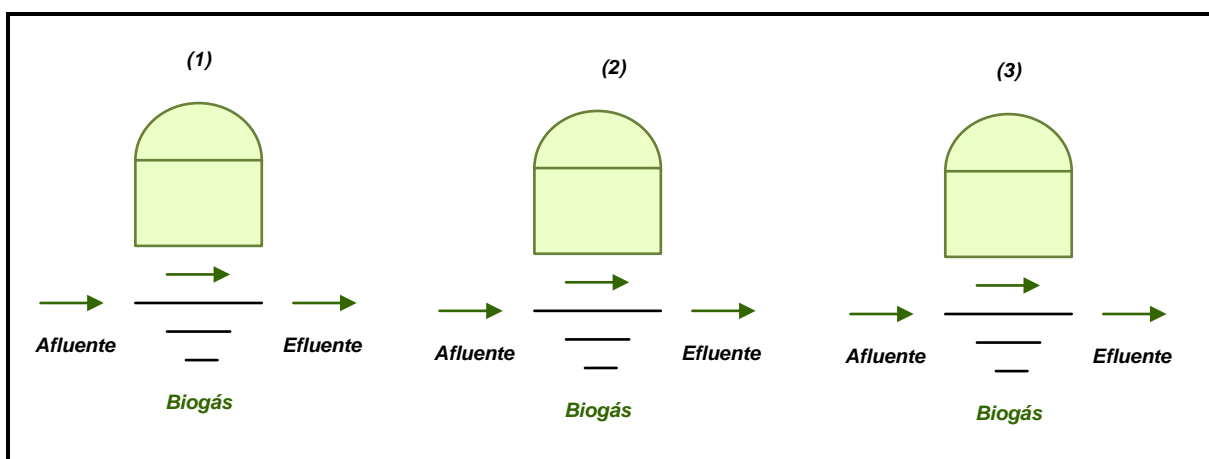


**Figura 30** - Operação de biodigestores em sistema intermitente.  
**Fonte:** Adaptado do Centro Para Conservação e Energia (CCE) (2000).

- *Sistema Contínuo*

No sistema contínuo, para cada quantidade de resíduo que entra no biodigestor, igualmente será a quantidade de resíduo tratado que sai do biodigestor.

Nesse sistema contínuo o volume de resíduo permanece constante ao longo do tempo, sendo que esse sistema está sendo cada vez mais utilizado, pois, nas agroindústrias e confinamentos de animais a geração de resíduo é constante. A Figura 31 mostra a operação de biodigestores em sistema contínuo.



**Figura 31** - Operação de biodigestores em sistema contínuo.  
**Fonte:** Adaptado do Centro Para Conservação e Energia (CCE) (2000).

- *Operações Com Biodigestores*

As variáveis associadas à operação dos biodigestores são a temperatura, o pH, as necessidades nutricionais e o Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), que serão descritos a seguir:

#### a) Temperatura

A temperatura é um fator decisivo no processo de fermentação do biodigestor, influenciando o processo de degradação biológica, o volume de produção de gás e de biofertilizantes. Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), a biodigestão anaeróbia indica uma correlação entre a produtividade do processo e a faixa de temperatura de operação. Sendo o processo eminentemente biológico, os microrganismos participantes devem ser então adaptados ao meio e quanto às faixas de temperatura de operação, o processo pode ocorrer de 10°C a 65°C de acordo com o tipo de bactéria, tais como: Psicofílicas < 20°C; Mesofílicas 20°C a 45°C e Termofílicas > 45°C. A Tabela 23 apresenta a biodigestão anaeróbia nas faixas mesofílica e termofílica de diversos resíduos animais.

**Tabela 23** - Biodigestão anaeróbia nas faixas mesofílica e termofílica

Animal	Temperatura (°C)	Sólidos Voláteis (SV)	Tempo de Retenção (Dias)	Biogás (m <sup>3</sup> /kg dia)	Biogás (litros/kgSV)	Metano (%)
Bovinos	35	6,7	25	0,44	144	59
	55	6,8	6	4,20	493	64
Vacas Leiteiras	35	6,5	10	1,50	332	60
	60	6,5	6	2,30	332	61
Aves	35	4,6	15	2,50	564	60
	50	6	5	4,50	390	71
Suíños	35	6	15	2,30	830	61

**Fonte:** Adaptado de Shih (1987) e Stafford et al. (1980).

Entretanto, para Soares (1990), o processo apresenta instabilidade de controle quando operado na faixa termofílica, e quando ocorre variação da temperatura, esse problema se agrava podendo afetar mais seriamente o processo podendo levar o sistema ao colapso.

O grupo de bactérias metanogênicas são os que mais sofrem com a influência da temperatura, pois, apresentam um intervalo de temperatura muito restrito de operação, podendo causar o aumento de ácidos voláteis através de baixas temperaturas, e conseqüentemente uma queda de pH.

Em temperaturas altas a velocidade das reações biológicas é maior, resultando numa operação mais eficiente em um menor tempo de retenção hidráulica.

Segundo Van Haandel e Lettinga (1994), a digestão anaeróbia também é possível a baixas temperaturas (10°C), porém a eficiência e a carga orgânica reduzem muito com a diminuição da temperatura.

Speece (1996) observa que para cada 5°C de queda de temperatura há um declínio de 34% da atividade dos microrganismos, o mesmo autor considera a temperatura ótima na faixa de 25 a 30°C para processos mesofílicos.

A produção de biogás duplica a cada 10°C de aumento de temperatura na faixa de 15°C a 35°C. Isso ocorre, porque temperaturas mais elevadas aceleram a velocidade das reações biológicas, resultando em uma operação mais eficiente e em tempo de retenção menor. Entretanto, há dois níveis de temperatura ótima para a biodigestão anaeróbia, sendo a 35°C para a faixa mesofílica e 50°C para a faixa termofílica, sendo que, a maior parte dos biodigestores trabalha na faixa mesofílica, mas sem controle de temperatura (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Dessa maneira, assegurar a estabilidade da variação de temperatura é um aspecto importante, pois interfere no desempenho dos microrganismos produtores de metano, sendo recomendado o seu controle, seja através do aquecimento interno ou pelo melhor isolamento térmico da câmara de digestão durante os meses de inverno. Este ponto é bastante crítico, pois, nos meses de inverno apresentam uma maior demanda por energia térmica e a tendência dos biodigestores é de produzirem volumes menores de biogás causados pelas baixas temperaturas (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

#### *b) pH*

Mudanças no pH do meio afetam sensivelmente as bactérias envolvidas no processo de digestão, podendo manifestar-se de diferentes formas, modificando



suas estruturas e conseqüentemente perdendo suas características originais, aumentando ou diminuindo a toxicidade do meio.

Em sistemas onde os microrganismos atuam em forma de simbiose, deve-se buscar uma faixa de pH adequada, propiciando o desenvolvimento máximo da maior parte dos microrganismos envolvidos, uma vez que o pH está diretamente ligado a concentrações de ácidos orgânicos voláteis no meio, resultante do equilíbrio entre populações de microrganismos e a alcalinidade total do sistema. Segundo Soares (1990) os valores de pH abaixo de 6,0 e acima de 8,0, praticamente fazem cessar a produção de metano.

### *c) Necessidades Nutricionais*

Uma vantagem importante do processo anaeróbio é a baixa necessidade de nutrientes. Os elementos químicos em maior quantidade na composição dos microorganismos são carbono, oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, fósforo e enxofre. Outros nutrientes são necessários para a biossíntese dos componentes celulares, como cátions ( $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $K^{+1}$ ,  $Fe^{++}$ ), ânions ( $Cl^-$ ), e traços de elementos considerados como micronutrientes (Co, Cu, Mn, Mo, Zn, Ni, Se) (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

Os microrganismos precisam de uma fonte de carbono para o seu crescimento, muitos utilizam  $CO_2$ , outros, carbono orgânico. A classificação dos microrganismos em seres autotróficos e heterotróficos está relacionada à fonte de carbono utilizada pelos mesmos, onde os autotróficos sintetizam suas moléculas carbônicas a partir do  $CO_2$ , e os heterotróficos utilizam como fonte de carbono compostos orgânicos (CHERNICHARO, 1997).

A presença do bicarbonato de amônia, resultante da degradação de efluentes ricos em compostos protéicos ou uréia, pode ser benéfica ao sistema de digestão, como fonte de nitrogênio e como tampão para alterações de pH. Tanto o íon amônia ( $NH_4^+$ ) quanto à amônia livre ( $NH_3$ ) em concentrações elevadas podem ser tóxicas aos microrganismos (CHERNICHARO, 1997).

De acordo com Cortez, Lora e Gómez (2008), a toxicidade pela amônia é uma das mais críticas, pois esse composto é produzido em grande concentração no meio de cultura na forma de íons  $NH_4^+$  quando o pH está abaixo de 7,2. Quando o

pH aumenta além de 7,2, produz-se um acúmulo de gás  $\text{NH}_3$  que é tóxico para as bactérias metanogênicas em concentrações superiores a 150 mg/L.

No caso do gás  $\text{H}_2\text{S}$  produzido pela redução de sulfatos e pela biodegradação de proteínas sulfuradas é igualmente tóxico para essas bactérias, assim como a amônia, o gás sulfídrico está em equilíbrio na forma de  $\text{HS}^-$  segundo o pH. Assim, com um pH 7,5 encontramos 22,5% de gás  $\text{H}_2\text{S}$  e 77,5% de íons  $\text{HS}^-$ , sendo que, concentrações de gás  $\text{H}_2\text{S}$  superiores a 200 mg/L são consideradas tóxicas.

Portanto, a presença de substâncias tóxicas pode inibir o processo anaeróbio, sendo as mais conhecidas o cloro, encontrado em desinfetantes, e a amônia ( $\text{NH}_3$ ), encontrada em cama de frango, de suínos e em detergentes (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008). A Tabela 24 apresenta a influência tóxica de certos elementos químicos na biodigestão anaeróbia.

**Tabela 24** - Influência tóxica de elementos químicos na biodigestão anaeróbia

Substância	Concentração (mg/L)		
	Estimulante	Média Inibição	Forte Inibição
Sódio	100 - 200	3.500 - 5.500	8.000
Potássio	200 - 400	2.500 - 4.500	12.000
Cálcio	100 - 200	2.500 - 4.500	8.000
Magnésio	75 - 150	1.000 - 1.500	3.000
Amônia	50 - 200	1500 - 3000*	> 3000
Sulfito	-	-	200
Metais Pesados	Faixa de Inibição Devido a Toxicidade		
Cobre	150 - 1.000		
Níquel	200 - 1.000		
Zinco	350 - 1.000		
Cromo	200 - 2.000		

**Fonte:** Kugelmann e Chin (1971).

**Nota:** \*pH elevado.

#### *d) Tempo de Retenção Hidráulica*

O tempo de retenção hidráulica é o tempo utilizado para o tratamento do efluente no biodigestor, o qual depende do efluente e biodigestor utilizado, variando de dias a horas. Sabe-se que o tempo de retenção combinado com a taxa de

decomposição dos sólidos voláteis é responsável pela eficiência do biodigestor, sendo que, o menor tempo de retenção e a maior decomposição são resultados ótimos de digestores.

Segundo Lucas Júnior, Souza e Lopes (2009), o tempo de retenção depende da finalidade para a qual o biodigestor foi construído, conforme mostra a Tabela 25.

**Tabela 25** - Tempo de retenção dos biodigestores de acordo com a finalidade

Finalidade do Biodigestor	Tempo de Retenção (Dias)
Produção de Biogás	10 a 20
Produção de Biofertilizante	50 a 60
Produção de Biogás e Biofertilizante	30

**Fonte:** Lucas Júnior, Souza e Lopes (2009).

Para Palhares (2005), o tempo de retenção de microrganismos, o tempo de retenção hidráulica e o tempo de retenção de sólidos são alguns fatores que devem ser avaliados na produção de biogás, pois são fatores que interferem na sua produção.

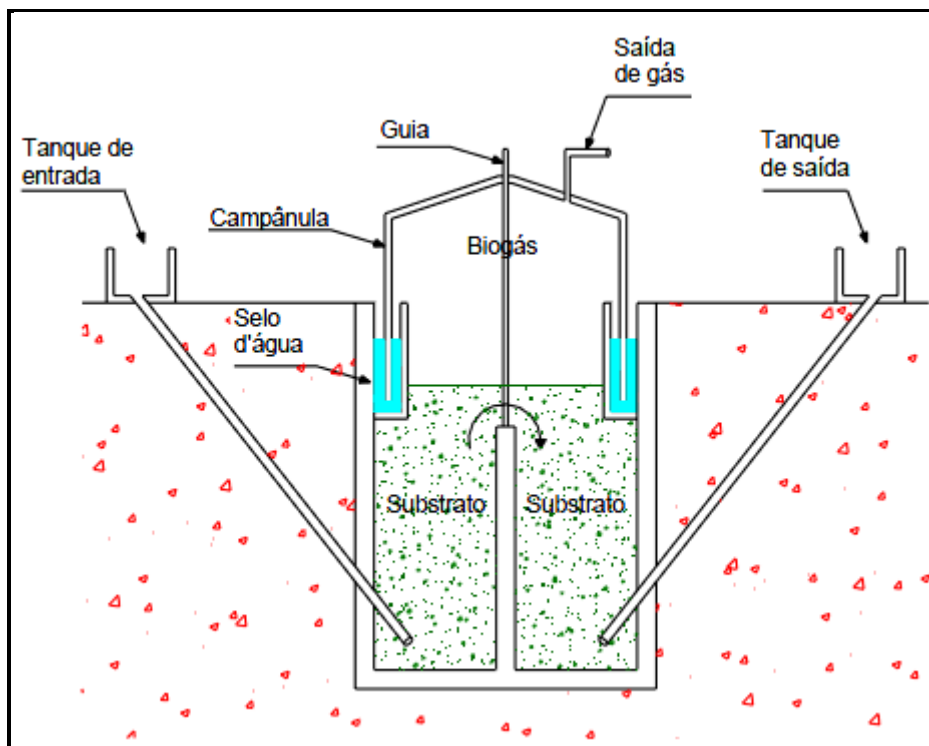
- *Modelos de Biodigestores*

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), os biodigestores foram desenvolvidos de acordo com a aplicação (resíduos) e/ou com o nível tecnológico disponíveis. Os tipos de biodigestores mais difundidos são os modelos indiano, chinês e canadense, sendo este último bastante utilizado recentemente, principalmente pelo desenvolvimento de geomembranas (KUNZ e OLIVEIRA, 2006).

*a) Modelo Indiano*

O biodigestor modelo indiano é caracterizado por possuir uma campânula flutuante como gasômetro, fazendo dele um biodigestor de pressão constante, e uma parede central, que divide longitudinalmente o reservatório de fermentação em duas câmaras. Em uma metade é conectado o tubo de entrada e na outra metade o tubo de saída (NISHIMURA, 2009). Como mostrado na Figura 32, o cilindro fica na

posição vertical e é construído com tijolos e revestido internamente por cimento e impermeabilizantes.



**Figura 32** - Biodigestor modelo indiano.  
**Fonte:** Nishimura (2009).

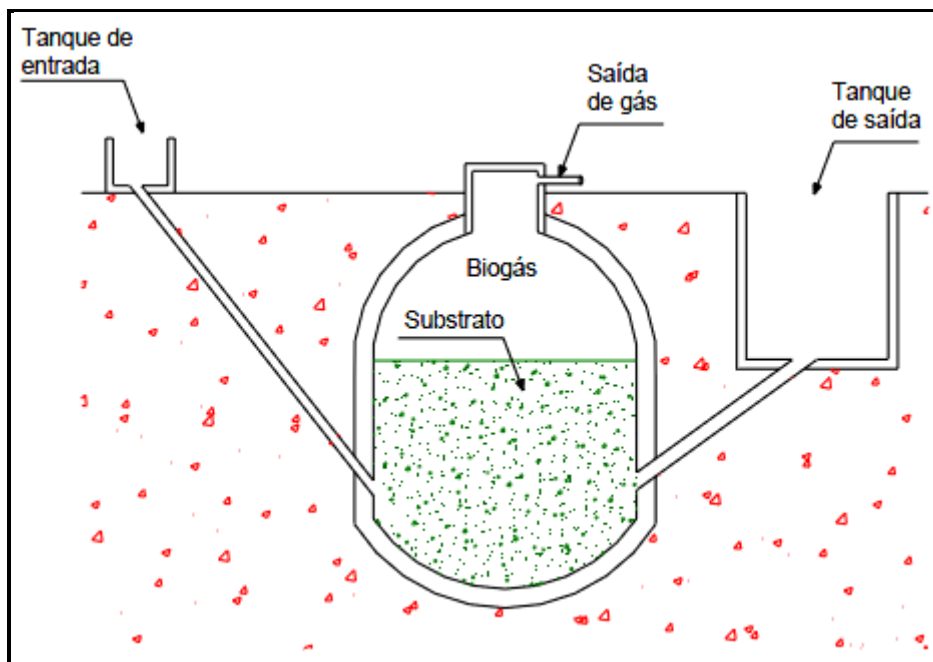
De acordo com Nishimura (2009), a função das duas câmaras é possibilitar a circulação do material em fermentação no interior do cilindro. A porção do substrato que entra no biodigestor vai para o fundo e, com o avanço do processo, fica menos densa, até cair para a outra metade da câmara.

Para que, o gás não escape, na parte superior do cilindro há uma campânula que flutua sobre o próprio substrato ou sobre um selo d'água. Assim, este mecanismo permite que a pressão no interior do biodigestor permaneça constante, mesmo com a variação do volume.

#### *b) Modelo Chinês*

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), o biodigestor modelo chinês difere fundamentalmente do indiano por não dispor de um gasômetro e, em decorrência disso, produz gás a uma pressão variável. Desse modo, o gás é armazenado no interior do próprio reator, sendo construído totalmente enterrado no solo. É feito

geralmente em alvenaria e possui teto em forma de abóboda, conforme pode ser visualizado na Figura 33 (NISHIMURA, 2009).



**Figura 33** - Biodigestor modelo chinês.  
**Fonte:** Nishimura (2009).

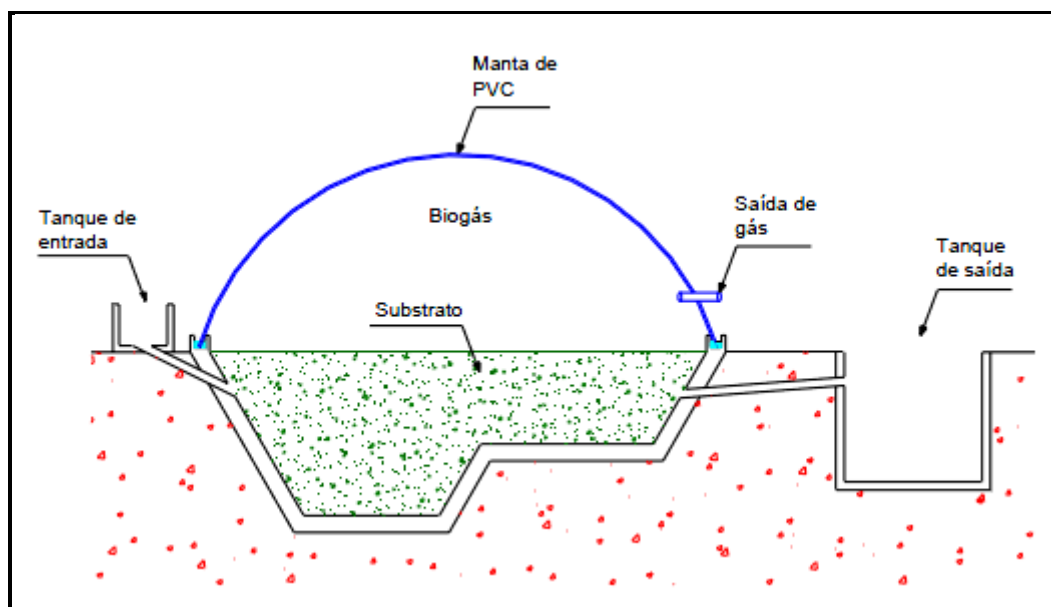
O custo de construção é inferior ao biodigestor modelo indiano, por não necessitar de gasômetro e utilizar materiais de menor custo e de fácil aquisição (NISHIMURA, 2009). Entretanto, esse biodigestor requer cuidados especiais na sua construção para evitar vazamentos, principalmente do biogás (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Sabe-se que nesse biodigestor, quanto maior for à quantidade de gás no interior da câmara, maior será a pressão, fazendo com que o efluente se desloque para o tanque de saída, e em sentido contrário quando ocorre uma descompressão (BENINCASA, ORTOLANI e LUCAS JÚNIOR, 1990).

### c) Modelo Canadense

O modelo canadense caracteriza-se por possuir uma base retangular construída de alvenaria, onde é depositado o substrato, e gasômetro feito em manta flexível de Policloreto de Vinila (PVC) fixa sobre uma valeta coberta de água que circunda a base, tal como pode ser observado na Figura 34. É mais usado em

regiões quentes onde a temperatura ambiente ajuda a manter a temperatura no biodigestor em níveis adequados para a realização do processo de digestão anaeróbia (NISHIMURA, 2009).



**Figura 34** - Biodigestor modelo canadense.  
**Fonte:** Nishimura (2009).

A cobertura consiste de uma geomembrana sintética de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que é fixada por um sistema de ancoragem ao redor de todo o perímetro do biodigestor. O PEAD é um excelente produto para grandes aplicações que exigem resistência contra radiação ultravioleta, ozônio e compostos químicos (AGCERT, 2005).

### 2.3. Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na Unidade Granja Colombari localizada nas coordenadas 25°49'59" S e 54°13'31", no município de São Miguel do Iguaçu, no Estado do Paraná.

Ressalta-se que a caracterização dessa área de estudo foi definida no capítulo anterior, com a descrição do sistema produtivo evidenciando o manejo da

biomassa residual. E nesse capítulo será apresentada a caracterização e o sistema de tratamento da biomassa gerada na unidade produtiva.

### **2.3.1. Descrição do Sistema de Tratamento de Efluentes**

O sistema de tratamento da biomassa residual na Unidade Granja Colombari é composto por dois biodigestores em série, modelo canadense, operando em sistema contínuo. Portanto, a UGC possui dois biodigestores instalados, sendo que um deles foi implantado pela AgCert do Brasil Soluções Ambientais Ltda, denominado biodigestor 1, e outro pelo ITAI, denominado biodigestor 2.

- *Implantação do Primeiro Biodigestor*

O sistema de tratamento da Unidade Granja Colombari foi implantado em 2006, com o objetivo de tratar a biomassa residual proveniente de 3.000 suínos em fase de terminação, dispostos em três barracões. Esse sistema de tratamento foi fornecido em comodato pela empresa AgCert do Brasil Soluções Ambientais Ltda, que se responsabilizou pelos custos do projeto, obras e acompanhamento técnico para a implantação do primeiro biodigestor.

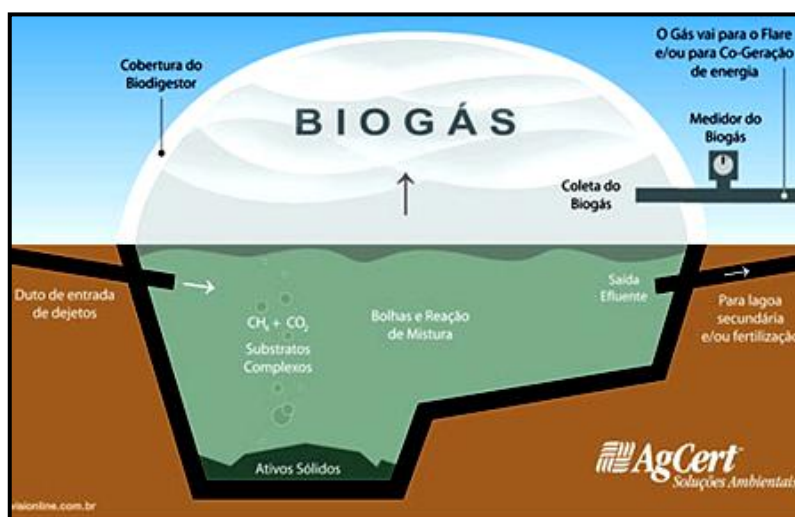
O biodigestor foi implantado, seguido de uma lagoa secundária, onde ficava armazenado o biofertilizante utilizado nas pastagens da propriedade. A prioridade da empresa foi elaborar um projeto visando o recebimento de créditos de carbono da unidade produtiva, por um período de dez anos, contrato que se iniciou em 2005 e encerra-se em 2015. Dessa maneira, a empresa AgCert garante a redução de carbono, a partir da captura ou a queima efetiva desses gases, que corresponde aos créditos de carbono. Sendo assim, a empresa ficará credenciada para vender 90% dos créditos de carbono obtidos da unidade produtiva e 10% ficará para o produtor.

A Figura 35 apresenta o primeiro biodigestor implantado na UGC pela empresa AgCert.



**Figura 35** - Primeiro biodigestor implantado na UGC.  
**Fonte:** Marchetti (2010).

A Figura 36 ilustra o esquema de uma seção transversal do funcionamento de um biodigestor anaeróbico da empresa AgCert do Brasil Soluções Ambientais Ltda, para a conversão de excremento de suínos em gases, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ).



**Figura 36** - Esquema do funcionamento do biodigestor da empresa AgCert.  
**Fonte:** Ambiente Já (2011).

- *Implantação do Segundo Biodigestor*

Em 2009, a UGC aumentou a produção de suínos de 3.000 para 4.400 animais, dispostos em quatro barracões. Devido a esse aumento da produção de



suínos, tornou-se necessário a implantação do segundo biodigestor, seguido de um tanque de armazenamento do biofertilizante, realizado pelo Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação. A Figura 37 apresenta o segundo biodigestor implantado na UGC pelo ITAI.



**Figura 37** - Segundo biodigestor implantado na UGC.

O projeto para construir mais um biodigestor foi desenvolvido pela empresa Planotec Assessoria Agronômica e Planejamento Ambiental Ltda. De acordo com o projeto desenvolvido, tornou-se possível a implantação de mais um biodigestor modelo canadense a partir da lagoa secundária já existente, que era utilizada para o armazenamento do biofertilizante. Sendo assim, a elaboração desse projeto permitiu a especificação, a implantação e as modificações necessárias com a finalidade de adequar essa lagoa secundária para a geração de biogás com seu respectivo licenciamento ambiental.

- *Dimensionamento dos Biodigestores*

Ambos os biodigestores da Unidade Granja Colombari foram dimensionados com base nos seguintes critérios: Construção de um biodigestor modelo canadense, o qual tem um custo menor e atualmente é o mais difundido no Brasil; tempo de retenção hidráulica de 30 dias para os biodigestores; conhecimento da vazão média de dejetos para o biodigestor por animal, sendo de 7,3 litros/animal.dia.

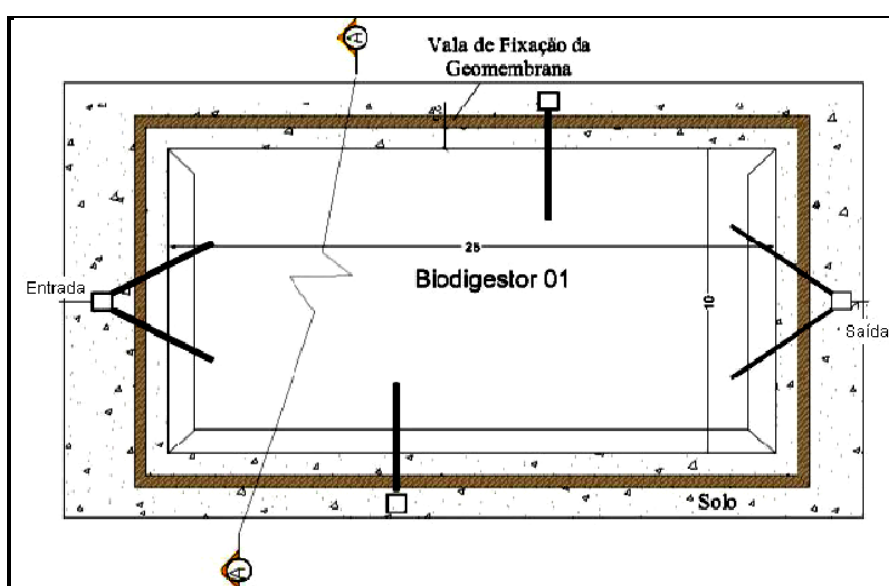
O primeiro biodigestor foi dimensionado para processar a biomassa proveniente de 4.000 suínos, ou seja, uma vazão de efluentes de aproximadamente 29,2 m<sup>3</sup>/dia, com tempo de retenção de 30 dias. Porém, com o crescimento do número de suínos alojados em 2009, para cerca de 4.400 animais, e uma projeção de 5.000 suínos alojados em 2010, o sistema teve um acréscimo de 7,3 m<sup>3</sup>/dia de biomassa residual. A Tabela 26 mostra as dimensões dos dois biodigestores.

**Tabela 26** - Dimensões dos biodigestores 1 e 2 na UGC

Biodigestores	TRH (Dias)	Vazão de Entrada Q <sub>ENT</sub> (m <sup>3</sup> /dia)	Dimensões (m)		
			Comprimento	Largura	Profundidade Útil
Biodigestor 1	30	29,2	25	10	3,7
Biodigestor 2	30	7,3	16	8,5	1,7

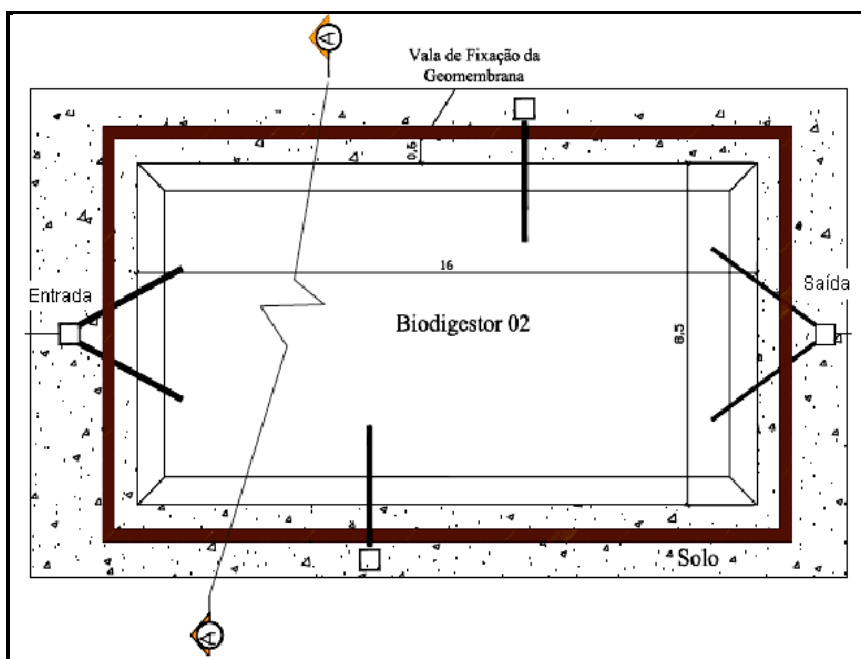
Conseqüentemente, a quantidade total de resíduos liberada por 5.000 animais corresponde a aproximadamente 36,5 m<sup>3</sup>/dia, a qual, com um tempo de retenção hidráulica de 30 dias, corresponde a 1.095 m<sup>3</sup> de volume para os dois biodigestores. Ressalta-se que a implantação dos biodigestores, devido às dimensões adotadas possui aproximadamente 1.156 m<sup>3</sup>.

A Figura 38 ilustra a planta baixa do biodigestor 1, montado pela AgCert, que tem as seguintes dimensões: 25 m (comprimento), 10 m (largura) e 4 m (profundidade) com 3,7 m de profundidade útil.



**Figura 38** - Planta baixa do biodigestor 1 da UGC.  
**Fonte:** Projeto Geração Distribuída (2011).

A Figura 39 mostra a planta do biodigestor 2 da UGC, montado pela Planotec, que tem as seguintes dimensões: 16 m (comprimento), 8,5 m (largura) e 2 m (profundidade) com 1,7m de profundidade útil.



**Figura 39** - Planta baixa do biodigestor 2 da UGC.  
**Fonte:** Projeto Geração Distribuída (2011).

Portanto, o atual sistema de tratamento da biomassa residual da Unidade Granja Colombari é composto por dois biodigestores em série, conforme foram descritos e podem ser visualizados na Figura 40.

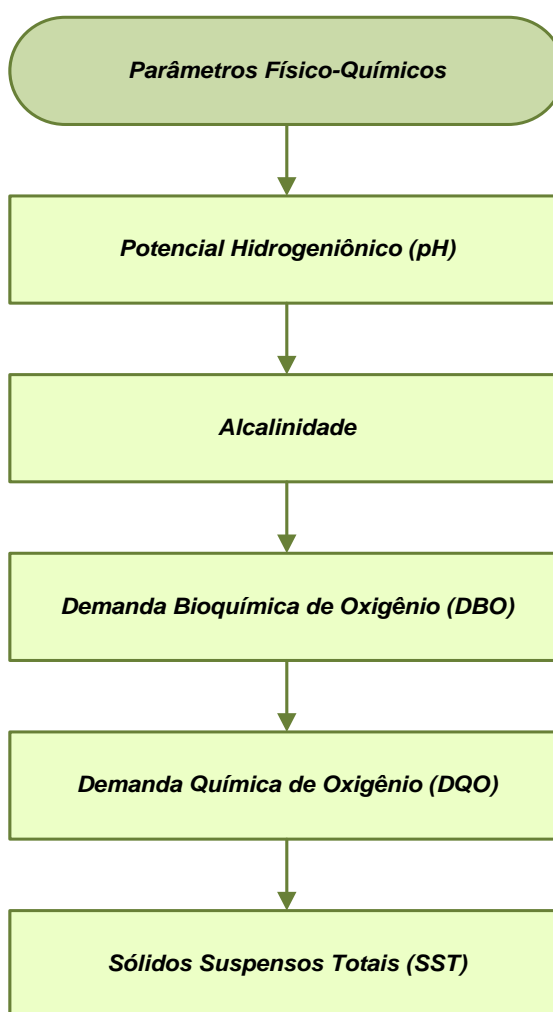


**Figura 40** - Biodigestores 1 e 2 implantados em série na UGC.

### 2.3.2. Caracterização Físico-Química da Biomassa Residual

A caracterização da biomassa residual na Unidade Granja Colombari é um procedimento importante para possibilitar a avaliação do tipo de tratamento que está sendo realizado e dos impactos ambientais relativos à disposição deste resíduo, bem como do potencial a ser gerado de biogás.

De acordo com Silveira et al. (2000), dentre os parâmetros que são tradicionalmente avaliados para o monitoramento da biomassa residual em sistemas biológicos de tratamento, destacam-se: Potencial Hidrogeniônico (pH), Alcalinidade, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Voláteis Totais (SVT). Porém, devido à verba disponibilizada foram realizadas análise de Sólidos Suspensos Totais (SST) (Figura 41).

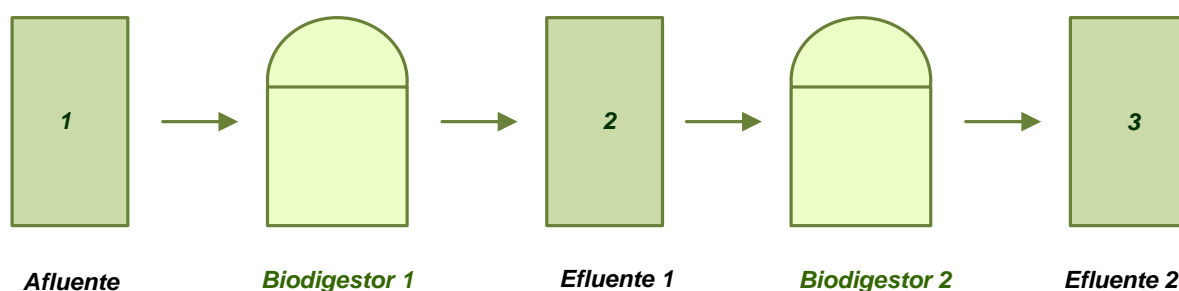


**Figura 41** - Parâmetros físico-químicos para monitoramento da biomassa residual.

Portanto, para executar essa metodologia realizou-se o monitoramento dos parâmetros físico-químicos do sistema de tratamento de efluentes da unidade produtiva, por um período de oito meses, sendo de Outubro de 2010 a Maio de 2011 (Apêndice D). Esse monitoramento permitiu a coleta de efluente gerado, para posterior análise em laboratório.

As análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas pelo Laboratório São Camilo Alimentos e Água, que está credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e habilitado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), localizado no município de São Miguel do Iguaçu, no Paraná.

Dessa maneira, os principais pontos de amostragens para a coleta do efluente, foram localizados no afluente (Ponto de Amostragem 1), no efluente 1 referente ao primeiro biodigestor (Ponto de Amostragem 2) e no efluente 2 referente ao segundo biodigestor (Ponto de Amostragem 3), conforme pode ser visualizado na Figura 42.



**Figura 42** - Localização dos pontos de amostragem na UGC.

## 2.4. Resultados e Discussão

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos referentes aos pontos de amostragens, obtidos durante o período de monitoramento do sistema de tratamento de efluentes na Unidade Granja Colombari, são apresentados na Tabela 27. Portanto, através dos resultados obtidos tornou-se possível a avaliação das mudanças qualitativas da biomassa e da remoção carbonácea no sistema de tratamento, bem como quanto à característica do efluente final.

**Tabela 27** - Valores médios dos parâmetros físico-químicos

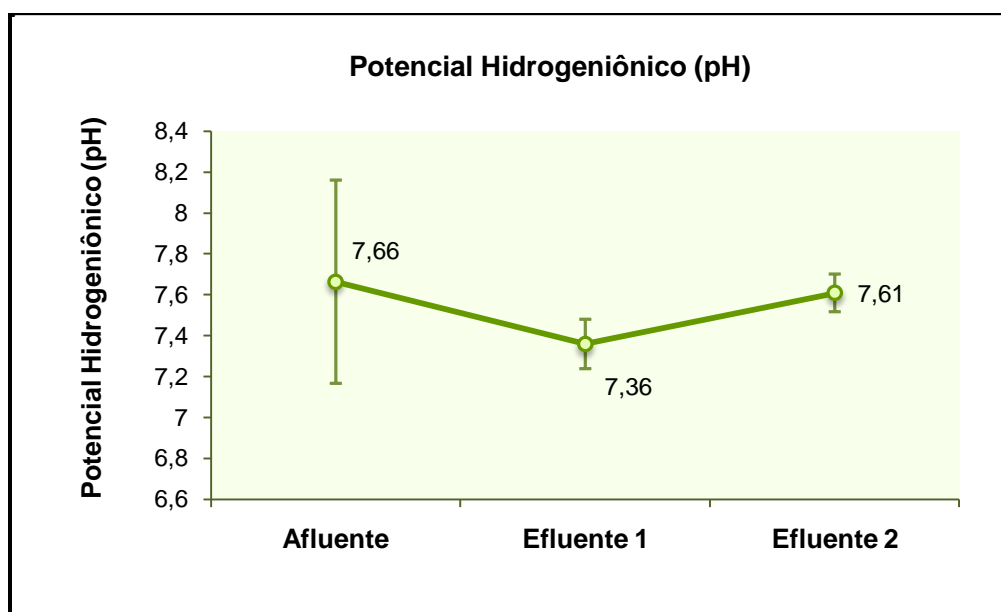
Parâmetro	Afluente*	Efluente 1*	Efluente 2*
pH	7,66 ± 0,50	7,36 ± 0,120	7,61 ± 0,09
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )	8.285,04 ± 3.170,27	10.247,83 ± 2.913,71	10.640,92 ± 2.975,37
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	15.756,31 ± 7.122,68	10.211,56 ± 3.324,25	5.139,6 ± 3.367,82
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	30.043,87 ± 11.578,72	21.623,42 ± 8.896,80	14.238,33 ± 3.530,54
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	31.393,83 ± 15.385,82	23.221,65 ± 8.368,27	19.058,25 ± 5.302,36

**Nota:** \*Médias ± Desvio Padrão.

### 2.4.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é uma variável bastante relevante pelo fato de funcionar como regulador do processo de degradação anaeróbia. Segundo Chernicharo (1997), o pH influencia em todo o sistema ambiental do reator, sendo importante manter os valores entre 6,0 a 8,0.

A faixa média do pH referente ao afluente, ao efluente 1 e ao efluente 2 mantiveram-se entre 7,66, 7,36 e 7,61 (Figura 43), respectivamente, sendo valores relativamente condizentes aos processos de tratamentos anaeróbios analisados por Chernicharo.



**Figura 43** - Valores médios de pH nos pontos de amostragem na UGC.

Ressalta-se que a variação do pH no sistema pode ser explicada pela limpeza em baias diferentes, momento da coleta e uso de produtos químicos associados a limpeza. De maneira geral, verificou-se que as variações do pH mantiveram-se próxima a média de 7,75 determinada por Konzen (1980), em seus estudos sobre as características dos efluentes de suinocultura. Assim, pode-se considerar que as variações de pH estão de acordo com os valores aceitáveis, para as bactérias metanogênicas no processo de digestão anaeróbia.

#### 2.4.2. Alcalinidade

A alcalinidade desempenha a função de substância tampão, ou seja, evita variações bruscas no pH e conseqüentemente, evita que hajam problemas no desempenho dos organismos que atuam na decomposição da matéria orgânica (CHERNICHARO, 1997).

A média dos valores de alcalinidade situaram-se entre 8.285,04, 10.247,83 e 10.640,92 mg.L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) no afluente, no efluente 1 e no efluente 2, respectivamente, podendo aferir que o tratamento não foi alterado devido à variações do pH, conforme apresenta a Figura 44.

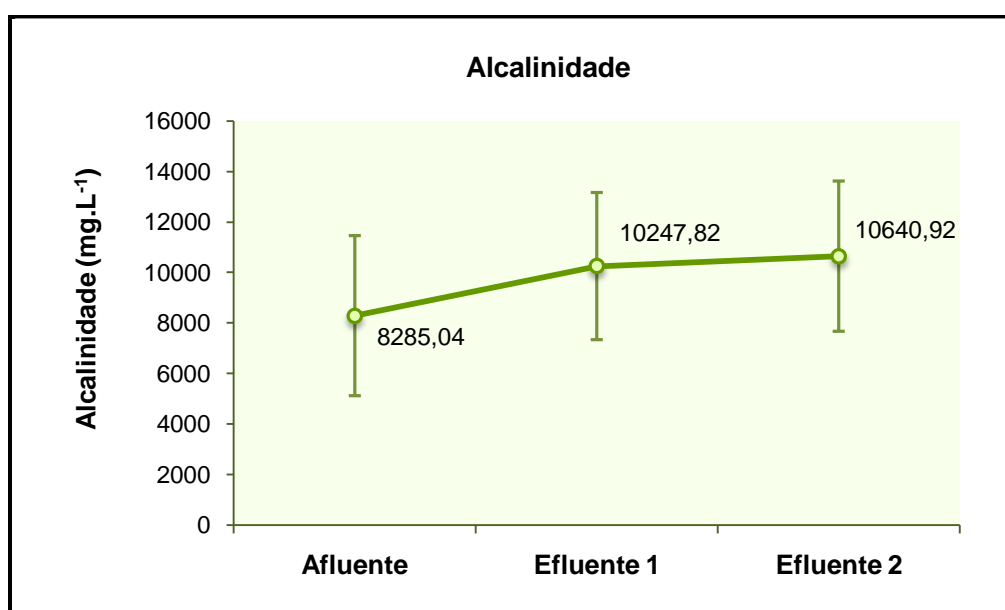


Figura 44 - Valores médios de alcalinidade nos pontos de amostragem na UGC.

Observou-se que os valores médios de alcalinidade estão próximos a média de  $7.202 \text{ mg.L}^{-1}$  de carbonato de cálcio, encontradas por Moretti (2009), em suas pesquisas sobre as características da água residuária da suinocultura.

De acordo com Chernicharo (1997), a elevação nos níveis da alcalinidade, permite que as concentrações de ácidos voláteis sejam tamponadas sem haver a alteração no nível do pH. Dessa maneira, constata-se que tais valores podem ser considerados adequados ao sistema de tratamento, porque garantem o efeito de tamponamento, para evitar que os ácidos voláteis reduzam o pH.

### **2.4.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio requerida para se estabilizar bioquimicamente um composto orgânico através da ação de microrganismos em condições anaeróbias.

De acordo com Von Sperling (1996), a DBO baseia-se na medida indireta da concentração de matéria orgânica biodegradável. Ramalho (1983) menciona que para a maioria dos resíduos orgânicos, é demonstrado que 80% a 90% da demanda de oxigênio por compostos carbonáceos é satisfeita até o quinto dia.

Dessa maneira, a metodologia para determinação da DBO de uma amostra estabelece que o teste seja realizado a  $20^{\circ}\text{C}$  por cinco dias ( $\text{DBO}_{5_{20}}$ ), utilizando inoculante biológico e excesso de nutrientes minerais (exceto carbono), a fim de que o único nutriente limitante para parar a reação seja o carbono presente nos compostos orgânicos da amostra (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Os valores médios da Demanda Bioquímica de Oxigênio situaram-se em  $15.756,31 \text{ mg.L}^{-1}$  no afluente,  $10.211,56 \text{ mg.L}^{-1}$  no efluente 1 e  $5.139,6 \text{ mg.L}^{-1}$  no efluente 2 (Figura 45), na qual percebe-se a remoção da carga orgânica em todos os pontos de amostragens. Dessa maneira, nota-se que os valores do sistema de tratamento da UGC quanto a DBO assemelharam-se aos resultados do estudo de Konzen (1980) sobre as características físico-químicas dos dejetos de suínos, em que o valor máximo de DBO foi de  $15.500 \text{ mg.L}^{-1}$  e o valor mínimo foi de  $5.000 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando uma média de  $10.250 \text{ mg.L}^{-1}$ .



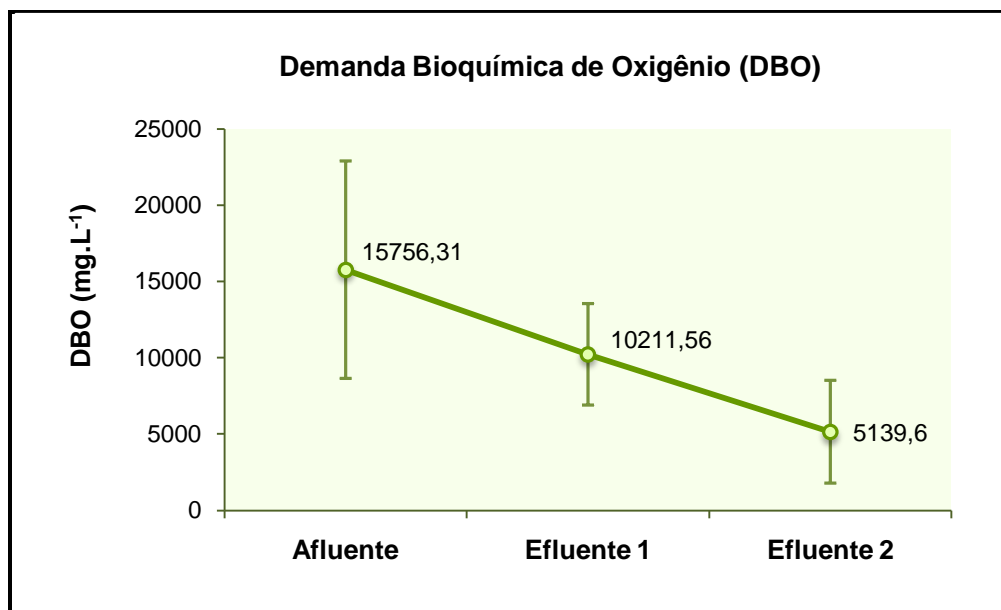


Figura 45 - Valores médios de DBO nos pontos de amostragem na UGC.

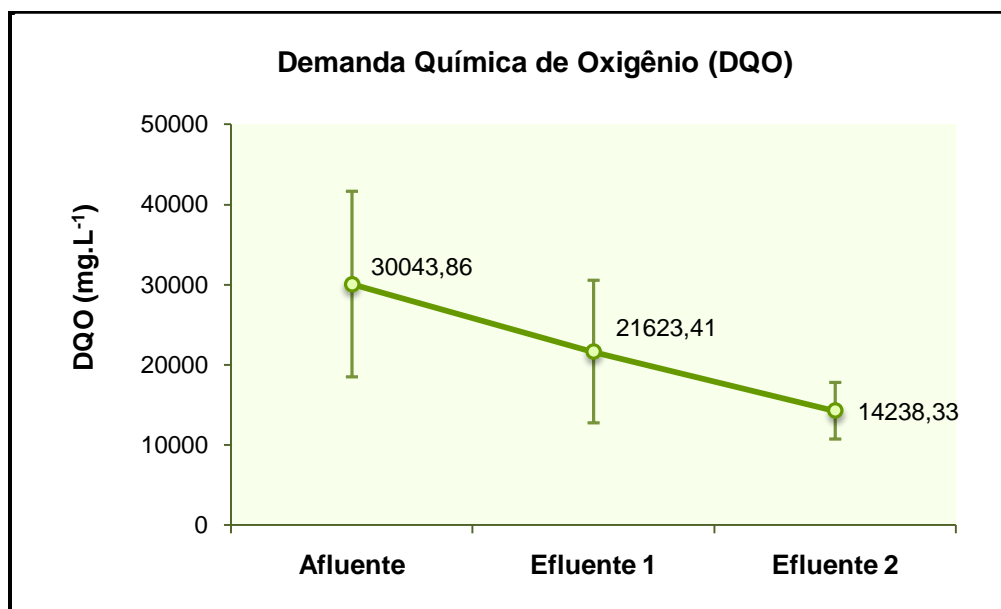
#### 2.4.4. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) normalmente não é considerada um parâmetro de processo de tratamento biológico. No entanto, é frequentemente utilizada como parâmetro para monitoramento dos processos, pois, necessita de um tempo menor para realização do teste, ou seja, de uma a três horas (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Segundo Mees (2006), a DQO pode ser definida como a quantidade de oxigênio requerida para a oxidação da matéria orgânica presente no efluente, através de um agente químico. Geralmente os valores de DQO são maiores que os de DBO, em virtude de as condições da oxidação química serem mais intensas que as provocadas por microrganismos.

A metodologia ressalta que a DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente. Essa oxidação é obtida da reação de oxidação a partir de um oxidante forte (dicromato de potássio) em meio ácido ( $H_2SO_4$ ), sendo resultado final desta oxidação o dióxido de carbono e água (MEES, 2006).

A Demanda Química de Oxigênio apresentou valores médios de 30.043,87 mg.L<sup>-1</sup> no afluente, 21.623,42 mg.L<sup>-1</sup> no efluente 1 e 14.238,33 mg.L<sup>-1</sup> no efluente 2, que podem ser visualizados na Figura 46.



**Figura 46** - Valores médios de DQO nos pontos de amostragem na UGC.

Verificou-se que os valores de DQO nos pontos de amostragens do monitoramento foram próximos aos dados relatados por Konzen (1980), tendo um valor máximo de DQO de 38.750 mg.L<sup>-1</sup> e um valor mínimo de 12.500 mg.L<sup>-1</sup>, apresentando uma média de 25.625 mg.L<sup>-1</sup>.

#### 2.4.5. Relação de DBO e DQO

Segundo Macedo (2001), por meio da relação DBO/DQO é possível definir o processo de tratamento a ser utilizado. Pois, a relação DBO/DQO está relacionada com a biodegradabilidade do despejo, sendo que quando mais próximo de 1 estiver esta relação maior será a biodegradabilidade do despejo pela ação de microrganismos (tratamento biológico). Portanto, quando a relação é 1, isto indica que não há material inerte a ação dos microrganismos, tendo assim:

- a) *Relação DBO/DQO > 0,6*: Tratamento por processo biológico;  
 b) *Relação  $0,2 < \text{DBO/DQO} < 0,6$* : Tratamento biológico possível;  
 c) *Relação DBO/DQO < 0,2*: Tratamento biológico muito difícil.

Dessa maneira, quanto maior a relação DBO/DQO, maior será a possibilidade de tratamento biológico do resíduo, podendo-se inferir também pela maior velocidade de degradação (MEES, 2006).

Portanto, para distintos resíduos foi possível estimar a demanda de oxigênio por quantidade de resíduo, conforme apresentado na Tabela 28, que apresenta os valores médios e as faixas de DBO e DQO para a produção de suínos, frangos, gado-corte, gado-leite e ovinos.

**Tabela 28** - Valores médios e faixas da DBO e DQO

Produção	DBO		DQO	
	Média	Faixa	Média	Faixa
	(mg/g Sólidos Totais )		(mg/g Sólidos Totais )	
Suínos	181	114 - 296	1.409	870 - 2.280
Frangos	123	82 - 165	887	775 - 960
Gado-Corte	110	50 - 190	1.438	1.054 - 2.500
Gado-Leite	94	24 - 208	1.387	910 - 2.510
Ovinos	103	80 - 128	1.109	1.000 - 1.210

**Fonte:** Cortez, Lora e Gómez (2008).

A partir de consultas em vários trabalhos, Silva (1973), concluiu que a relação média DBO/DQO do efluente do confinamento de suínos é 0,43, que de acordo com Macedo (2001), este valor se enquadra como tratamento biológico possível.

Os resultados da relação de DBO/DQO do sistema de tratamento de efluentes da Unidade Granja Colombari, obteve os valores de entrada e saídas dos biodigestores, com suas respectivas eficiências de remoção (Tabela 29). A Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentou uma eficiência global de 67,38%, comprovando assim, uma ótima taxa de remoção na depuração da água residuária da granja de suínos. Quanto a Demanda Química de Oxigênio a eficiência global dos biodigestores foi de 52,61%. Dessa forma, constatou-se que a eficiência para a remoção da DQO na UGC está de acordo com a eficiência global encontrada por

Moretti (2009), que resultou em 50,87%, ao analisar o tratamento de dejetos de suínos em confinamento, na qual utilizava em seu sistema de tratamento dois biodigestores em paralelos.

**Tabela 29** - Valores médios e eficiência de remoção de DBO e DQO na UGC

Biodigestor	Parâmetro	DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )
Biodigestor 1 e 2	Afluente	15.756,31	30.043,87
Biodigestor 1	Efluente 1	10.211,56	21.623,42
	Eficiência de Remoção Parcial (%)	35,19	28,03
Biodigestor 2	Efluente 2	5.139,6	14.238,33
	Eficiência de Remoção Parcial (%)	49,67	34,15
Biodigestor 1 e 2	Eficiência de Remoção Global (%)	67,38	52,61

#### 2.4.6. Sólidos Suspensos Totais (SST)

Cortez, Lora e Gómez (2008), considera que o conteúdo de sólidos é o parâmetro físico mais importante para a caracterização de um resíduo obtido no meio rural, pois determinará a necessidade ou não de diluição, bem como a maior ou menor presença de compostos de origem orgânica (sólidos voláteis).

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), a definição dos sólidos diante da classificação da matéria sólida é a seguinte:

a) *Sólidos Totais*: Conteúdo de matéria que permanece como resíduo após evaporação à temperatura de 103 a 105°C. Podem ser classificadas como sólidos em suspensão e sólidos filtráveis. Cada uma dessas categorias de sólidos totais, suspensos e filtráveis pode ser classificada com base na sua volatilidade a 300°C. Dessa forma, a fração orgânica se oxidará a esta temperatura (sólidos voláteis) e a fração inorgânica permanecerá como cinza (sólidos fixos).

b) *Sólidos em Suspensão (Voláteis e Fixos)*: Permite verificar a eficiência de remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis nos decantadores primários. Além

disso, permite a determinação de certos parâmetros de operação como é o caso do índice de lodo e idade do lodo.

c) *Sólidos Dissolvidos (Voláteis e Fixos)*: A proporção de sólidos dissolvidos totais presente como sólido dissolvido, indica a parte do efluente que geralmente não é afetada pelo tratamento primário. Poderá aumentar, em virtude da liquefação e decomposição do material sólido, podendo também diminuir durante o tratamento secundário do efluente, devido à oxidação.

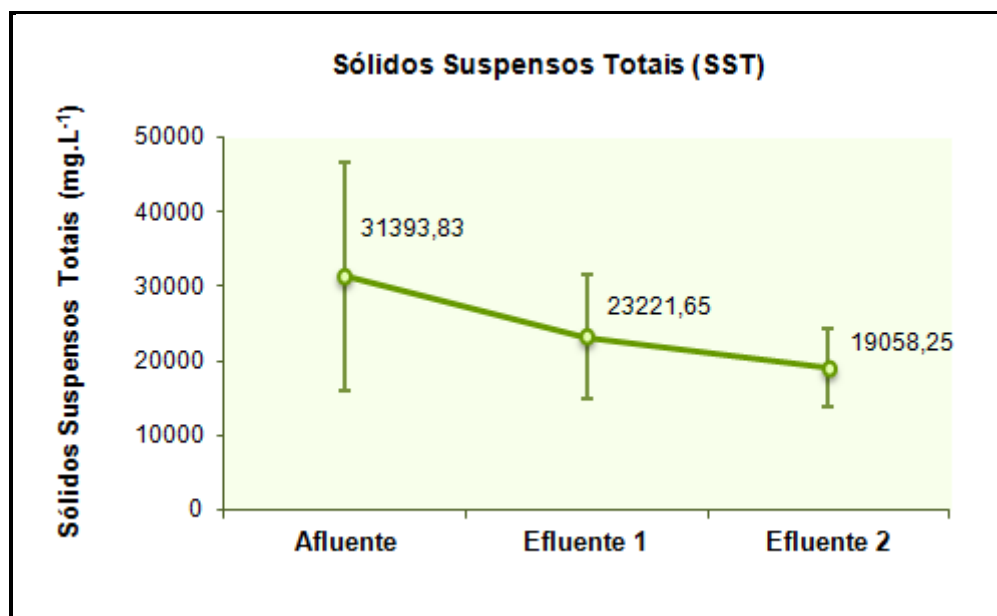
d) *Sólidos Sedimentáveis*: É o volume de sólidos presente no efluente que se sedimenta após um período de tempo de repouso do líquido (60 minutos). Medido em recipiente de cone de Imhoff, expresso em mL/L.

A Figura 47 apresenta a matriz do balanço de sólidos a partir da classificação da matéria sólida.



**Figura 47** - Matriz do balanço de sólidos.  
**Fonte:** Adaptado de Mees (2006).

Os Sólidos Suspensos Totais teve valores médios de 31.393,83 mg.L<sup>-1</sup> no afluente, 23.221,65 mg.L<sup>-1</sup> no efluente 1 e 19.058,25 mg.L<sup>-1</sup> no efluente 2, conforme demonstra a Figura 48.



**Figura 48** - Valores de médios SST nos pontos de amostragem na UGC.

Os Sólidos Suspensos Totais apresentou uma eficiência global do sistema de tratamento de 39,29%. Portanto, os valores de Sólidos Suspensos Totais são aceitáveis para o sistema de tratamento de efluentes na UGC, pois, estão relacionados com a quantidade de matéria orgânica presente na fração sólida da biomassa, ou seja, esta variável está intrinsecamente associada ao potencial de geração de biogás a partir da biomassa residual.

## 2.5. Conclusão

A caracterização da biomassa residual na Unidade Granja Colombari permitiu avaliar o sistema de tratamento empregado, a partir das análises de parâmetros físico-químicos.

Os valores dos parâmetros de pH e alcalinidade mantiveram-se em faixas ideais. A faixa de entrada do pH no afluente manteve-se em 7,66, enquanto a

variação dos efluentes referente aos biodigestores apresentaram-se em faixas de 7,36 a 7,61. As análises de alcalinidade apresentaram valores médios de 8,285,04 no afluente e nos efluentes variou de 10.247,83 a 10.640,92  $\text{mg.L}^{-1}$  de carbonato de cálcio.

A eficiência média de remoção de DBO do sistema foi de aproximadamente 67,38%, sendo a DBO média da biomassa de 15.756,31  $\text{mg.L}^{-1}$  no afluente e na saída dos biodigestores variou de 10.211,56  $\text{mg.L}^{-1}$  a 5.139,6  $\text{mg.L}^{-1}$ , permitindo assim, uma ótima eficiência na remoção da carga orgânica.

O sistema de tratamento de efluentes apresentou eficiência média de remoção de DQO de 52,61%. Os valores médios de DQO foram de 30.043,87  $\text{mg.L}^{-1}$  da biomassa residual gerada no afluente, variando de 21.623,42  $\text{mg.L}^{-1}$  a 14.238,33  $\text{mg.L}^{-1}$  na saída dos biodigestores.

As análises de SST apresentaram valores médios de 31.393,83  $\text{mg.L}^{-1}$  na entrada e na saída do sistema variou de 23.221,65  $\text{mg.L}^{-1}$  a 19.058,25  $\text{mg.L}^{-1}$ , resultando uma eficiência média de remoção de SST de 39,29%, na qual pode ser considerado um importante parâmetro para poder estimar a produção de biogás.

Dessa forma, a caracterização da biomassa residual através das análises físico-químicas mostrou que o processo de tratamento utilizando os biodigestores na Unidade Granja Colombari apresentou uma eficiência condizente com processos anaeróbios semelhantes aos pesquisados por Konzen (1980) e Moretti (2009), para a depuração dos efluentes a partir de dejetos de suínos.

## CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS

### RESUMO

FERNANDES, Dangelia Maria, M. Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2012. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

O uso da biomassa como fonte alternativa de energia, promove um sincronismo com os processos de produção. Nesse caso, a biodigestão anaeróbia dos resíduos animais, como é o caso da suinocultura pode ser considerado um exemplo de sincronismo, pois, permite reduzir o problema da contaminação causada por essa atividade, por meio do saneamento ambiental e produz uma fonte de energia para o meio rural que é o biogás. Realizou-se o plano de monitoramento no sistema de tratamento de efluentes da Unidade Granja Colombari, que utiliza biodigestores para tratar a biomassa residual proveniente de uma granja de suínos em fase de terminação. Esse monitoramento ocorreu durante os meses de Novembro de 2010 a Maio de 2011, possibilitando o levantamento de dados quanto à produção de biogás e geração de energia elétrica na propriedade rural. Os resultados apresentaram que a produção média de biogás na unidade produtiva foi de  $582,64 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ , que viabiliza a geração de eletricidade por um período de oito horas por dia, a partir de motor gerador com potência de 100 kVA. Dessa maneira, biogás formado na granja é utilizado para a geração de energia elétrica, que está inserido no contexto da geração distribuída, permitindo ao produtor utilizar essa energia em sua propriedade e vender o excedente gerado para a companhia de energia elétrica. Através deste exemplo, comprova-se a possibilidade de transformar uma atividade potencialmente poluidora em uma atividade que visa à sustentabilidade.

**Palavras-Chave:** Biomassa Residual, Biogás, Geração Distribuída.



## ABSTRACT

FERNANDES, Dangelia Maria. M. Sc., Western Paraná State University, February, 2012. **Biomass And Biogas Pig Farming**. Advisor: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Advisor: Prof. Dr. Armin Feiden.

The use of biomass as an alternative energy source, promotes synchrony with production processes. In this case, the anaerobic digestion of animal's waste, such as swine can be considered an example of sync, therefore, it allows to reduce the contamination problem caused by this activity, by means environmental sanitation and produces a source of energy for rural areas which is biogas. We carried out the monitoring plan in the treatment system effluent Unit Colombari farm that uses anaerobic digesters to treat residual biomass from a pig farm in the finishing phase. This monitoring occurred during the months November 2010 to May 2011, allowing the data's collection on the biogas production and electricity generation on the farm. The results showed that the biogas average production in the productive unit was  $582.64 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$ , which enables the electricity generation for a period of eight hours per day, from generator's engine with power of 100 kVA. So, biogas formed on the farm is used to electricity generation, which is inserted in the context of distributed generation, allowing the producer to use this energy in his property and sell the surplus generated for the power company. Through this example, it was proved the possibility of transforming a potentially polluting activity in an activity that aims at sustainability.

**Keywords:** Residual Biomass, Biogas, Distributed Generation.

### 3.1. Introdução

A biomassa é um recurso renovável que provém da matéria orgânica que pode ser utilizada como fonte de energia, sob o aspecto energético (VITOR, 2010). Atualmente tem sido objeto de pesquisas as tecnologias de conversão energética da biomassa mais eficientes, tal como a gaseificação da biomassa e o uso do combustível gasoso em turbinas ou micro turbinas a gás ou em células de combustível.

O sistema de produção de biogás por meio de biomassa residual é denominado de biodigestão anaeróbia, um dos processos mais promissores no campo da biotecnologia. Os reatores utilizados para a biodigestão dos resíduos são os chamados biodigestores, o qual além da produção de biogás tem como objetivo o saneamento ambiental.

A biodigestão anaeróbia é o processo mais utilizado no tratamento de dejetos suínos, do qual resulta uma grande produção de gás, composto majoritariamente de metano (OLIVEIRA, HIGARASHI e NUNES, 2003; KUNZ e PALHARES, 2004).

Nesse contexto, Nishimura (2009) destaca que a suinocultura é uma atividade na qual o aproveitamento da energia contida no biogás pode baratear o custo de produção de suínos e melhorar sua eficiência energética. Outro estímulo, é que além do biogás ser utilizado para geração de energia para o consumo da propriedade rural, também poderá ser comercializada a energia excedente, para a concessionária local de energia elétrica pelo processo de geração distribuída.

Dessa maneira, o biogás possui um potencial energético significativo, capaz de ser utilizado para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, podendo vir a se constituir em importante centro gerador de recursos para suprir os custos ambientais das atividades que geram a biomassa residual.

O principal objetivo deste capítulo é avaliar a influência dos parâmetros físico-químicos que compõem o sistema de tratamento da biomassa residual na Unidade Granja Colombari, para determinar a produção e qualidade do biogás na geração de energia elétrica, viabilizados pela geração distribuída.

## 3.2. Revisão Bibliográfica

### 3.2.1. Tecnologia de Geração de Energia a Partir de Biomassa Residual

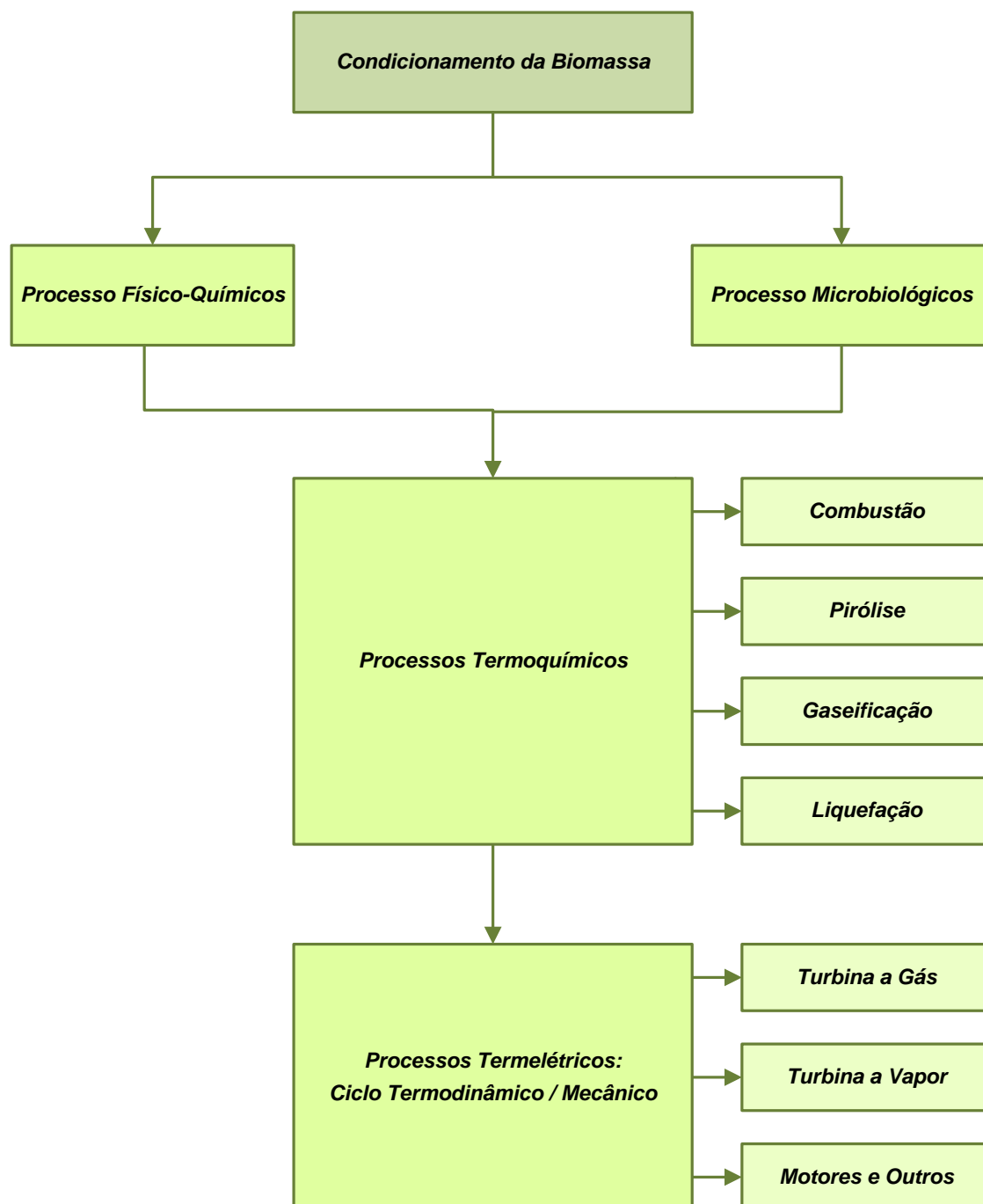
Na análise de tecnologias de fontes energéticas renováveis viáveis para serem empregadas comercialmente, a biomassa, possui a flexibilidade de suprir energia tanto para a produção de energia elétrica quanto para o setor de transporte. Em vista disso, existem diferentes tecnologias de processamento e transformação de energia relativa à biomassa que podem ser utilizadas, mas, existem dois problemas cruciais: O custo da biomassa e a eficiência energética de sua cadeia produtiva (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Segundo Tolmasquim (2003), partindo-se das limitações implicitamente impostas pelo uso da biomassa como fonte de combustível, todo o planejamento do cenário de tecnologias passíveis de serem aplicados à conversão do conteúdo energético primário da biomassa passa pela definição do propósito de uso desta energia.

Por isso, reduzindo-se o perfil de usos da energia às opções de aproveitamento térmico, cogeração ou exclusivamente geração de energia elétrica, verifica-se que, na maioria dos casos, há necessidade de algum processo de tratamento da biomassa para seu aproveitamento energético. Com relação a esses processos, a biomassa pode sofrer três tipos de interferência primária (TOLMASQUIM, 2003):

- *Processos Físico-Químicos:* Como moagem, atomização, secagem, prensagem, extração, etc..
- *Processos Microbiológicos:* Como fermentação para obtenção de álcool etílico, digestão anaeróbia, etc..
- *Processos Termoquímicos:* Podem ser precedidos dos processos anteriores, e incluem combustão direta, gaseificação, pirólise, etc..

A Figura 49 apresenta os processos para o uso da biomassa como fonte primária de energia.



**Figura 49** - Uso da biomassa como fonte primária de energia.  
**Fonte:** Adaptado de Tolmasquim (2003).

Estes processos de alteração das características físico-químicas são necessários, pois, invariavelmente, os combustíveis em sua forma bruta não estão em condições favoráveis ao transporte, manipulação ou mesmo, em uma granulometria adequada, a obter uma boa eficiência de reação associada ao processo selecionado como melhor alternativa tecnológica.

Quanto aos grupos de equipamentos necessários à implementação de um processo termelétrico a partir da biomassa, tem como opção o sistema de conversão energética entre turbina a gás e a turbina a vapor, ou ambas, no caso de ciclo combinado (TOLMASQUIM, 2003).

Portanto, a evolução do mercado das tecnologias de produção de energia a partir da biomassa está majoritariamente associada a aspectos ambientais, priorizando a necessidade de minimização das emissões atmosféricas que causam impactos ambientais.

### **3.2.2. Agroenergia**

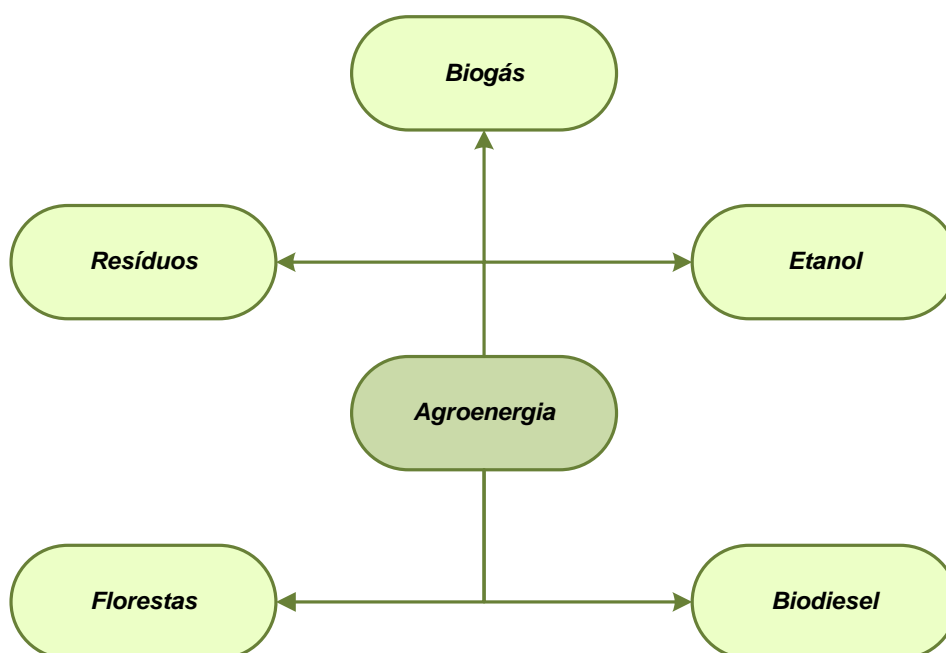
O esforço mundial e brasileiro na busca de suprir as demandas energéticas com base em processos mais sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental, revela um importante espaço para o desenvolvimento da agroenergia (ENNES, 2011).

De acordo com a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2011a), a agroenergia, ou a energia que vem do meio rural, é um conceito em ascensão no mundo. Dessa forma, o meio rural, que até então era entendido como um setor especializado na produção de alimentos passou a ter o seu conceito ampliado diante da necessidade mundial de uma matriz energética limpa.

Ou seja, o meio rural possui uma nova vocação quanto a produção de energia, a produção de energia. Segundo a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2011a), a agroenergia pode ser entendida em duas grandes linhas:

- A primeira corresponde às fontes de energias biológicas, como os biocombustíveis (entre os quais destacam-se o etanol e o biodiesel), a bioenergia elétrica (obtida da degradação da matéria orgânica por microorganismos, o que produz biogás, por sua vez utilizado em geradores de pequeno porte) e a bioenergia térmica (resultado da queima de materiais como madeiras e palhas).
- A segunda refere-se às fontes naturais de energia, não aquelas vinculadas diretamente às atividades agropecuárias. Elas existem abundantemente nos espaços rurais, como a eólica, a solar e, eventualmente, a geotérmica. A instalação de torres eólicas e de painéis solares para geração de energia elétrica é perfeitamente compatível com a manutenção da produção agrícola no mesmo espaço.

A matriz da agroenergia considera cinco grandes grupos, como as florestas, o biogás, o biodiesel, o etanol e os resíduos. Sendo que, das florestas energéticas há diferentes formas de obtenção de energia, como lenha, carvão, briquetes, finos e licor negro. O biogás é originário da digestão anaeróbica da matéria orgânica. O biodiesel pode ser obtido de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos da agroindústria. O etanol, embora possa ser obtido de outras fontes, é integralmente retirado da cana-de-açúcar. E os resíduos, tanto da produção agropecuária, quanto da agroindústria, bem como os dejetos desse processo, podem ser convertidos para diferentes formas secundárias de energia, como briquetes, gás, biodiesel, carvão (BIODIESELBR, 2011). A matriz da agroenergia é apresentada na Figura 50.

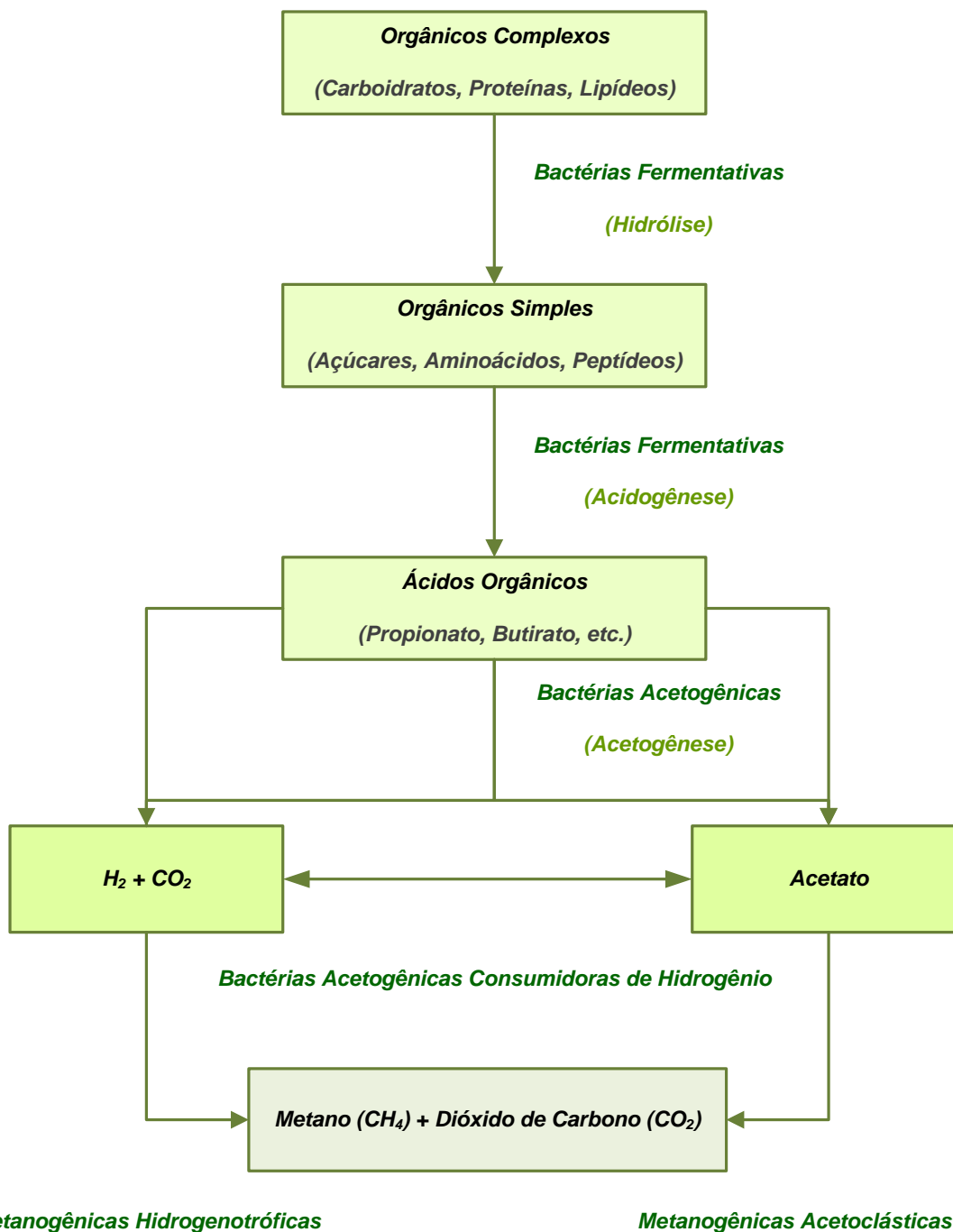


**Figura 50** - Matriz da agroenergia.  
**Fonte:** Adaptado do BiodieselBR (2011).

### 3.2.3. Biogás

O biogás é composto por uma mistura gasosa formada a partir da decomposição da biomassa residual, produzida por bactérias anaeróbicas, cujas percentagens dos gases variam de acordo com as características dos resíduos utilizados e as condições de funcionamento do biodigestor (CCE, 2000).

A Figura 51 apresenta o esquema das quatro fases da produção de biogás no processo de biodigestão anaeróbia.



**Figura 51** - Fases da produção de biogás.

**Fonte:** Adaptado de Van Haandel e Lettinga (1994).

Segundo Chernicharo (1997), a geração de biogás pelo processo de digestão anaeróbia apresenta quatro etapas:

- *Hidrólise*: Por ação de exoenzimas liberadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas, os materiais particulados complexos (polímeros) são convertidos em materiais dissolvidos mais simples, sendo reduzidos em moléculas menores que são capazes de atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas.
  - *Acidogênese*: Por ação de bactérias fermentativas acidogênicas, os compostos formados na fase de hidrólise são convertidos em diversos compostos mais simples, tais como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e gás sulfídrico.
  - *Acetogênese*: As bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas; os produtos gerados são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato.
  - *Metanogênese*: É a etapa final do processo de degradação da matéria orgânica, sendo esta convertida em metano e dióxido de carbono por ação das bactérias metanogênicas.
- *Características do Biogás*

A composição exata do biogás e sua produção dependerá do tipo de biomassa utilizada, do modelo do biodigestor e das condições de operação (temperatura, pressão, pH, tempo de retenção), que são indicativos do funcionamento do processo (SILVA, 1996).

O biogás é uma mistura de gases composta por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e formado também, em quantidade reduzida, por outros gases como hidrogênio (H<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), monóxido de carbono (CO) e amônia (NH<sub>3</sub>). A Tabela 30 apresenta a composição aproximada do biogás.

**Tabela 30** - Composição do biogás

Gases	Quantidade (%)
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 80
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	20 a 40
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1 a 3
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5 a 3
Ácido Sulfídrico (H <sub>2</sub> S) e outros	1 a 5

**Fonte:** La Farge (1979).

Toledo e Lucas Júnior (1997), estudando a produção de biogás a partir de águas residuárias de pocilgas utilizando reatores UASB sob quatro tempos de



retenção hidráulica, concluíram que a composição (porcentagem de metano) do biogás aumenta com o tempo de retenção, enquanto que a produção diminui.

O maior diferencial da produção de biogás esta na quantidade de lipídio (gordura) existente no resíduo (CCE, 2000). A Tabela 31 mostra a produção de resíduo e a de biogás para algumas biomassas.

**Tabela 31** - Produção de resíduo e de biogás para algumas biomassas

Biomassa	Produtividade Anual	Produção de Energia	Rendimento (m <sup>3</sup> gás/ton)
Aguapé	100 ton/ha	73,5 MJ/m <sup>2</sup> .ano	270
Vinhoto	42 m <sup>3</sup> /ha	2,29 MJ/m <sup>2</sup> .ano	20 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Esterco Bovino	3,6 ton/animal	3.620 MJ/animal.ano	37
Esterco Suíno	0,8 ton/animal	1.370 MJ/animal.ano	63
Esterco Avícola	0,065 ton/animal	100 MJ/animal.ano	62
Lixo	0,180 ton/hab	539 MJ/hab.ano	110
Esgoto	0,150 ton/hab	286 MJ/hab.ano	70

Fonte: Silva (1996).

As propriedades físico-químicas do biogás têm natural influência na tecnologia a utilizar para sua depuração e combustão. O biogás como mistura de diferentes gases têm propriedade de acordo com a concentração relativa de cada um desses constituintes. Algumas dessas propriedades são importantíssimas para a engenharia de equipamentos (CCE, 2000).

Dentre elas estão, o poder calorífico inferior, a densidade, os limites de inflamabilidade, a velocidade da chama, a temperatura da chama e a umidade do biogás.

#### *a) Poder Calorífico Inferior e Densidade*

O Poder Calorífico Inferior (PCI) é utilizado para determinar o potencial teórico de energia contido nos combustíveis. Quanto maior a concentração de metano, mais energia por unidade de massa, ou seja, maior o PCI do biogás. A densidade ou peso específico do biogás depende também da concentração de metano (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

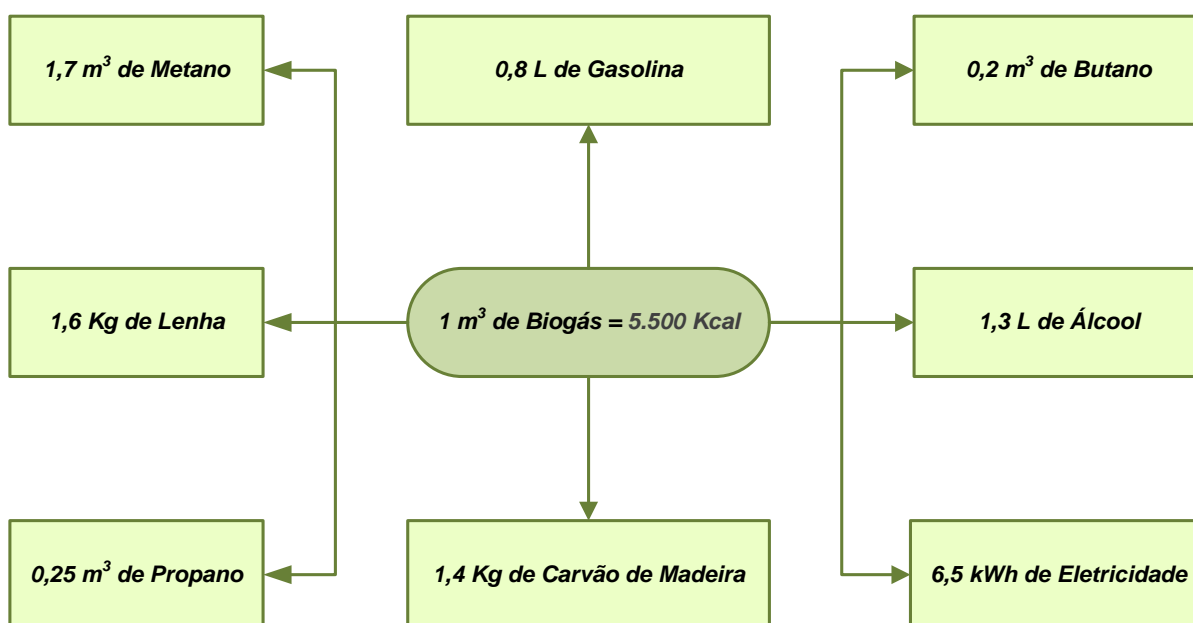
A Tabela 32 mostra a variação do poder calorífico inferior do biogás e a densidade em função da composição de metano.

**Tabela 32** - Densidade e PCI do biogás em função da composição química

Composição Química do Biogás	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kcal/kg)
10% CH <sub>4</sub> e 90% CO <sub>2</sub>	1,8393	465,43
40% CH <sub>4</sub> e 60% CO <sub>2</sub>	1,4600	2.333,85
60% CH <sub>4</sub> e 40% CO <sub>2</sub>	1,2143	4.229,98
65% CH <sub>4</sub> e 35% CO <sub>2</sub>	1,1518	4.831,14
75% CH <sub>4</sub> e 25% CO <sub>2</sub>	1,0268	6.253,01
95% CH <sub>4</sub> e 05% CO <sub>2</sub>	0,7768	10.469,60
99% CH <sub>4</sub> e 01% CO <sub>2</sub>	0,7268	11.661,02

Fonte: Iannicelli (2008).

A Figura 52 mostra a equivalência energética do biogás com 60% de metano quando comparado com outros combustíveis.



**Figura 52** - Equivalência energética do biogás.

Fonte: Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2011).

A Tabela 33 mostra o poder calorífico inferior de alguns combustíveis gasosos.

**Tabela 33** - Poder calorífico inferior de combustíveis gasosos

Gás	PCI (kcal/m <sup>3</sup> )
Metano	8.500
Propano	22.000
Butano	28.000
Gás de Coqueria	4.400
Gás de Cidade	4.000
Gás Natural	8.554
Biogás	5.500

**Fonte:** Iannicelli (2008) e Alves (2000).

### *b) Limites de Inflamabilidade e Velocidade da Chama*

A porcentagem mínima e máxima de um combustível numa mistura ar e combustível, para que, essa mistura entre em combustão, é chamada de limite de inflamabilidade. Para o biogás com 58% de metano, está entre 9 a 17% de biogás no ar e com o aumento do percentual de metano estes valores tendem a decrescer.

A velocidade da chama é a velocidade de uma frente de chama da mistura ar e combustível, efetuada sob determinadas condições. É uma propriedade importante no dimensionamento de queimadores, pois, ajuda a estabelecer a estabilidade da combustão. Também é utilizada na determinação do avanço de ignição nos motores de combustão interna. O seu valor é de 0,25 m/s no ar para o biogás com 58% de metano (BIOGASBURNER, 2011).

### *c) Temperatura da Chama e Umidade do Biogás*

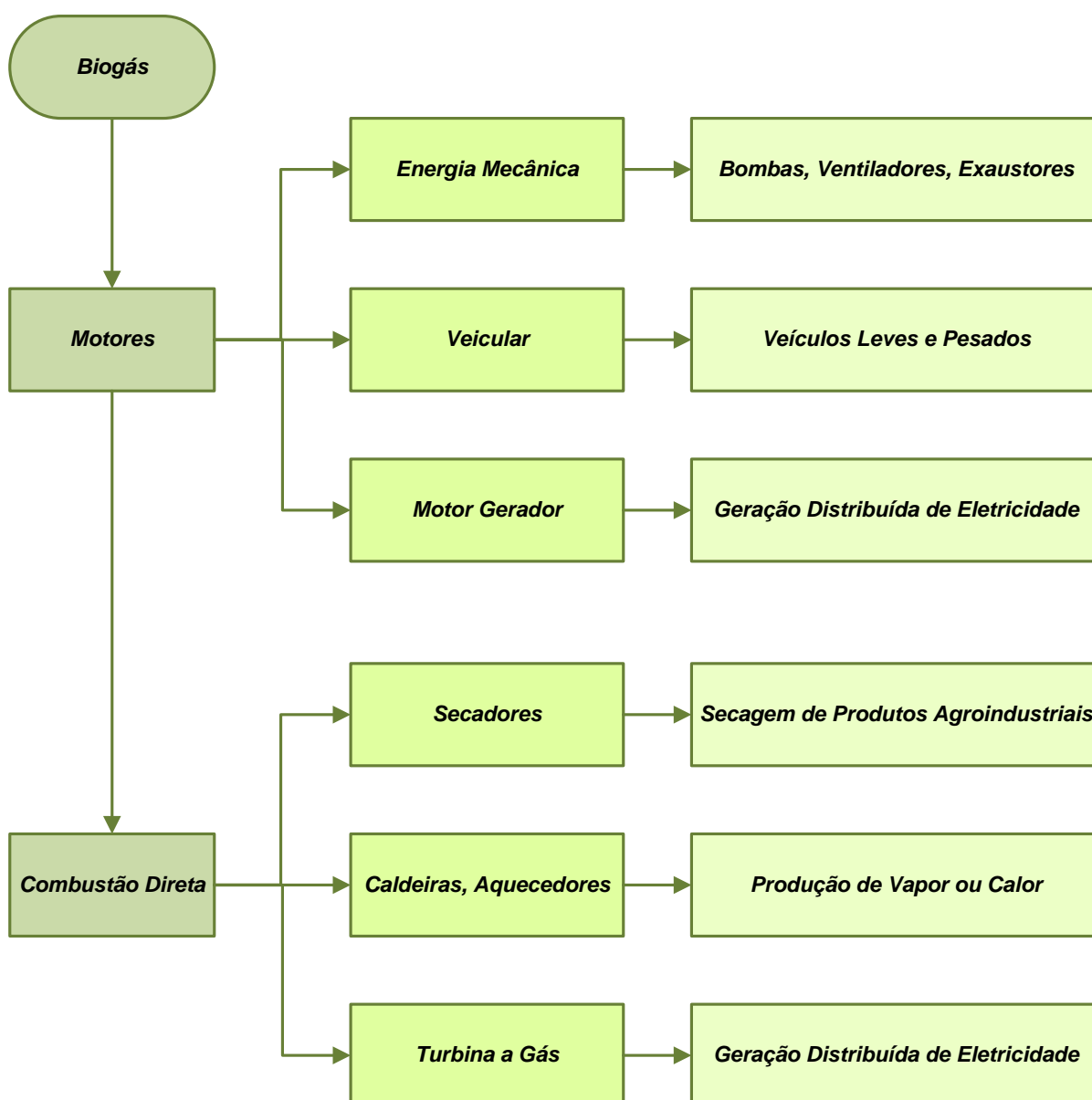
A temperatura da chama é um parâmetro importante na performance dos sistemas de combustão. Sua importância no dimensionamento do sistema, advém da taxa de produção de calor, que é diretamente proporcional a temperatura da chama. A temperatura teórica da chama na queima do biogás decresce em função da maior concentração de dióxido de carbono e umidade (CCE, 2000).

O vapor de água composto no biogás tem um impacto significativo na combustão do biogás, pois, tende a alterar o poder calorífico, limite de inflamabilidade, temperatura da chama e razão ar combustível (WALSH et al., 1989).

### 3.2.4. Produção de Energia Elétrica a Partir do Biogás

Segundo Lindemeyer (2008), um aspecto positivo da geração de energia a partir do biogás é que essa tem grande potencial para impulsionar a economia local, fomentando os setores de indústria e comércio, e também de serviços.

A Figura 53 apresenta o fluxograma que resume as possibilidades de utilização do biogás como um combustível alternativo.



**Figura 53** - Fluxograma resumido das possibilidades de utilização do biogás.

**Fonte:** Adaptado de Walsh et al. (1988) e Centro Para Conservação de Energia (CCE) (2000).

A combustão direta e o uso do biogás em motores seriam os principais tipos de aplicação do biogás. No processo de combustão direta, o biogás é queimado em câmaras de combustão de turbinas a gás, caldeiras, aquecedores e secadores, sendo, o calor liberado na queima e utilizado em processos produtivos ou na geração de eletricidade. E em motores de combustão interna, ele é convertido em potência mecânica, dessa maneira, os motores de combustão interna (máquinas primárias) são acoplados a geradores elétricos, chamados motores geradores, que podem ser utilizados por propriedades rurais e agroindústrias, com disponibilidade de biomassa residual e biogás para a geração distribuída de energia elétrica (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

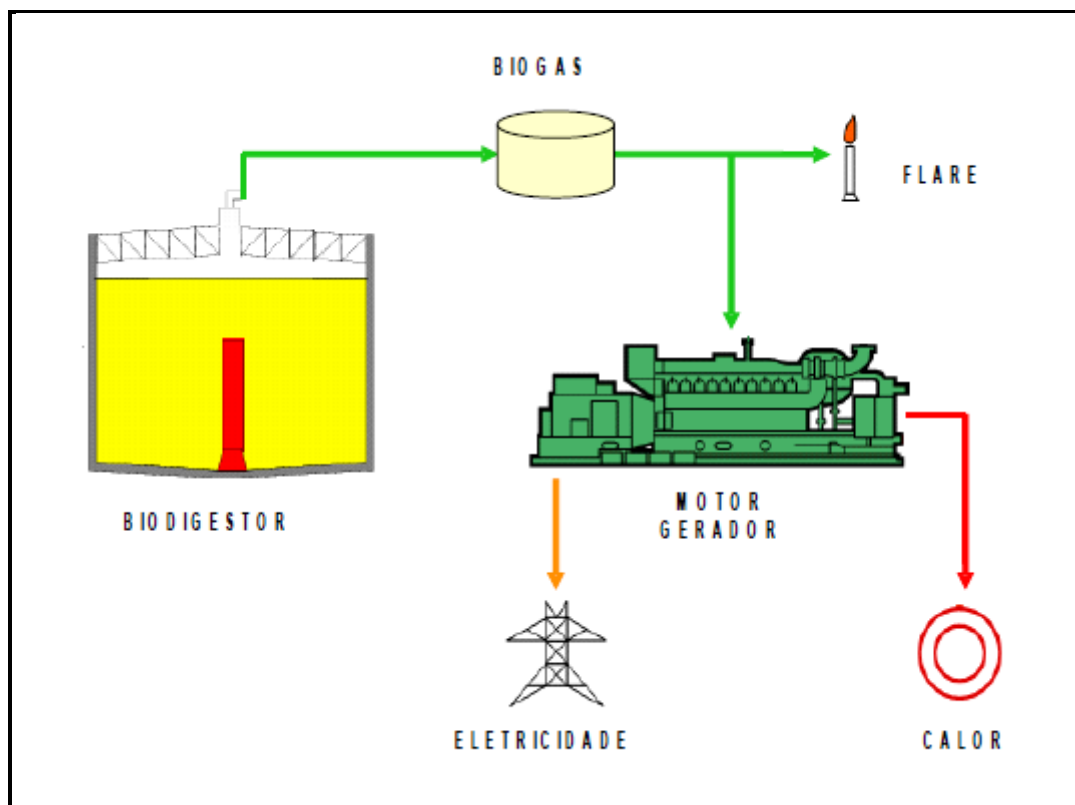
De acordo com Projeto Geração Distribuída (2011), o biogás tem um conteúdo energético elevado, semelhante ao gás natural, podendo substituí-lo em muitas aplicações. A vantagem do biogás em relação ao gás natural é o fato de ser renovável e produzido em todos os locais onde haja disponibilidade de biomassa. A desvantagem é que o poder calorífico do biogás é menor que o do gás natural, mesmo que ambos tenham em sua composição sulfeto de hidrogênio e umidade.

Portanto, essas características do biogás para a produção de energia, abrem novas perspectivas para a economia rural e novas possibilidades de emprego e desenvolvimento profissional para as novas gerações do campo.

- *Motores Geradores de Eletricidade a Biogás*

Os grandes grupos motores geradores a biogás alcançam potências da ordem de 1,6 MW, os quais possuem um sistema de resfriamento a água, onde a água quente e gases de exaustão podem ser utilizados com o auxílio de trocadores de calor (cogeração) para aquecimento do efluente dos biodigestores, produção de água quente para o processo produtivo, aquecimento de construções, produção de frio com o auxílio de sistemas de refrigeração por absorção (refrigeração) e outras aplicações. Sendo que, o uso da energia térmica aumenta a eficiência do sistema (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

A Figura 54 mostra um esquema, onde o biogás produzido no biodigestor é utilizado num motor gerador para produção de calor e eletricidade para a rede, a sobra de produção de biogás é queimada no flare (queimador).



**Figura 54** - Geração de energia elétrica e calor.

**Fonte:** Projeto Geração Distribuída (2011).

Os motores geradores a biogás podem ser utilizados em áreas rurais utilizando biogás proveniente de biomassa vegetal ou resíduos animais, ou em áreas urbanas com biogás de aterro sanitário e de sistemas de tratamento de esgoto industrial ou doméstico.

Existem sistemas em propriedades rurais instalados em todo o mundo para geração de energia, os quais têm potência de geração entre 15 e 50 kW, alguns além de produzir eletricidade para satisfazer a demanda da propriedade utilizam água quente proveniente do calor de arrefecimento do motor (STAHL et al., 1981; COPPINGER, HERMANSON e BAYLON, 1978; KOELSCH e JEWELL, 1982). No Brasil tem crescido continuamente a implantação de sistemas de geração de energia elétrica na área rural, especialmente com resíduos da suinocultura e bovinocultura (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

- *Geração Distribuída*

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) (2011),

Geração Distribuída (GD) é um termo usado para designar a geração elétrica realizada próxima aos consumidores independentemente da potência, tecnologia e fonte de energia.

O conceito de geração distribuída ainda é relativamente recente no Brasil, tanto que a GD foi mencionada pela primeira vez na legislação brasileira em 15 de março de 2004, por meio da Lei nº 10.848, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, que só passou a ter um mercado delimitado e uma definição formal ao Decreto Federal nº 5.163 de 30 de julho de 2004 (CAMARGO, 2006).

De acordo com o Artigo 14 do Decreto Federal nº 5.163 de 30 de julho de 2004, a Geração Distribuída foi conceituada como (BRASIL, 2004):

A produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a ser estabelecida até dezembro de 2004.

Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput.

A geração distribuída se refere a unidades de produção de eletricidade de tamanho reduzido localizados ao longo do sistema de distribuição, que tem como objetivo atender demandas localizadas durante períodos de pico ou então postergando a necessidade de novas instalações ou expansão existentes (JANNUZZI, 2000).

Segundo a Associação Fluminense de Cogeração de Energia (COGEN RIO) (2011), a geração distribuída possui as seguintes características:

Deriva de diversas fontes primárias de energia; Não está vinculada a uma tecnologia específica, visto que diversas oportunidades estão em operação e desenvolvimento; Os equipamentos geradores podem ou não ser de propriedade do consumidor, assim como a gestão e a operação; Não implica em dimensões de geração máxima ou mínima.

As principais tecnologias de geração distribuída são aquelas relacionadas a sistemas de cogeração e energia renovável como geração eólica, sistemas fotovoltaicos, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e uso de biomassa para

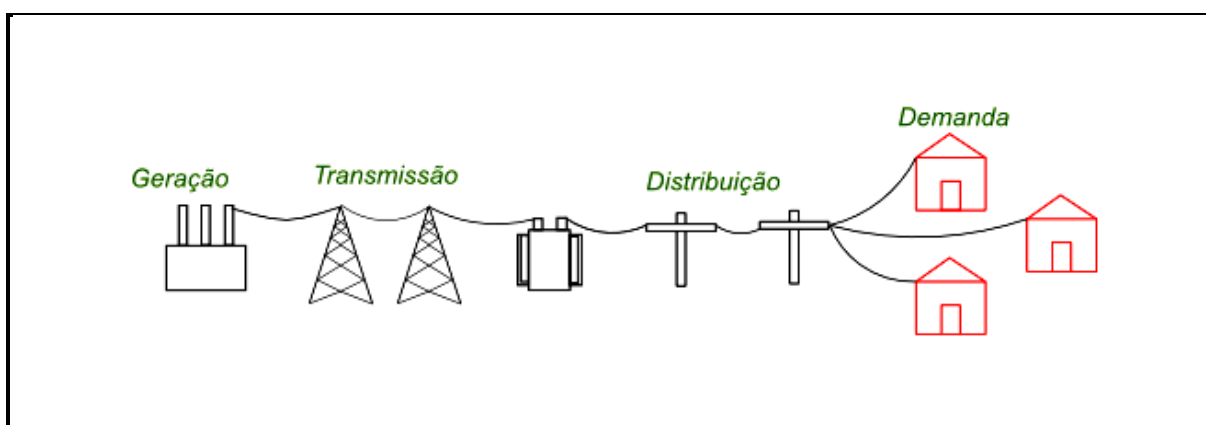
produção de eletricidade. A localização dessas fontes próxima a centros de consumo, possibilita a redução nos custos necessários para transmissão e distribuição para o atendimento de mercados locais (JANNUZZI, 2000).

Segundo a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2011b), para que haja a implantação efetiva da Geração Distribuída no país, é necessário fixar padrões operacionais que garantam a segurança das redes externa e interna, e também a viabilidade econômica da geração em baixa tensão.

Por isso, a GD é fundamental ao processo da garantia de fornecimento mesmo em momentos de racionamento, pois apresenta uma vantagem estratégica: Em princípio independe de redes de transmissão e distribuição de energia das concessionárias e permitem aumentar a eficiência energética (LORA e HADDAD, 2006).

Tradicionalmente, o sistema energético brasileiro atende as demandas segundo o conceito de energia firme, ou seja, energia na maior quantidade e estabilidade possível. Por meio da geração a partir da “energia no atacado”, ou seja, a partir de grandes unidades geradoras, como é o caso das hidrelétricas, termoelétricas e nucleares, que conduz a um modelo estratégico para o país, pois garante a confiabilidade do sistema nacional (PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2011b).

A Figura 55 apresenta o esquema do modelo de geração convencional, que é considerado um modelo de geração centralizado, concentrando os processos de geração, transmissão e distribuição da energia.



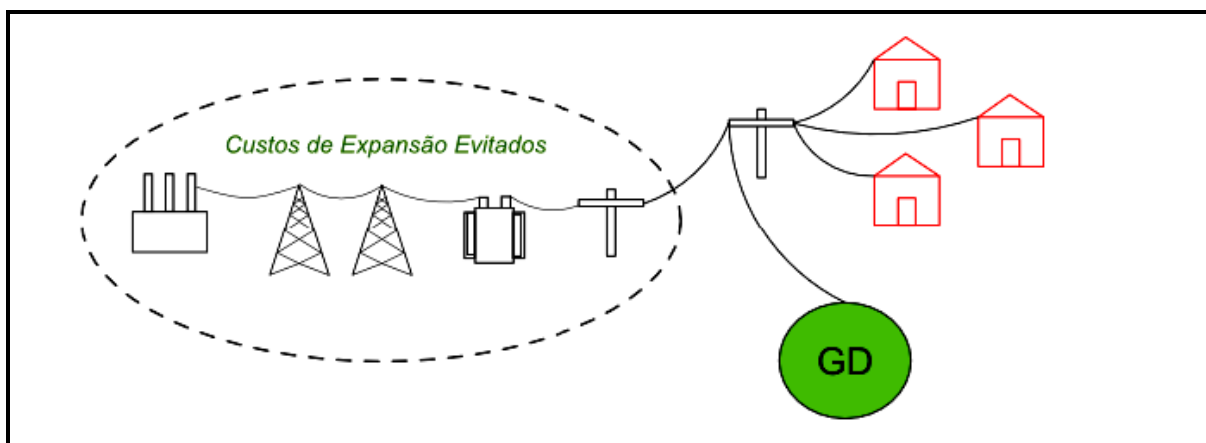
**Figura 55** - Esquema do modelo de geração convencional.

**Fonte:** Adaptado da Coordenadoria de Energias Renováveis (CEB) (2009).



A Geração Distribuída, praticamente elimina os custos de transmissão e distribuição, viabiliza e estabelece uma nova dimensão de geração energética, de forma complementar ao modelo de grande escala (PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2011b).

A Figura 56 mostra o esquema do modelo de geração distribuída, que é produzida de forma especialmente descentralizada e em pequena escala.



**Figura 56** - Esquema do modelo de geração distribuída.

**Fonte:** Adaptado da Coordenadoria de Energias Renováveis (CEB) (2009).

- *Produção de Energia a Partir do Biogás na Suinocultura*

A geração de energia a partir de dejetos de suínos ainda é muito incipiente no Brasil e no mundo. No entanto, a atual conjuntura é bastante favorável para o seu desenvolvimento, em função do ciclo de alta nos preços dos combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural - o qual poderá tornar viável esta modalidade de geração de energia elétrica - e da crescente pressão para internalização de custos decorrentes da degradação ambiental associadas àquela atividade produtiva (LEMOS et al., 2008).

A análise de agroecossistemas sob a ótica de seus fluxos energéticos pode ser um instrumento para avaliação de balanço energético em sistemas de produção de suínos. Os balanços energéticos são indicadores de energia e constituem promissora abordagem técnica para se avaliar e investigar problemas relacionados à sustentabilidade e eficiência de sistemas agrícolas (GIAMPIETRO, CERRETELLI e PIMENTEL, 1992).

A energia consumida no processo produtivo é definida sob duas formas: Direta e Indireta. Na energia direta engloba o combustível fóssil e outras formas de energia derivadas do petróleo, tais como aquelas contidas nos lubrificantes, nos adubos e nos defensivos agrícolas, além do trabalho humano e animal e aquela contida nas sementes e mudas (CAMPOS, 2001; ANGONESE et al., 2006). Ainda conforme esses autores, são denominadas de energia indireta aquelas empregadas na fabricação de maquinários, de construções e de instalações, de sistema de irrigação e de outras entradas de energia necessária à produção.

Na Tabela 34 estão representados os dados de consumo de energia indireta e direta para a produção de suínos em terminação.

**Tabela 34** - Consumo de energia indireta e direta para suínos em terminação

Entradas de Energia	Consumo de Energia (MJ)	Porcentagem (%)
Energia Indireta Total	16.638,03	0,57
Estrutura do Galpão	9.151,14	55
Silo de Ração	890,28	5,35
Biodigestor	3.785,80	22,75
Caixa d'Água	1.002,12	6,02
Decantador e Tanque de Algas	1.808,20	10,87
Energia Direta Total	2.890.311,00	99,43
Ração	2.754.000,00	95,28
Leitões	131.703,00	4,56
Trabalho Humano	3.168,00	0,11
Eletricidade	1.440,00	0,05
Total de Entradas	2.906.949,03	100

**Fonte:** Angonese et al. (2006).

Como apresentado na Tabela 3, nota-se que a maior parte da energia consumida no sistema é representado pela energia direta com 99,43%, sendo o gasto energético com ração o mais expressivo com 95,28%, enquanto a energia elétrica representa apenas 0,05% deste montante, sendo utilizada nos galpões para alimentação, iluminação e, principalmente, na manutenção do conforto térmico animal.

Sarubbi (2005) comenta que a incorporação de novas tecnologias provenientes de outros países, especialmente as tecnologias para melhorar o

ambiente para animais, reflete diretamente na relação custo/benefício da atividade agrícola, sendo de extrema importância a quantificação de custos.

Pereira, Maia e Camilot (2009) realizaram um levantamento em dez propriedades suinícolas do Mato Grosso (MT) e os dados de custos com energia elétrica são apresentados na Tabela 35.

**Tabela 35** - Custo anual de energia elétrica na suinocultura

Granjas	Número de Suínos	Custo de Energia Elétrica (R\$.ano <sup>-1</sup> )
1	600	1.920
2	2.400	6.000
3	4.320	5.760
4	30.000	38.039
5	25.794	34.000
6	19.200	25.100
7	16.800	22.100
8	36.000	40.000
9	640	1.800
10	15.600	22.200

**Fonte:** Pereira, Maia e Camilot (2009).

Os custos de energia elétrica encontrados por Pereira, Maia e Camilot (2009) variaram de 0,003 a 0,035 R\$.suíno<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, sendo que a média ficou em 0,008 R\$.suíno<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>.

Segundo Oliveira e Simon (2011), o uso da energia elétrica pode melhorar o valor da produção agropecuária pela modernização de processos produtivos que agregam valor ao produto como utilização de desintegradores, resfriadores e do bombeamento de água.

O principal consumo de energia elétrica é em equipamentos está associado ao uso de equipamentos para climatização artificial devido ao clima do Brasil. De acordo com Giroto e Protas (1994), o consumo médio da energia elétrica por suíno terminado no Brasil é de 2,03 kWh.animal terminado<sup>-1</sup>.

A suinocultura é uma atividade caracterizada pelo alto consumo de energia sendo, portanto, o reaproveitamento da energia contida no biogás um processo que pode baratear o custo de produção de suínos e melhorar sua eficiência energética (NISHIMURA et al., 2008).

Além disso, o aproveitamento energético dos dejetos gerados pela suinocultura, dentro do próprio agroecossistema, reduz a contaminação exterior dos recursos naturais, sendo essa uma das vantagens dos sistemas biointegrados (ANGONESE et al., 2006).

Nesse contexto, o biogás é um combustível gasoso, podendo ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, dentro de uma propriedade rural, contribuindo para a redução dos custos de produção (SOUZA et al., 2004).

Quando manejado adequadamente, o biodigestor instalado nas propriedades produtoras de suínos pode produzir biogás com uma eficiência variando entre 0,35 a 0,60 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> de biomassa. Para uma produção de biogás com uma maior eficiência o manejo dos dejetos na unidade produtora deve buscar obter a maior concentração possível de sólidos voláteis e evitar o desperdício de água (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

A respeito da capacidade de produção de biogás, Souza et al. (2004) afirma que, o tamanho das propriedades de suinocultura influi no volume de produção do biogás, sendo que estas podem variar de pequenas propriedades, com capacidade de 100 matrizes, até grandes propriedades, com mais de 2.500 matrizes. Dado que o índice teórico de produção de resíduo é de 72 litros dia<sup>-1</sup>suíno<sup>-1</sup>, resultando em 0,775 m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup>suíno<sup>-1</sup> de biogás. Almeida et al. (2008), cita para uma eficiência do processo de 60,5%, tem-se a produção de metano em função da carga orgânica de 0,504 m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup>suíno<sup>-1</sup>.

Noronha e Gimenes (2008) afirmam que em granja suinocultora operando em ciclo completo, com 200 matrizes, a produção de dejetos chega a 4.146,3 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup>, gerando uma produção média de 1.762,18 m<sup>3</sup> de biogás, cerca de 0,025 m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup>suíno<sup>-1</sup>. Este volume permitiria que o sistema gerador de energia elétrica funcionasse por um período de 6 horas diárias.

Konzen (1983) afirma que 1 m<sup>3</sup> de esterco de suínos produz em torno de 50 m<sup>3</sup> de biogás, ou seja, aproximadamente 0,051 m<sup>3</sup> de biogás por kg de dejetos. Já Lucas Júnior (1998) estimou o potencial de produção de biogás a partir de dejetos suínos de 0,1064 m<sup>3</sup> de biogás por kg de dejetos.

Estima-se que a população brasileira de suínos gere dejetos suficientes para se produzir cerca de 4 milhões de m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup> de biogás. Esse biogás poderia gerar aproximadamente 2 milhões de kwh de energia elétrica por dia, o que representa 60 milhões de kwh por mês. Admitindo-se um consumo médio mensal de 170 kwh, a

energia elétrica produzida a partir da suinocultura brasileira poderia atender mais de 350 mil residências (LIMA, 2007).

### **3.3. Material e Métodos**

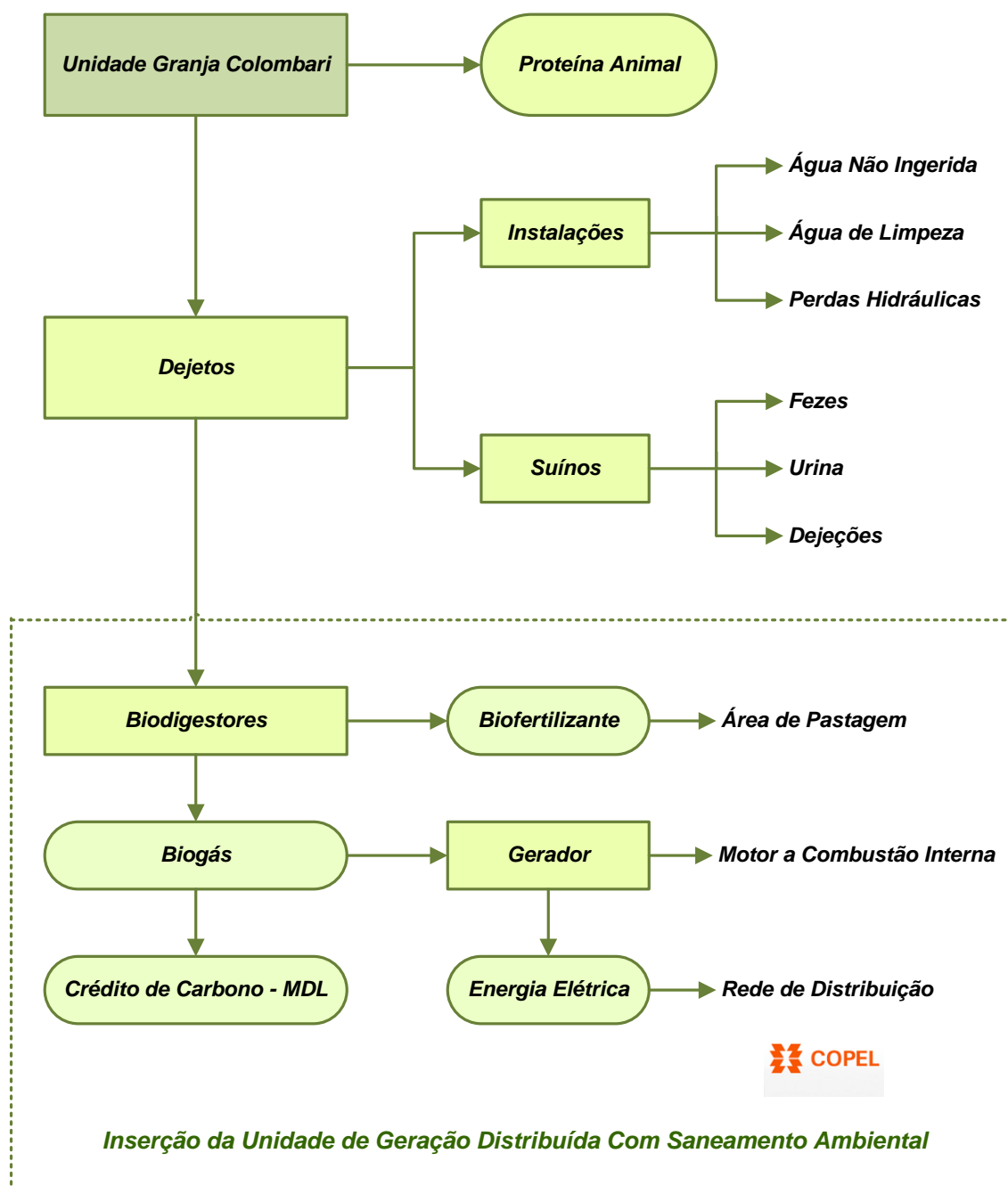
Nesse capítulo será apresentado o plano de monitoramento do sistema de tratamento da biomassa residual, visando à produção de biogás e geração de energia elétrica na unidade produtiva.

#### **3.3.1. Descrição da Inserção do Processo de Geração Distribuída**

A metodologia da inserção da Geração Distribuída na Unidade Granja Colombari está associada à geração de biomassa residual proveniente de dejetos de suínos, que por meio do processo de biodigestão anaeróbia é tratada em biodigestores, gerando como subprodutos desse processo, o biofertilizante aplicado na pastagem para a criação dos bovinos de corte e o biogás utilizado para a geração de energia elétrica, que sustenta todo o consumo interno da propriedade rural. O excedente de energia elétrica gerada é comercializado à distribuidora de energia local, a Companhia Paranaense de Energia (COPEL).

Dessa forma, o biogás além de gerar energia elétrica, proporciona também a comercialização dos créditos de carbono viabilizados pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

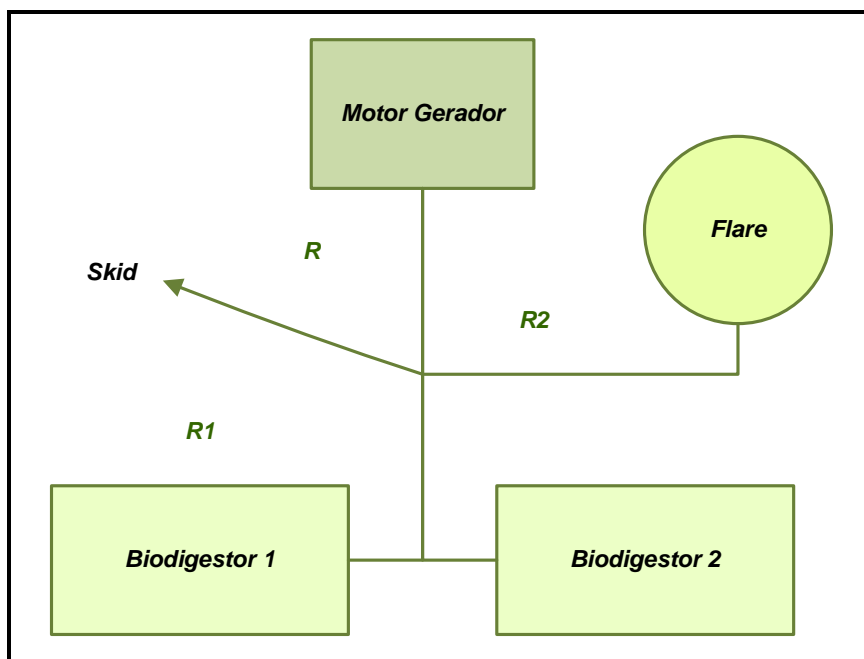
A Figura 57 apresenta a inserção da Geração Distribuída na Unidade Granja Colombari. A inserção da GD na Unidade Granja Colombari apresentou um desempenho que pode ser considerado satisfatório, viabilizando tecnicamente a GD para geração em microescala



**Figura 57** - Inserção da geração distribuída na Unidade Granja Colombari.  
**Fonte:** Adaptado de Toyama et al. (2010).

- *Biogás Para Geração de Energia*

A tubulação para transporte de biogás na Unidade Granja Colombari é constituída de três ramais (Figura 58), tais como: a) R1: Ramal de equalização dos dois biodigestores e de saída de biogás; b) R2: Ramal que leva o gás do skid ao flare; c) R: Ramal principal, que leva o gás do biodigestor até o motor gerador.



**Figura 58** - Tipologia dos ramais da UGC.

**Fonte:** Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2011).

O medidor de vazão de biogás instalado no *skid* necessitou da instalação de um compressor radial (*booster*) para funcionamento adequado com os seguintes parâmetros: Vazão na faixa de 1,8 a 2,5  $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  de biogás; pressão de insulflamento na faixa de 1.500 a 2.000 mmca; potência entre 0,5 e 1 C.V.

O compressor auxilia no transporte do biogás para o flare e o motor gerador, por isso, a tubulação nos ramais R1 e R2 são menores. A Figura 59 mostra a tubulação de equalização dos biodigestores 1 e 2.



**Figura 59** - Tubulação de equalização e saída de biogás dos biodigestores 1 e 2.

A Figura 60 mostra o *skid*, onde está instalado um medidor de fluxo de biogás e a partir do qual sai o ramal R até o motor gerador, bem como o ramal R2, que conduz o biogás até o flare.



**Figura 60** - *Skid* instalado na UGC.

Portanto, a vazão do biogás na tubulação é função do consumo de biogás no motor gerador, o qual foi assumido, para fins de cálculo, como 56 m<sup>3</sup>/h de vazão no ramal R. O flare é ligado para queimar biogás e aliviar a pressão caso o motor gerador não consuma o biogás da rede e a pressão do biodigestor alcançar o limite de 20 mmca.

- *Sistema de Geração de Energia*

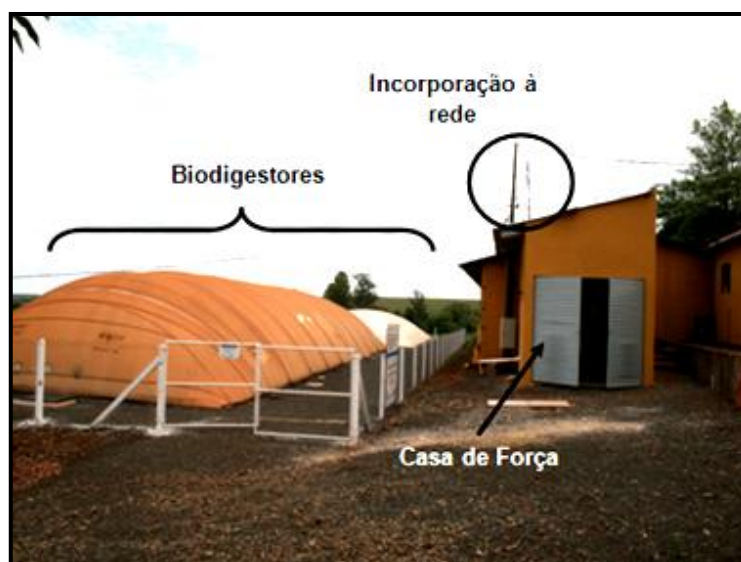
A geração de biogás na Unidade Granja Colombari é utilizada para a produção de energia elétrica através de um motor gerador com potência de 100 kVA (Figura 61) armazenado na casa de força, que produz 80 kWh para atender as atividades internas da propriedade rural, como o conjunto motobomba de distribuição de dejetos para a fertiirrigação, a fábrica de ração para alimentar os suínos e as quatro residências localizadas na propriedade rural. Sendo assim, o grupo motor gerador opera em função da disponibilidade de biogás nos biodigestores, sendo dimensionado para operar aproximadamente 8 horas por dia.





**Figura 61** - Motor gerador de 100 kVA a biogás instalado na UGC.

Em 10 de janeiro de 2008, através da Chamada Pública Nº 05/2008 da COPEL, autorizada pela Resolução Autorizativa ANEEL Nº 1.482, de 29 de julho de 2008 (Anexo A), deu-se início ao comissionamento, ou seja, a aceitação da energia excedente da Unidade Granja Colombari para ser injetada na rede elétrica da concessionária, conforme apresenta a Figura 62.



**Figura 62** - Comissionamento de energia elétrica na rede da COPEL.

Portanto, o excedente de energia elétrica gerada é comercializado à COPEL, a partir de um contrato de quatro anos, assinado em fevereiro de 2009 entre o produtor e a concessionária de energia, com prazo de encerramento previsto para

agosto de 2012. Neste contrato, o valor do MW (Megawatt) produzido de energia foi de R\$ 128,50 e em março de 2010, esse valor foi reajustado para R\$ 134,50. Dessa maneira, quando há energia excedente na unidade produtiva, o produtor pode ter um retorno financeiro de aproximadamente de R\$ 3.000,00 mensais.

Diante disso, a propriedade rural foi considerada a primeira Microcentral Termelétrica a Biogás do país, a ser monitorada pela COPEL. Dessa forma, os resultados obtidos com essa unidade produtiva a partir da inserção da GD, foram importantes para colaborar no reconhecimento à incorporação de pequenos produtores de energia ao sistema elétrico brasileiro, e permitir o estabelecimento dos requisitos técnicos necessários para que as companhias de eletricidade possam contratar e utilizar energia elétrica provenientes de outras centrais elétricas, como usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, incluso neste grupo, energia proveniente do biogás, conforme preconiza a Resolução Normativa ANEEL Nº 390, de 15 de dezembro de 2009, apresentada no Anexo B.

### 3.3.2. Plano de Monitoramento da Unidade de Geração Distribuída

Realizou-se um plano de monitoramento do sistema de tratamento da biomassa residual na Unidade Granja Colombari associado à produção de biogás e eletricidade, por um período de sete meses, de Novembro de 2010 a Maio de 2011.

A Tabela 36 apresenta os principais parâmetros monitorados e os métodos de medição realizados na Unidade Granja Colombari.

**Tabela 36** - Parâmetros monitorados e métodos de medição realizados na UGC










Parâmetro	Função	Medidor / Método	Ilustração
Parâmetros de qualidade do efluente: pH, alcalinidade, DBO, DQO e ST	Avaliar a qualidade do efluente e operação dos biodigestores	Coleta de amostras durante duas vezes por semana. Envio das amostras para laboratório especializado	

Tabela 36 - Continuação

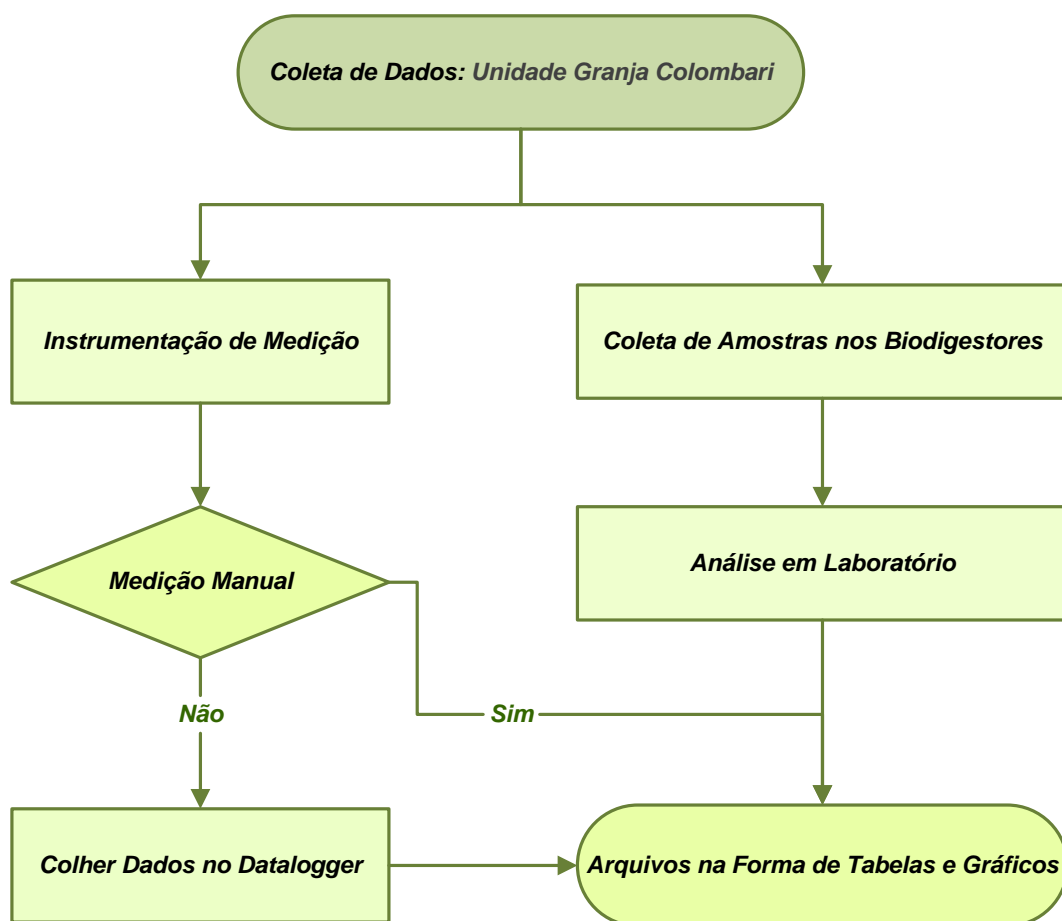
Parâmetro	Função	Medidor / Método	Ilustração
Vazão do efluente nos biodigestores	Avaliar a eficiência do biodigestor e estimar a produção de biogás	Reservatório de volume conhecido	
Consumo de água	Avaliar a água residual gerada na unidade produtiva	Hidrômetro	
Temperatura do biogás e temperatura ambiente	Operação dos biodigestores	Termopares tipo J ou K	
Produção de eletricidade no motor gerador	Análise da viabilidade da geração distribuída e desempenho do motor gerador	Painel do GCP-22/Woodward	
Pressão nos biodigestores	Controle da pressão nos biodigestores	Transdutor de pressão	
Concentração de metano no biogás	Avaliar a qualidade do biogás (Poder calorífico)	Medidor portátil tipo eletroquímico	
Concentração de sulfeto de hidrogênio	Avaliação da qualidade do biogás (Poder de corrosão)	Medidor portátil tipo eletroquímico	
Fluxo de biogás	Produção de biogás nos biodigestores e consumo de biogás no motor gerador	Medidor de fluxo termal	

Fonte: Projeto Geração Distribuída (2011).

Esse monitoramento teve a prioridade de ser qualitativo e quantitativo, sendo de suma importância para avaliar o tratamento da biomassa residual e seu processamento para produção de biogás e geração de eletricidade.

Após o monitoramento, as análises qualitativas e quantitativas poderão ser correlacionadas, com o objetivo de avaliar a influência dos parâmetros físico-químicos que compõem o efluente na produção e qualidade do biogás na granja.

A Figura 63 apresenta um fluxograma do esquema de coleta e armazenamento dos dados. Os dados podem ser obtidos por instrumentos conectados a um *datalogger*, ou manualmente e armazenado em arquivo na forma gráfica ou em tabelas. Alguns dados, como por exemplo, os de qualidade da biomassa, são obtidos por análise de amostras em laboratório.



**Figura 63** - Fluxograma da lógica de coleta e armazenamento dos dados.  
**Fonte:** Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2011).

Dentre os parâmetros mostrados acima, uma unidade de geração de energia elétrica com biomassa residual deve coletar e armazenar no mínimo os seguintes

dados: Temperatura ambiente e do biogás, pressão nos biodigestores, produção de eletricidade.

### 3.4. Resultados e Discussão

#### 3.4.1. Produção de Biogás

A produção diária mensal média de biogás na Unidade Granja Colombari está apresentada na Tabela 37, a qual foi obtida no processo de monitoramento com medidor de fluxo termal. A produção média de biogás na UGC é de 582,64 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 37** - Produção média de biogás na UGC

Mês	Produção de Biogás na UGC (m <sup>3</sup> /dia <sup>-1</sup> )
Novembro/2010	561,70
Dezembro/2010	386,92
Janeiro/2011	678,21
Fevereiro/2011	702,25
Março/2011	702,25
Abril/2011	520,81
Mai/2011	526,36
Média	582,64

#### 3.4.2. Índices de Correlação de Produção de Biogás

A Tabela 38 apresenta os índices de correlação, obtidos nos meses de Novembro de 2010 a Maio de 2011: a) Produção de biogás por animal alojado por dia (Biogás - Animal); b) Produção de biogás por sólidos suspensos totais que entram no biodigestor por dia (Biogás - SST); c) Produção de biogás por demanda química de oxigênio que entra no biodigestor por dia (Biogás - DQO).

**Tabela 38** - Índices de produção de biogás na UGC

Mês	Animais. dia <sup>-1</sup>	Biogás - Animal (m <sup>3</sup> de biogás.animal <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Biogás - ST (m <sup>3</sup> de biogás.kg SST <sup>-1</sup> )	Biogás - DQO (m <sup>3</sup> de biogás.kg DQO <sup>-1</sup> )
Novembro/2010	4.400	0,13	0,59	0,61
Dezembro/2010	4.400	0,09	0,36	0,31
Janeiro/2011	4.400	0,15	0,79	0,60
Fevereiro/2011	4.400	0,16	0,60	0,69
Março/2011	4.400	0,16	0,62	0,68
Abril/2011	4.865	0,11	0,36	0,41
Mai/2011	4.865	0,11	0,27	0,40
Média	4.533	0,13	0,51	0,53

A Tabela 38 foi obtida por meio do monitoramento da produção de biogás, número de animais confinados e parâmetros físico-químicos (índices que correlacionam a produção de biogás por animal confinado, por Sólidos Suspensos Totais e Demanda Química de Oxigênio da biomassa adicionada nos biodigestores).

Esses índices são importantes, pois mostram o desempenho do processo de biodigestão anaeróbia na UGC com a utilização de biodigestores, modelos canadenses com tempo de retenção hidráulica de 30 dias.

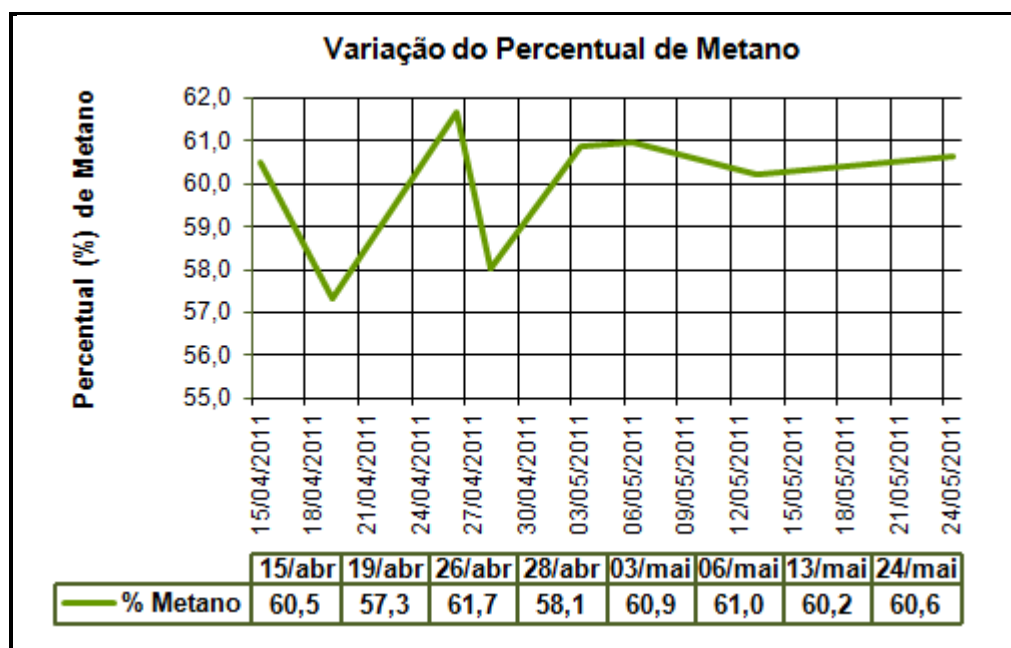
Conhecendo-se os parâmetros físico-químicos (SST e DQO) da biomassa resultante do processo de criação de suínos de uma propriedade agrícola e utilizando-se os índices mostrados na tabela é possível estimar com confiabilidade o potencial de produção de biogás para fins de geração distribuída numa propriedade de criação de suínos que tem intenção de utilizar um biodigestor equivalente ao implantado na UGC.

Segundo Angelidaki e Ellegaard (2003) e Astals et al. (2011), a produção de biogás específica em função da Demanda Química de Oxigênio adicionada está entre 0,275 e 0,583 m<sup>3</sup>.kg DQO<sup>-1</sup>, ou seja, o valor encontrado neste estudo está entre o encontrado pelos autores.

### 3.4.3. Qualidade do Biogás Produzido

### a) Concentração de Metano

A Figura 64 mostra os resultados do monitoramento da concentração de metano ( $\text{CH}_4$ ) no biogás produzido nos biodigestores da UGC, durante o período de 15/04/2011 a 24/05/2011.



**Figura 64** - Variação do percentual de metano na UGC.

O percentual de metano encontrado no biogás da UGC tem 60% de concentração em média, o que corresponde a um poder calorífico de  $5,97 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$  (IANNICELLI, 2008). Com esse valor energético o biogás da UGC, atualmente é convertido em energia elétrica em motor gerador.

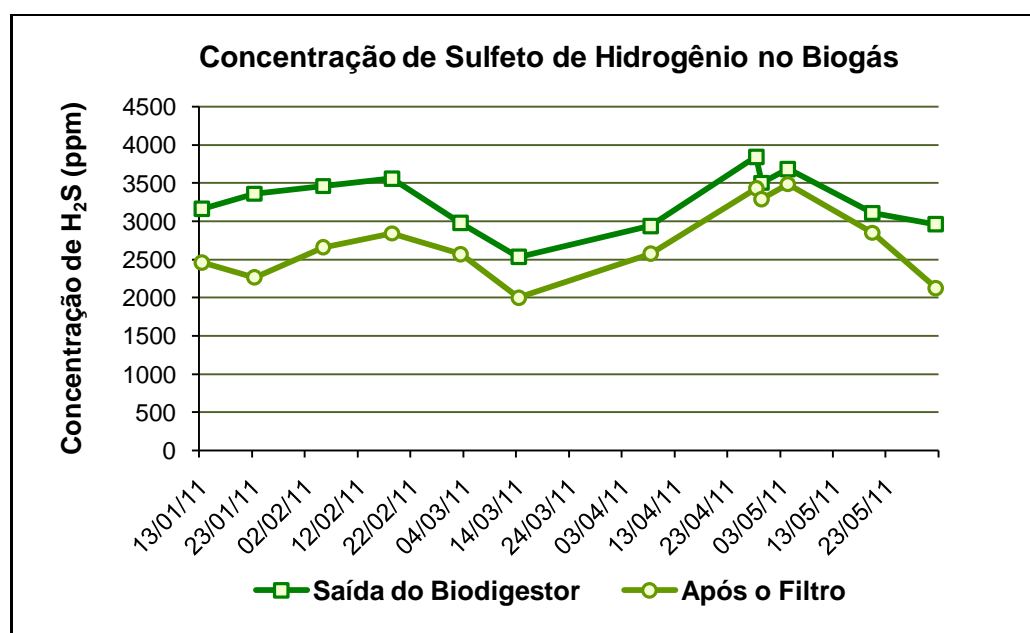
### b) Concentração de Sulfeto de Hidrogênio

A Tabela 39 apresenta as medidas de concentrações de sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) no biogás, na saída do biodigestor e após o filtro de limalha de ferro instalado na UGC. A concentração média de  $\text{H}_2\text{S}$  no biogás na saída do biodigestor é de 3.258 ppm, o qual após passar pelo filtro com limalha de ferro, instalado antes do motor gerador, é de 2.712 ppm, com uma remoção média de 545 ppm.

**Tabela 39** - Dados de concentração de sulfeto de hidrogênio no biogás da UGC

Datas	Concentração de Sulfeto de Hidrogênio (H <sub>2</sub> S - ppm)		Remoção (ppm)	Eficiência da Remoção (%)
	Saída do Biodigestor	Após o Filtro de H <sub>2</sub> S		
13/01/2011	3.160	2.462	698	22,10
23/01/2011	3.360	2.264	1.096	32,60
05/02/2011	3.460	2.658	802	23,20
18/02/2011	3.560	2.840	720	20,20
03/03/2011	2.978	2.570	408	13,70
14/03/2011	2.534	1.998	536	21,20
08/04/2011	2.940	2.576	364	12,40
28/04/2011	3.844	3.430	414	10,80
29/04/2011	3.502	3.290	212	6,00
04/05/2011	3.685	3.485	200	5,40
20/05/2011	3.108	2.848	260	8,40
01/06/2011	2.960	2.126	834	28,20
Média	3.258	2.712	545	17

A Figura 65 apresenta as concentrações de sulfeto de hidrogênio no biogás da Unidade Granja Colombari, que foram medidas na saída do biodigestor e após o filtro.

**Figura 65** - Concentração de sulfeto de hidrogênio no biogás da UGC.



Observou-se que na UGC um método mais efetivo de remoção do sulfeto de hidrogênio deve ser aplicado para abaixar esse valor para no mínimo 1.000 ppm. Dentre as alternativas estão o redimensionamento do filtro de limalha de ferro e a inserção de cloreto de ferro no efluente que entra no biodigestor.

#### 3.4.4. Temperatura e Pressão do Biogás

##### a) Temperatura Ambiente e Temperatura do Biogás

A Figura 66 apresenta as médias mensais da temperatura ambiente e da temperatura do biogás na Unidade Granja Colombari, referente aos meses de novembro de 2010 a maio de 2011 (Apêndice E).

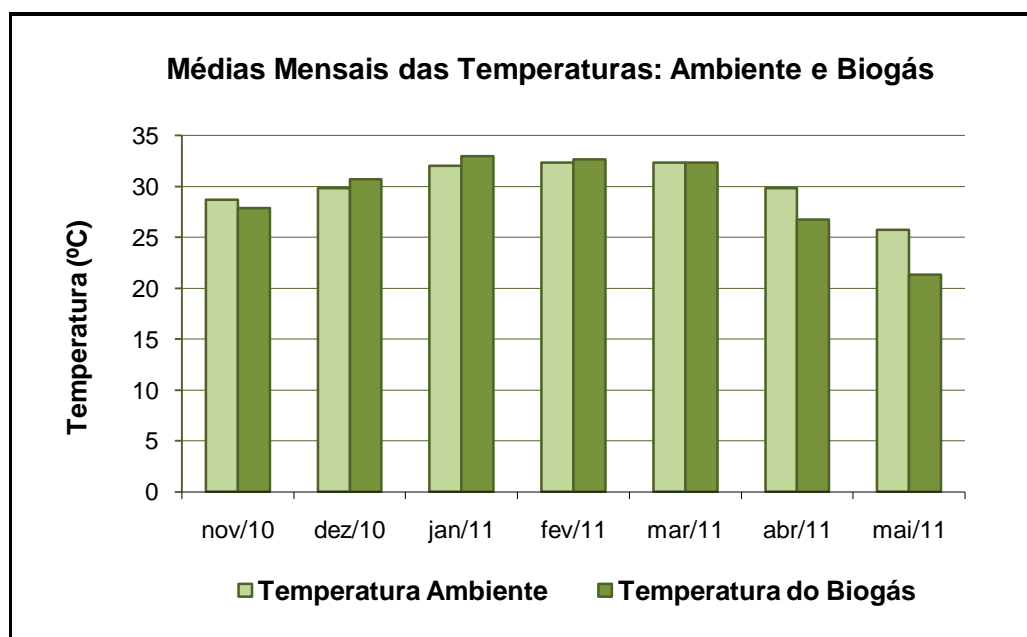
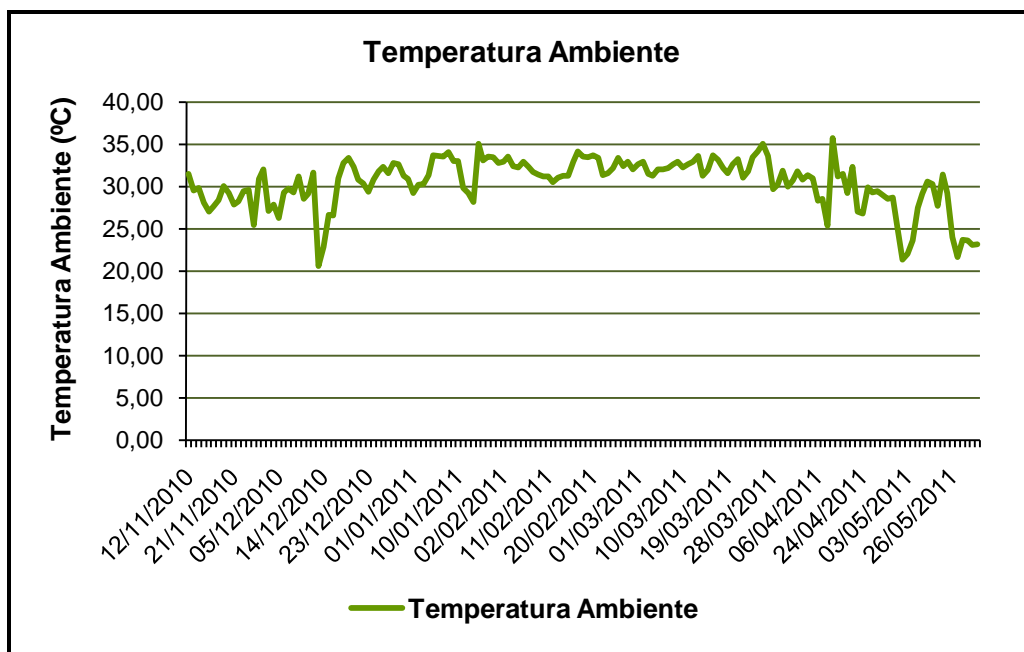


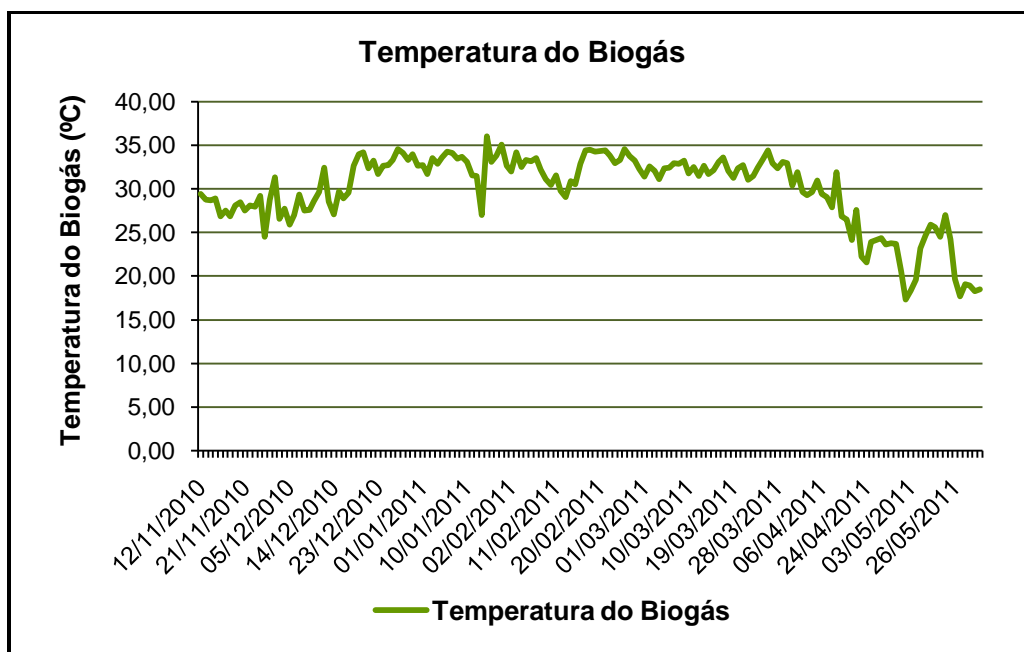
Figura 66 - Médias mensais das temperaturas ambiente e do biogás na UGC.

A Figura 67 mostra a variação da temperatura ambiente na UGC, com uma temperatura média de 30,5°C.



**Figura 67** - Temperatura ambiente na UGC.

A Figura 68 apresenta variação da temperatura do biogás produzido na UGC, com uma temperatura média de 29,8°C.



**Figura 68** - Temperatura do biogás na UGC.

*b) Pressão do Biogás*

Observou-se que a pressão média foi de 1,40 mmH<sub>2</sub>O (Apêndice F). Sendo que, entre os meses de dezembro de 2010, janeiro e abril de 2011 as pressões foram maiores, pois, os biodigestores estavam com um maior volume de gás armazenado no gasômetro, mas a partir da operação diária do motor gerador, os níveis de pressão permaneceram menores.

De acordo com os dados de pressão do biogás nos biodigestores da UGC, ressalta-se que a mesma depende do controle exercido no sistema por válvulas e que mesmo assim, essa pressão possui uma variação devido principalmente a variação da temperatura e dos processos biológicos.

Dessa maneira, para garantir a vida útil da lona geomembrana dos biodigestores (gasômetro) e segurança é importante que o nível de pressão no interior do biodigestor não ultrapasse 12 mmca e não seja inferior a 3 mmca. No caso da UGC, em alguns momentos o nível de pressão foi elevado, mas encontra-se estável.

#### **3.4.5. Produção de Energia Elétrica**

O grupo gerador da Unidade Granja Colombari está programado para operar com uma potência máxima de 75 kW e um consumo máximo de 52 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> de biogás, obtido a partir do monitoramento da operação da planta, tem-se um consumo específico de 0,694 m<sup>3</sup>.kWh<sup>-1</sup> de eletricidade gerada. Portanto, o biogás gerado apresenta um percentual de metano de 60%, tendo um poder calorífico médio de 5,97 kWh.m<sup>-3</sup>, ou seja, a eficiência de conversão de biogás em eletricidade no motor gerador da unidade produtiva é de 24% (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2011).

#### **3.5. Conclusão**

O plano de monitoramento realizado no sistema de tratamento de efluentes da Unidade Granja Colombari, permitiu monitorar os parâmetros e aplicar os

métodos de medição para se determinar a produção e qualidade de biogás, para a geração de energia elétrica.

Através dos dados monitorados constatou-se que a produção média de biogás na unidade produtiva é de  $582,64 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ , apresentando uma concentração de 60% de metano, o que corresponde a um poder calorífico médio de  $5,97 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ , possibilitando assim, uma eficiência de 24% na conversão do biogás na geração de energia elétrica.

Portanto, a utilização da biomassa residual como fonte alternativa de energia na Unidade Granja Colombari, garante a geração de energia elétrica a partir da produção de biogás de qualidade, além de possibilitar a redução do seu passivo ambiental e agregar maior rentabilidade ao seu empreendimento.

## CONCLUSÃO GERAL

A instrumentação e o monitoramento na Unidade Granja Colombari foram importantes para a geração de dados reais e consistentes. Os dados foram utilizados para correlacionar a geração de biomassa residual, biogás e energia elétrica, de forma a identificar os principais fatores que podem maximizar os vetores energéticos da unidade produtiva.

O estudo do sistema produtivo com vistas ao consumo de água e insumos proporcionou a identificação de oportunidades para otimizar os processos e minimizar os impactos ambientais. Podendo ser observado na UGC, critérios de controle para minimização do consumo de água e de parâmetros relativos à nutrição animal.

A caracterização físico-química da biomassa utilizada na UGC, em conjunto com os dados obtidos da instrumentação implantada, proporcionaram a formação da base de dados reais para o sistema produtivo de suínos em terminação, permitindo analisar a qualidade e produção de biogás para a geração de energia elétrica, através da geração distribuída.

Dessa maneira, o estudo realizado na unidade produtiva permitiu a obtenção de índices de produtividade relacionados à geração de biomassa, biogás e energia, para que fossem comparáveis com processos semelhantes a este tipo de biomassa residual.

Por fim, a Unidade Granja Colombari pode ser considerada uma referência de sustentabilidade ambiental e energética na região, devido ao aproveitamento adequado da biomassa residual como fonte alternativa de energia, através da minimização dos impactos ambientais decorrentes da sua atividade produtiva, podendo aliar assim, a oportunidade de agregar maior rentabilidade ao empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGCERT. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - UNFCCC**. Projeto de Mitigação GHG AWMS BR05-B-03, Brasil. Documento de Design do Projeto. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Biomassa**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2009. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2011.

AHN, J.; DO, T. H.; KIM, S. D.; HWANG, S. **The Effect of Calcium on the Anaerobic Digestion Treating Swine Wastewater**. Biochemical Engineering Journal, v. 30, 2006, p. 33-38.

ALVES, J. W. S. **Diagnóstico Técnico Institucional da Recuperação e Uso Energético do Biogás Gerado Pela Digestão Anaeróbia de Resíduos**. 2000. 165 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

AMBIENTE JÁ. **Esquema do Funcionamento do Biodigestor da Empresa AgCert**. Disponível em: <[http://www.ambienteja.info/pesquisa\\_cliente.asp](http://www.ambienteja.info/pesquisa_cliente.asp)>. Acesso em: 12 out. 2011.

AN, J.; KWON, J.; AHN, D.; SHIN, D.; SHIN, H.; KIM, B. **Efficient Nitrogen Removal in a Pilot System Based on Upflow Multi-Layer Bioreactor For Treatment of Strong Nitrogenous Swine Wastewater**. Process Biochemistry, v. 42, 2007, p. 764-772.

ANDREADAKIS, A. D. **Anaerobic Digestion of Piggery Wastes**. Water Science Technology, v. 25, n. 1, p. 9-16, 1992.

ANGELIDAKI, I.; ELLEGAARD, L. **Codigestion of Manure and Organic Wastes in Centralized Biogas Plants**. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 109, p. 95-105, 2003.

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F. **Eficiência Energética de Sistema de Produção de Suínos com Tratamento dos Resíduos em Biodigestor**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 10, n. 3, dez. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rb\\_eaa/v10n3/v10n3a30.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rb_eaa/v10n3/v10n3a30.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2011.

ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R. **Captação de Água de Chuva Para Agropecuária: Consumo Animal**. In: VI Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte, 2007.

ASSIS, F. O. **Poluição Hídrica Por Dejetos de Suínos: Um Estudo de Caso na Área Rural do Município de Quilombo, Santa Catarina**. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Anuário 2008 da Suinocultura Industrial**. 166 ed., n. 1, Ano 30. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ASSOCIAÇÃO FLUMINENSE DE COGERAÇÃO DE ENERGIA - COGEN RIO. **Geração Distribuída: O Que é?**. Disponível em: <<http://www.cogenrio.com.br/Prod/OQueGeracaoistribuida.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2011.

ASTALS, S.; ARISO, M.; GALI, A.; MATA-ALVAREZ, J. **Codigestion of Pig Manure and Glycerine: Experimental and Modelling Study**. Journal of Environmental Management. v. 92, p. 1091-1096, 2011.

BALANÇO DE ENERGIA NACIONAL - BEN. **Balço Energético Nacional 2010: Ano Base 2009**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2010. 276 p. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEM\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEM_2010.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2011.

BALDISSERA, I. T. **Poluição Por Dejetos de Suínos no Oeste Catarinense - Agropecuária Catarinense**. v. 15, n. 1, p. 11-12, mar. 2002.

BARBARI, M.; ROSSI, P. **Risparmiari Acqua Conviene: Meno Liquami da Smaltire**. Suplemento a l'Informatore Agrário. Verona, n. 18, p. 11-17, 1992.

BARBOSA, H. P.; LIMA, G. J. M. M.; FERREIRA, A. S. **Estimativa da Quantidade de Ração Necessária Para Produção de Um Suíno Com 100 Kg de Peso Vivo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. p. 1-3. (Comunicado Técnico). Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/cot133.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot133.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2011.

BELLAVER, C.; LUDKE, J. V. **Considerações Sobre os Alimentos Alternativos Para Dietas de Suínos**. In: Encontro Internacional dos Negócios da Pecuária - ENIPEC. Cuiabá, 2004.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.; LUCAS JÚNIOR, J. **Biodigestores Convencionais**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 1990.

BIODIESELBR. **Matriz da Produção de Agroenergia**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/agroenergia/matriz-producao-agro-energia.htm>>. Acesso em: 24 out. 2011.

BIOGASBURNER. **Design Equations For Gas Burner**. Disponível em: <<http://biogas.wikispaces.com/Biogasburners>>. Acesso em: 18 set. 2011.

BLEY JÚNIOR, C.; ALBERTON, G. C.; SOUZA, M. L. P.; FOWLER, R. B.; MOTTA, A. C. V. C.; DIONÍSIO, J. A. **Manual de Gestão Ambiental na Suinocultura: Projeto de Controle da Contaminação Ambiental Decorrente da Suinocultura no Estado do Paraná**. Curitiba: Convênio MMA-PNMAII / SEMA / IAP / FUNPAR, 2004. 164 p.

BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas, Socioeconômicas e Ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik, 2009.

BODMAN, G. R. **Evaluation of Housing and Environmental Adequacy: Principles and Concepts**. Cooperative Extension at the University of Nebraska, Lincoln, 1994, 28 p.

BONETT, L. P.; MONTICELLI, C. J. **Suínos: O Produtor Pergunta, a Embrapa Responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa - SPI. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 243 p. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

BORTOLI, M.; KUNZ, A.; SOARES, H. M. **Comparativo Entre Reatores UASB e Biodigestores Para Geração de Biogás no Tratamento de Dejetos de Suínos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 3, 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SIGERA, 2009. 1 CD-ROM.

BRASIL. **Decreto Federal Nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/dec20045163.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2011.



\_\_\_\_\_. **Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 de set. 1965 e retificada em 28 de set. 1965. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 7.347, de 24 de julho de 1985.** Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 de ago. 1985. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1 da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União, 13 fev. de 1998. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução Autorizativa Nº 1.482, de 29 de julho de 2008.** Autoriza Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental apresentado pela Companhia Paranaense de Energia - COPEL como projeto piloto de implantação de geração distribuída em baixa tensão. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/rea20081482.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa Nº 390, de 15 de dezembro de 2009.** Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009390.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2011.

CAMARGO, C. C. B. **Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Fundamentais.** 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2006.

CAMPOS, A. T. **Balanco Energético Relativo à Produção de Feno de “Coast-cross” e Alfafa em Sistema Intensivo de Produção de Leite.** 2001. 259 f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.

CANTRELL, K. B.; STONE, K. C.; HUNT, P. G.; RO, K. S.; VANOTTI, M. B.; BURNS, J. C. **Bioenergy From Coastal Bermudagrass Receiving Subsurface Drip Irrigation With Advance-Treated Swine Wastewater**. Bioresource Technology, v. 100, 2009, p. 3285-3292.

CAVALCANTI, S. S. **Produção de Suínos**. Ed. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas - SP. Reimpressão, 1993. 367 p.

ÇELEN, I.; BUCHANAN, J. R.; BURNS, R. T.; ROBINSON, R. B.; RAMAN, D. R. **Using a Chemical Equilibrium Model to Predict Amendments Required to Precipitate Phosphorus as Struvite in Liquid Swine Manure**. Water Resharch, v. 41, 2007. p. 1689-1696.

CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROINFORMÁTICA - CIH. **Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Paraná III**. Foz do Iguaçu, 2009.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Localização da Unidade Granja Colombari**. Foz do Iguaçu, 2011.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO. **Estimativa do Potencial de Geração de Energia a Partir do Biogás Proveniente da Criação de Suínos nos Municípios da Região Sul**. Atlas de Biomassa: Biogás - Suínos, 2007. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/mapasbiomassa/Suinos\\_Sul.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/mapasbiomassa/Suinos_Sul.pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2011.

CENTRO PARA CONSERVAÇÃO E ENERGIA - CCE. **Guia Técnico de Biogás**. Amadora: Portugal, 2000.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997. 245 p.

\_\_\_\_\_. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Programa em Saneamento Básico (PROSAB). FINEP, 2001. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/prosab/livros/aspectos\\_metodologicos/indice.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/aspectos_metodologicos/indice.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Reatores Anaeróbios**. 2 ed. DESA: Belo Horizonte, 2007.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura Para Geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2006.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 237/97, de 19 de dezembro de 1997**. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 26 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 357/05, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/PRaias/res\\_conama\\_357\\_05.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/PRaias/res_conama_357_05.pdf)> . Acesso em: 26 set. 2011.

COOLS, D.; MERCKX, R.; VLASSAK, K.; VERHAEGEN, J. **Survival of E. Coli and Enterococcus spp. Derived From Pig Slurry in Soils of Different Texture**. Applied Soil Ecology. v.17. p. 53-62, 2001.

COORDENADORIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - CEB. **Projetos de Energias Renováveis**. Foz do Iguaçu, 2009.

COPPINGER, E.; HERMANSON, R. E.; BAYLON, D. **Operation of 390 m<sup>3</sup> Digester At the Washington Dairy Farm**. ASAE Paper, St. Joseph, n. 78 v. 4566, 1978.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia**. Campinas: UNICAMP, 2008.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de Dejetos de Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 11, p. 32, mar. 1998. (Boletim Informativo). Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers11.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de Tecnologias Sobre Dejetos Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 14, p. 30, ago. 2002. (Boletim Informativo). Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES - EMBRAPA / CNPSA. 1994. **Dia de Campo Sobre Manejo e Utilização de Dejetos Suínos**. 1994. 47 p.

ENNES, M. W. **O Que é Agroenergia?**. Disponível em: <[http://www.e-campo.com.br/Conteudo/Noticias/visNoticias.aspx?ch\\_top=498](http://www.e-campo.com.br/Conteudo/Noticias/visNoticias.aspx?ch_top=498)>. Acesso em: 03 nov. 2011.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAVERO, J. A.; KUNZ, A.; GIROTTO, A. F.; MONTICELLI, C. J.; KICH, J. C.; LUDKE, J. V.; MORÉS, N.; ABREU, P. G.; SILBEIRA, P. R. S. **Produção Suínos: Nutrição**. v. 1. Concórdia: Embrapa - CNPSA, 2003. Disponível em: <<http://sistema.sdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/nutricao.html>>. Acesso em: 06 ago. 2011.

FEDER, F.; FINDELING, A. **Retention and Leaching of Nitrate and Chloride in An Andic Soil After Pig Manure Amendment**. European Journal of Soil Science. v. 58, p. 393-404, 2007.

FEIDEN, A. **Gestão da Biomassa Residual: Bases Conceituais**. Notas de Aula: Curso de Capacitação em Geração de Energia Elétrica com Biogás - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2010.

FERNANDES, D. M. **Eficiência da Biodigestão Anaeróbia no Manejo da Biomassa Residual na Unidade Granja Colombari**. 2011. 82 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

FRAIHA, M. **Consumo Hídrico em Produção Animal Intensiva**. In: III Simpósio Internacional de Ciência e Tecnologia. Campinas, 2006. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/279.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/279.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2011.

FRIELLA. **Foto do Frigorífico São Miguel**. Empresa Friella do Grupo Valiati. São Miguel do Iguçu, 2008.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - FATMA. **Resumo do Projeto Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina**. Florianópolis: SDM - Embrapa Suínos e Aves - DAS - EPAGRI - FATMA, 2002.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER - FEPAM. **Critérios Técnicos Referentes à Localização e à Disposição de Resíduos de Estabelecimentos Rurais Destinados a Suinocultura e Avicultura**. Porto Alegre, FEPAM, 1995.

GANGBAZO, G.; COUILLARD, D.; PESANT, A. R.; CLUIS, D. **Effects of Hog Manure on Nitrogen and Phosphorus Loads in Runoff Water Following Simulated Rainfall**. Canadian Agricultural Engineering. v. 35, p. 97-103, 1993.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. **Cama Sobreposta e Dejetos Líquidos de Suínos Como Fonte de Nitrogênio ao Milho**. Revista Brasileira Ciência do Solo. Santa Maria, v. 32, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/19.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2011.

GIAMPIETRO, M. G.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. **Energy Analysis of Agricultural Ecosystem Management: Human Return and Sustainability**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 38, n. 3, p. 219-244, 1992.

GIROTTTO, A. F.; PROTAS, J. F. S. **Custo de Produção de Suínos Para Abate: Uma Revisão**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1994. 20 p. (EMBRAPA - CNPSA. Documentos 18).

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

GOMES, M. F. M.; GIROTTTO, A. F.; TALAMINI, D. J. D.; LIMA, G. J. M. M.; MORES, N.; TRAMONTINI, P. **Análise Prospectiva do Complexo Agroindustrial de Suínos no Brasil**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1992. 108 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 26).

GONZÁLEZ, F. C.; NIETO, D. P. P.; LEÓN, C. C.; GARCÍA, E. P. A. **Solids and Nutrients Removals From the Liquid Fraction of Swine Slurry Through Screening and Flocculation Treatment and Influence of These Processes on Anaerobic Biodegradability**. Bioresource Technology, v. 99, 2008, p. 6233-6239.

HWANG, K.; SONG, M.; KIM, W.; KIM, N.; HWANG, S. **Effects of Prolonged Starvation on Methanogenic Population Dynamics in Anaerobic Digestion of Swine Wastewater**. Bioresource Technology, v. 101, 2010, p. S2-S6.

IANNICELLI, L. A. **Reaproveitamento Energético do Biogás de Uma Indústria Cervejeira**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté. São Paulo, 2008.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Cartilha Para Licenciamento Ambiental**. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pecuária 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=PR&tema=pecuaria2008>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. **Relatório Técnico Parcial I: Revisão Bibliográfica: Geração de Biomassa - Unidade Granja Colombari (UGC)**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009a.

\_\_\_\_\_. **Relatório Técnico Parcial I: Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009b.

\_\_\_\_\_. **Relatório Técnico Parcial I: Geração Distribuída de Energia Elétrica a Biogás Com Saneamento Ambiental**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - INEE. **O Que é 'Geração Distribuída'?**. Disponível em: <[http://www.inee.Org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.Org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em: 02 out. 2011.

JANNUZZI, G. M. **Políticas Públicas Para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado: Uma Análise da Experiência Recente dos EUA e do Brasil**. São Paulo: Autores Associados, 2000.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 932 p. 1995.

KARAKASHEV, D.; SCHMIDT, J. E., ANGELIDAKI, I. **Innovative Process Scheme For Removal of Organic Matter, Phosphorus and Nitrogen From Pig Manure**. Water Research, v. 42, 2008, p. 4083-4090.

KOELSCH, R.; JEWELL, W. **Cogeneration of Electricity and Heat From Biogas St. Joseph**. ASAE Paper, v. 82, n. 3621, 1982.

KONZEN, E. A. **Avaliação Quantitativa e Qualitativa dos Dejetos de Suínos em Crescimento e Terminação, Manejados em Forma Líquida**. 1980. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1980.

\_\_\_\_\_. **Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos**. Circular Técnica n. 6. EMBRAPA - CNPSA: Concórdia, 1983. 32 p.

KUGELMAN, I. J.; CHIN, K. K. **Toxicity, Synergism and Antagonism in Anaerobic Waste Treatment Processes**. Adv. Chem. Ser., 105, 1971, p. 55-65.

KUNZ, A.; PALHARES, J. C. P. **Créditos de Carbono e Suas Conseqüências Ambientais (2004)**. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/artigos/2004>>. Acesso em: 17 out. 2011.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil**. Embrapa: Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 22, n. 1, p. 651-665, 2005.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. **Aproveitamento de Dejetos de Animais para Geração de Biogás**. Revista de Política Agrícola, ano XV, n. 3. Brasília, jul./ago./set. 2006.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; RAMME, M. A.; COLDEBELLA, A. **Effect of Storage Time on Swine Manure Solid Separation Efficiency By Screening**. Bioresource Technology, v. 100, 2009, p. 1815-1818.

LA FARGE, B. **Le Biogaz - Procèdes de Fermentation Méthanique**. Paris: Masson, 1979.

LABORATÓRIO SÃO CAMILO ALIMENTOS E ÁGUA. **Parâmetros Físico-Químicos do Plano de Monitoramento na Unidade Granja Colombari**. São Miguel do Iguçu, 2010.

LE MOS, B. P.; CATAPAN, D. C.; CATAPAN, E. A.; CASTRO, N. J. **Geração de Energia Elétrica a Partir de Dejetos Suínos: Um Enfoque Sobre os Aspectos Técnicos e Econômicos**. III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica - SISEE, Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ, Rio de Janeiro/RJ - Brasil, 2008.

LIMA, P. C. R. **Biogás da Suinocultura**. Brasília: Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2007. p. 27. Disponível em: <<http://bd.Camara.gov/BR/bd/handle/bdcamara/1724>>. Acessado em: 02 out. 2011.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da Viabilidade Econômico Financeira do Uso do Biogás Como Fonte de Energia Elétrica**. 2008. 105 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

LIU, K.; TANG, Y.; MATSUI, T.; MORIMURA, S.; WU, X.; KIDAI, K. **Thermophilic Anaerobic Co-Digestion of Garbage, Screened Swine and Dairy Cattle Manure**. Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 107, n. 1, 2009, p. 54-60.

LORA, E. E. S. **Conceito de Biomassa, Classificação, Disponibilidade e Características**. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA. Tecnologia e Aplicação Racional de Energia Elétrica e de Fontes Renováveis na Agricultura, 1997, Campina Grande, Anais... Campina Grande, 1997. 97 p.

LORA, E. E. S.; HADDAD, J. **Geração Distribuída: Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

LUCAS JÚNIOR, J. **Aproveitamento Energético de Resíduos da Suinocultura**. In: Energia, Automação e Instrumentação. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 81.

LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. F.; LOPES, J. D. S. **Construção e Operação de Biodigestores**. Viçosa: UNESP, 2009.

MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505 p.

MAGALHÃES E. A.; SOUZA. S. N. M. **Potencial de Biomassa na Região de Cascavel no Oeste do Paraná**. In: X Encontro Anual de Iniciação Científica e I Encontro de Pesquisa da UEPG. Ponta Grossa, 2001. p. 80-81.

MARCHETTI, A. **Uma Nova Cultura no Trato Com a Água**. Disponível em: <<http://www.ivt-rj.net/ivt/indice.aspx?pag=n&id=10099&cat=%A0&ws=0>>. Acesso em: 02 o ut. 2011.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9 ed., 6 reimpr., São Paulo: Atlas, 2006. 370 p.



MASSÉ, D. I.; CROTEAU, F.; MASSE, L. **Fate of Crop Nutrients During Digestion of Swine Manure in Psychrophilic Anaerobic Sequencing Batch Reactors.** *Bioresource Technology*, v. 98, 2007, p. 2819-2823.

MEDRI, W. **Modelagem e Otimização de Sistemas de Lagoas de Estabilização Para Tratamento de Dejetos Suínos.** 1997. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

MEES, J. B. R. **Apostila de Tratamento de Águas Residuárias.** Curso de Tecnologia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2006.

MIELLE, M. **Contratos, Especialização, Escala de Produção e Potencial Poluidor na Suinocultura de Santa Catarina.** 2006. 286 f. Tese (Doutorado em Agronegócios) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balanco Energético Nacional.** Capítulo 8. Anexo F. 2002. p. 34.

\_\_\_\_\_. **Balanco Energético Nacional 2004: Ano Base 2003.** Secretaria de Energia, República Federativa do Brasil, 2004.

MIRANDA, C. R. **Avaliação de Estratégias Para Sustentabilidade da Suinocultura.** 2005. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. **Avaliação da Biodegradabilidade Anaeróbia de Resíduos da Bovinocultura e da Suinocultura.** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 445-454, maio/ago. 2004.

MORETTI, C. **Monitoramento da Temperatura e Eficiência de Remoção de Poluentes em Um Sistema de Tratamento de Efluentes de Uma Unidade Produtora de Leite.** 2009. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2009.

NISHIMURA, R.; KOLTERMANN, P. I.; SOUZA, K. C. G.; ORTEGA; J. M. **Balanco Energético em Suinocultura Com Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás.** In: VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais - VIII INDUSCON. Poços de Caldas, 2008.

NISHIMURA, R. **Análise de Balanço Energético de Sistema de Produção de Biogás em Granja de Suínos: Implementação de Aplicativo Computacional.** 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.

NOGUEIRA, L. U. H.; LORA, E. E. S.; TROSSERO, M. A. **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações.** Brasília: ANEEL, 2000. p. 31-54.

NORONHA, A. C. G.; GIMENES, R. M. T. **Mensuração dos Custos de Implantação de Biodigestores na Suinocultura: Gestão Econômica e Social de Cooperativas.** In: V Encontro de Pesquisadores Latino-Americanos de Cooperativismo. 06-08 ago. 2008. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1993. 188 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 27).

\_\_\_\_\_. **Comparaison des Systèmes d'élevage des Porcs Sur Litière de Sciure ou Caillebotis Intégral.** Rennes, Université de Rennes 1, 1999. 272 p. (Thèse de Docteur).

\_\_\_\_\_. **Uso Racional da Água na Suinocultura.** Texto de do Curso Capacitação Técnica. PNMA II: Santa Catarina, 2002.

\_\_\_\_\_. **Impacto Ambiental Causado Pela Suinocultura.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, V. CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, XII, 2003, Uberaba. Anais... Uberaba: ZOOTEC, 2003. p. 143-161.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias Para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos: Manual de Boas Práticas.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/doc\\_pnma.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc_pnma.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2011.

\_\_\_\_\_. **Uso Racional da Água na Suinocultura.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2007. 9 p.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; NUNES, M. L. A. **Efeito Estufa.** Suinocultura Industrial, São Paulo, v. 25, n. 7, ed. 172, p. 16-20. 2003.

\_\_\_\_\_. **Emissões de Gases, na Suinocultura, que Provocam o Efeito Estufa.** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 2004. 12 p.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e Utilização de Biogás em Unidade de Produção de Suínos.** Concórdia-SC: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 42 p.

OLIVEIRA, P. A.; SIMON, E. J. **O Valor da Produção Agropecuária e o Consumo de Energia Elétrica Produtiva na Região de Botucatu.** 2011. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/05O302.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

OLIVEIRA MOREIRA, R. **Biossistemas Integrados na Suinocultura.** Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR): Dossiê Técnico, 2007. 62 p. Disponível em: <<http://www.sossuinos.com.br/Tecnicos/info18.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2011.

PALHARES, J. C. P. **Impacto Ambiental Causado Pela Produção de Frango de Corte e Aproveitamento Racional de Camas.** In: CONFERÊNCIA APINCO 2005 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. Anais... p. 43-59, v. 2, 2005.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. A.; NONES, K. **Produção de Suínos e Meio Ambiente.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado, Anais... RS: 2001, p. 8-24.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de Tratamento de Dejetos de Suínos: Inventário Tecnológico.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. Documentos, 85.

PEREIRA, B. D.; MAIA, J. C. S.; CAMILOT, R. **Eficiência Técnica na Suinocultura: Efeitos dos Gastos Com o Meio Ambiente e do Programa Granja de Qualidade (Mato Grosso).** 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n2/v12n02a13.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2011.

PERTILE, N. **Marcas da “Integração” na Agricultura Familiar de Quilombo, SC.** 2001. 201 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Agroenergia: A Revolução Que Começa no Campo.** Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/plataforma/agroenergia>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. **Geração Distribuída: Solução Para a Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/plataforma/geracao-distribuida>>. Acesso em: 16 nov. 2011.

RAMALHO, R. S. **Introduction to Wastewater Treatment Processes**. 2 ed. Nova Iorque: Academy Press, 1983.

ROESLER, M. R. V. B.; CESCNETO, E. A. **A Produção de Suínos e as Propostas de Gestão de Ativos Ambientais: O Caso da Região de Toledo - Paraná**. 2004. Disponível em: <<http://www.unieoste.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

SARUBBI, J. **Estudo do Conforto Térmico, Desempenho Animal e Racionalização de Energia Elétrica em uma Instalação Suinícola na Região de Boituva - SP**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da Qualidade do Esterco Líquido de Suínos da Região Oeste Catarinense Para Fins de Utilização Como Fertilizante**. Florianópolis, EPAGRI, 46 p. (Boletim Técnico, 79), 1996.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. 44 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/\\$File/suinocultura.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/$File/suinocultura.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2011.

SEGANFREDO, M. A.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; BARIONI JÚNIOR, W. **Visualizando Além dos Benefícios, na Análise do Uso dos Dejetos de Animais Como Fertilizante**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15, 2004, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

SHIH, J. C. H. **From Anaerobic Digestion to Holistic Fanning**. Boca Raton: Wise, D. L.; CRC Press, 1987. p. 1-16.

SHIN, J.; LEE, S.; JUNG, J.; CHUNG, Y.; NOH, S. **Enhanced COD and Nitrogen Removals For The Treatment of Swine Wastewater By Combining Submerged Membrane Bioreactor (MBR) and Anaerobic Upflow Bed Filter (AUBF) Reactor**. Process Biochemistry, v. 40, 2005, p. 3769-3776.

SILVA, P. R. **Lagoas de Estabilização Para Tratamento de Resíduos de Suínos**. 1973. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 1973.

SILVA, E. P. **Fontes Renováveis de Energia: Geração de Energia Para Um Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Campinas, 1996.

SILVA, F. C. M. **Tratamento de Dejetos de Suínos Utilizando Lagoas de Alta Taxa de Degradação em Batelada**. 1996. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.

SILVA, A. P. **Diagnóstico Sócio, Econômico e Ambiental: Aspectos Sobre a Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica dos Fragosos, Concórdia-SC**. 2000. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

SILVEIRA, I. C. T.; MONTEGGIA, L. O.; BONATTO, D.; HENRIQUES, J. A. P. **Monitoramento de Biomassa Anaeróbia Presente em Reatores de Baixa Carga: Técnicas Convencionais x Técnicas da Biologia Molecular**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.

SINOTTI, A. P. S. **Avaliação do Volume de Dejetos e da Carga de Poluentes Produzidos por Suíno nas Diferentes Fases do Ciclo Criatório**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SOARES, H. M. **Digestão Anaeróbia de Efluentes de Fábricas de Cervejas e Refrigerantes em Reator Tipo Fluxo Ascendente Com Manta de Lodo (UASB)**. 1990. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; PAVAN, A. A.; SORDI, A. **Custo da Eletricidade Gerada em Conjunto Motor Gerador Utilizando Biogás da Suinocultura**. Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v. 26, p. 127-133, 2004.

SPEECE, R. E. **Anaerobic Biotechnology For Industrial Wastewaters**. Vanderbilt University. Archae Pr. Tennessee, 1996.

STAFFORD, D. A.; HAWKES, D. L.; HORTON, R. **Methane Production From Waste Organic Matter**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 285.

STAHL, T.; HARRIS, F. D.; FISCHER, J. R.; DUNLAP, C. E. **An Internal Combustion Engine Fueled With Biogas Integrated In an Ethanol Plant.** ASAE Paper nº MCR. p. 81-202, 1981.

STAISS, C.; PEREIRA, H. **Biomassa: Energia Renovável na Agricultura e no Setor Florestal.** Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. AGROS, 2001.

SUZUKI, K.; TANAKA, Y.; KAZUTAKA, K.; HANAJIMA, D.; FUKUMOTO, Y.; WAKI, M. **Removal and Recovery of Phosphorous From Swine Wastewater By Demonstration Crystallization Reactor and Struvite Accumulation Device.** Bioresource Technology, v. 98, 2007, p. 1573-1578.

TINOCO, I. F. F. **A Granja de Frangos de Corte.** In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas: FACTA, 2004, p. 55-84.

TOBIAS, A. C. T. **Tratamento de Resíduos da Suinocultura: Uso de Reatores Anaeróbios Seqüenciais Seguido de Leitões Cultivados.** 2002. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

TOLEDO, A. A. G. F.; LUCAS JÚNIOR, J. **Produção de Biogás a Partir de Águas Residuárias de Pocilgas Utilizando Reatores UASB Sob Quatro Tempos de Retenção Hidráulica.** Revista Energia na Agricultura. vol. 12 (2). p. 49-55. 1997.

TOLMASQUIM, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

TOYAMA, J.; RODRIGUES, E. J.; LOPES, C. E. C.; HACHISUCA, A. M.; PAULILLO, G. **Avaliação da Inserção de Unidades de Geração Distribuída em Propriedades Rurais.** 8º Congresso Internacional Sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural - AGRENER 2010. Campinas, 2010

TRICHES, G. P. **A Suinocultura e o Desenvolvimento Regional: O Caso do Alto Vale do Itajaí - SC.** 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2003.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Caracterização da Biomassa.** Disponível em: <<ftp://ftp.fem.unicamp.br/pub/IM338/Gaseif-Cap2.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2011.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos - Um Manual Para Regiões de Clima Quente**. Editora Eppgraf, 1994. p. 208.

VITOR, T. R. **Biomassa Residual Como Fonte Alternativa de Energia Elétrica**. 2010. 41 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade União das Américas. Foz do Iguaçu, 2010.

VOIVONTAS, D.; ASSIMACOPOULOS, D.; KOUKIOS, E. G. **Assessment of Biomass Potential of Power Production: A Gis Based Method**. Biomass and Bioenergy. v. 20. Elsevier Science B. V., 2001.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VOTTO, A. G. **Zoneamento da Poluição Hídrica Causada Por Dejetos Suínos no Extremo Oeste de Santa Catarina**. 1999. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

WALSH, J. L.; ROSS, C. C.; SMITH, M. S.; HARPER, S. R.; WILKINS, W. A. **Handbook on Biogas Utilization**. Georgia, Atlanta, USA: Georgia Tech Research Institute (GTRI) and U. S. Department of Energy (DOE), 156 p. 1988.

WALSH, J. L.; ROSS, C. C.; SMITH, M. S.; HARPER, S. R. **Utilization of Biogas, Biomass**. v. 20, 1989. P. 277-290.

YAGÛE, A. P. **Parâmetros Produtivos em Suínos de Crescimento**. Suínos & CIA - Revista Técnica da Suinocultura. Ano VI. n. 25, 2008.

YANG, P. Y.; CHOU, C. Y. **Horizontal-Baffled Anaerobic Reactor Treating Diluted Swine Wastewater**. Agricultural Wastes, v. 14, p. 221-39, 1985.

YANG, W.; CICEK, N. **Treatment of Swine Wastewater By Submerged Membrane Bioreactors With Consideration of Estrogenic Activity Removal**. Desalination. v. 23, p. 200-208, 2008.

ZHANG, Z.; ZHU, J. **Effectiveness of Short-Term Aeration in Treating Swine Finishing Manure to Reduce Odour Generation Potential**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 105, 2005, p. 115-125.

\_\_\_\_\_. **Characteristics of Solids, BOD5 and Vfas in Liquid Swine Manure Treated By Short-Term Low-Intensity Aeration For Long-Term Storage.** Bioresource Technology, v. 97, 2006, p. 140-149.

ZHANG, Z.; ZHU, J.; KING, J.; LI, W. **A Two-Step Fed SBR For Treating Swine Manure.** Process Biochemistry, v. 41, 2006, p. 892-900.

ZHANG, Z.; ZHU, J.; PARK, K. J. **A Bench-Scale Aeration Study Using Batch Reactors on Swine Manure Stabilization to Control Odour in Post Treatment Storage.** Water Research, v. 40, 2006 p. 162-174.



## APÊNDICES

**Apêndice A - Consumo de Água na UGC**

<b>Data de Coleta</b>	<b>Consumo de Água (Litros)</b>
27/10/2010	666,60
29/10/2010	676,86
30/10/2010	682,87
01/11/2010	694,28
03/11/2010	704,84
05/11/2010	716,65
07/11/2010	727,54
09/11/2010	739,26
11/11/2010	729,00
13/11/2010	761,77
15/11/2010	774,84
17/11/2010	789,27
19/11/2010	803,16
21/11/2010	816,86
23/11/2010	829,79
25/11/2010	842,94
27/11/2010	857,18
29/11/2010	873,02
01/12/2010	887,00
03/12/2010	902,15
05/12/2010	916,49
07/12/2010	929,05
09/12/2010	945,12
11/12/2010	960,16
13/12/2010	975,28
15/12/2010	986,96
17/12/2010	1.001,96
19/12/2010	1.020,61
21/12/2010	1.036,29
23/12/2010	1.055,25
26/12/2010	1.080,05
28/12/2010	1.096,09
31/12/2010	1.120,11
03/01/2011	1.144,93
05/01/2011	1.161,50

<b>Data de Coleta</b>	<b>Consumo de Água (Litros)</b>
07/01/2011	1.179,43
09/01/2011	1.202,60
11/01/2011	1.218,26
13/01/2011	1.229,05
15/01/2011	1.253,75
17/01/2011	1.255,98
19/01/2011	1.268,69
21/01/2011	1.281,75
24/01/2011	1.305,42
26/01/2011	1.310,24
28/01/2011	1.331,50
30/01/2011	1.346,11
01/02/2011	1.361,09
03/02/2011	1.383,35
05/02/2011	1.388,53
07/02/2011	1.401,59
<b>Média</b>	<b>1.012,22</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>231,72</b>

### Apêndice B - Consumo de Ração na UGC

Inventário Animal				Ração (Toneladas)			
Ano	2007	2008	2009	Ano	2007	2008	2009
Mês				Mês			
Janeiro	2.621,80	2.883,70	2.768,70	Janeiro	149,50	143,50	102,00
Fevereiro	2.764,90	2.722,00	2.773,00	Fevereiro	172,50	207,50	115,00
Março	3.012,50	2.846,60	2.344,20	Março	162,50	122,50	109,00
Abril	2.961,40	2.821,60	2.535,10	Abril	153,00	178,00	119,00
Mai	3.115,90	3.021,50	2.507,20	Mai	209,00	206,00	113,00
Junho	3.070,40	3.029,20	2.620,80	Junho	166,50	190,00	122,00
Julho	2.999,20	2.912,30	2.214,30	Julho	190,00	188,00	105,00
Agosto	2.949,50	2.913,13	2.080,00	Agosto	194,00	199,00	106,50
Setembro	2.830,80	2.932,30	-	Setembro	183,50	190,00	-
Outubro	2.750,80	2.902,90	-	Outubro	171,00	192,50	-
Novembro	2.887,00	2.688,00	-	Novembro	175,00	148,50	-
Dezembro	2.967,30	2.768,00	-	Dezembro	180,50	127,0	-
<b>Média</b>	<b>2910,96</b>	<b>2870,10</b>	<b>2480,41</b>	<b>Média</b>	<b>175,58</b>	<b>174,38</b>	<b>111,44</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>144,70</b>	<b>106,78</b>	<b>251,24</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>17,12</b>	<b>30,57</b>	<b>7,02</b>

### Apêndice C - Geração de Biomassa Residual na UGC

Data de Coleta	Quantidade de Suínos	Altura dos Dejetos (cm)	Volume de Dejetos (m <sup>3</sup> )	Volume dos Dejetos (litros)
27/10/2010	84	0,80	1,32	1.131,50
29/10/2010	84	0,80	1,32	1.131,50
30/10/2010	84	0,50	0,73	732,40
01/11/2010	84	0,75	1,21	1.210,30
03/11/2010	84	0,70	1,11	1.108,40
05/11/2010	84	0,70	1,11	1.108,40
07/11/2010	84	0,70	1,11	1.108,40
09/11/2010	84	0,67	1,05	1.048,80
11/11/2010	84	0,73	1,17	1.169,20
13/11/2010	84	0,77	1,25	1.252,00
15/11/2010	84	0,69	1,09	1.088,40
17/11/2010	84	0,74	1,19	1.189,70
19/11/2010	84	0,68	1,07	1.068,60
21/11/2010	84	0,74	1,19	1.189,70
23/11/2010	84	0,75	1,21	1.210,30
25/11/2010	84	0,60	0,91	914,20
27/11/2010	84	0,69	1,09	1.088,40
29/11/2010	84	0,66	1,03	1.029,20
01/12/2010	84	0,68	1,07	1.068,60
03/12/2010	84	0,67	1,05	1.048,80
05/12/2010	84	0,66	1,03	1.029,20
07/12/2010	84	0,74	1,19	1.189,70
09/12/2010	84	0,78	1,27	1.273,00
11/12/2010	84	0,70	1,11	1.108,40
13/12/2010	84	0,70	1,11	1.108,40
15/12/2010	84	0,72	1,15	1.148,80
17/12/2010	83	0,68	1,07	1.068,60
19/12/2010	83	0,88	1,49	1.490,30
21/12/2010	83	0,87	1,47	1.468,00
23/12/2010	83	0,81	1,34	1.336,80
26/12/2010	83	1,05	1,89	1.890,50
28/12/2010	83	0,84	1,40	1.401,80
31/12/2010	83	0,92	1,58	1.581,00
03/01/2011	83	1,05	1,89	1.890,50

<b>Data de Coleta</b>	<b>Quantidade de Suínos</b>	<b>Altura dos Dejetos (cm)</b>	<b>Volume de Dejetos (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume dos Dejetos (litros)</b>
05/01/2011	83	0,70	1,11	1.108,40
07/01/2011	83	0,84	1,40	1.401,80
09/01/2011	83	0,91	1,56	1.558,10
11/01/2011	83	0,90	1,54	1.535,40
13/01/2011	83	0,72	1,15	1.148,80
15/01/2011	83	0,91	1,56	1.558,10
17/01/2011	83	0,60	0,91	914,50
19/01/2011	83	0,70	1,11	1.108,40
21/01/2011	83	0,54	0,80	803,70
24/01/2011	83	0,87	1,47	1.468,00
26/01/2011	80	0,85	1,42	1.423,80
28/01/2011	80	0,80	1,32	1.315,40
30/01/2011	80	0,77	1,25	1.252,00
01/02/2011	80	0,81	1,34	1.336,80
03/02/2011	80	0,85	1,42	1.423,80
05/02/2011	80	0,70	1,11	1.108,40
07/02/2011	80	0,67	1,05	1.048,80
<b>Média</b>	<b>83</b>	<b>0,76</b>	<b>1,23</b>	<b>1.223,45</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,33</b>	<b>0,11</b>	<b>0,23</b>	<b>233,94</b>

## Apêndice D - Parâmetros Físico-Químicos do Plano de Monitoramento

Data	pH			Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )			DBO (mg.L <sup>-1</sup> )			DQO (mg.L <sup>-1</sup> )			ST (mg.L <sup>-1</sup> )		
	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2
18/10/2010	7,63	7,36	7,73	1.185	880	790	2.088	6.635	1.5810	7.280	19.440	27.780	28.226	22.164	27.363
26/10/2010	8,49	7,50	7,74	730	760	1.120	12.560	6.932	2.680	14.580	12.760	13.460	20.963	19.721	22.693
28/10/2010	8,82	7,32	7,65	9.700	9.300	11.200	NR	NR	NR	13.280	22.440	15.160	9.372	24.857	20.319
03/11/2010	7,99	7,43	7,66	10.800	9.000	9.900	10.445	6.915	2.260	17.980	15.380	14.440	15.444	19.131	14.789
04/11/2010	7,96	7,44	7,68	10.700	9.100	9.700	NR	NR	NR	29.800	20.500	12.300	32.036	19.416	17.168
09/11/2010	7,33	7,30	7,63	9.900	8.300	0	27.660	1.665	1.692	50.750	8.325	11.740	44.022	17.958	16.214
11/11/2010	7,68	7,22	7,46	11.700	10.000	10.000	NR	NR	NR	41.850	20.440	12.160	49.156	20.440	16.918
16/11/2010	8,20	7,30	7,58	8.000	9.000	10.100	13.270	10.725	2.484	28.900	18.560	13.680	24.948	21.002	16.648
18/11/2010	8,22	7,34	7,57	9.500	8.500	9.500	NR	NR	NR	25.900	21.900	9.320	27.360	19.676	17.180
23/11/2010	6,63	7,02	7,44	9.600	10.000	9.550	14.535	16.090	3.724	21.500	48.000	12.440	19.978	35.574	21.978
25/11/2010	7,91	7,22	7,57	8.250	8.250	9.425	NR	NR	NR	29.460	20.820	15.700	37.858	21.316	17.876
30/11/2010	7,94	7,26	7,54	790,98	9.092,49	10.171,26	18.350	12.420	4.968	28.100	23.120	14.740	27.194	19.842	16.506
02/12/2010	7,47	7,24	7,52	8.527,42	9.811,67	10.839,07	NR	NR	NR	37.250	18.180	13.260	36.222	20.388	17.862
07/12/2010	7,81	7,19	7,42	9.092,49	7.345,91	9.760,3	22.743,5	12.872	7.170,8	33.150	21.200	14.400	41.738	17.138	34.610
09/12/2010	7,18	7,06	7,42	9.195,23	6.575,36	8.989,75	NR	NR	NR	49.250	22.720	14.320	46.272	16.612	14.386
14/12/2010	8,32	7,14	7,51	10.274	7.705,5	9.297,97	13.830	9.595	5.645	24.900	17.200	13.620	20.980	15.188	15.152
16/12/2010	8,21	7,28	7,50	9.297,97	8.989,75	8.887,07	NR	NR	NR	38.500	19.320	11.740	28.568	16.548	14.338
21/12/2010	7,18	7,31	7,63	7.345,91	9.143,86	10.068,52	18.630	11.150	5.080	34.750	15.420	18.480	34.220	15.018	19.092
23/12/2010	6,73	7,07	7,67	8.013,72	9.914,41	9.863,04	NR	NR	NR	44.600	20.100	16.440	34.590	18.410	14.936
28/12/2010	7,22	7,37	7,70	9.540,71	10.635,54	10.453,07	25.120	11.570	3.810	47.050	26.380	17.860	28.172	22.172	15.104
30/12/2010	7,51	7,41	7,73	8.498,01	10.374,87	10.948,35	NR	NR	NR	27.750	21.080	13.980	16.144	21.768	11.752

Data	pH			Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )			DBO (mg.L <sup>-1</sup> )			DQO (mg.L <sup>-1</sup> )			ST (mg.L <sup>-1</sup> )		
	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2
04/01/2011	7,72	7,48	7,75	7.768,12	11.417,57	11.938,92	19.480	12.980	3.385	25.750	27.940	14.580	26.392	13.132	18.986
06/01/2011	7,10	7,37	7,66	4.742,46	9.801,38	11.991,05	NR	NR	NR	30.100	25.020	15.740	21.316	16.834	15.648
11/01/2011	7,98	7,35	7,66	5.734,85	9.332,16	11.991,05	14.440	13.830	4.520	23.620	24.260	17.060	20.586	23.312	12.314
13/01/2011	7,91	7,34	7,62	10.531,27	995,77	12.043,18	NR	NR	NR	36.700	28.740	14.460	24.828	26.158	18.306
18/01/2011	7,10	7,32	7,72	7.663,8	10.114,19	1.251,72	25.120	9.880	3.385	43.550	26.340	16.600	43.606	25.662	13.474
20/01/2011	7,38	7,36	7,57	9.957,78	9.749,24	13.138,02	NR	NR	NR	28.900	56.150	18.280	12.477	28.847	9.983
25/01/2011	7,38	7,35	7,64	7.403,17	8.498	11.417,57	19.480	10.440	9.825	26.500	26.040	16.320	12.926	9.085	10.098
27/01/2011	7,24	7,32	7,56	11.052,62	11.104,76	11.417,57	NR	NR	NR	42.200	25.620	15.680	33.256	27.286	18.360
01/02/2011	7,61	7,34	7,59	1.194,16	11.941,6	11.422,4	2.596	12.440	2.965	4.130	27.000	15.700	4.072	25.416	20.828
03/02/2011	7,25	7,37	7,57	6.905,36	12.408,88	12.876,16	NR	NR	NR	29.100	23.160	14.180	30.256	25.024	19.902
08/02/2011	7,68	7,38	7,70	11.837,76	12.460,8	9.137,92	13.670	8.185	6.189	45.800	21.720	10.700	51.664	43.988	20.240
10/02/2011	7,59	7,45	7,74	9.605,2	11.110,88	11.630,08	NR	NR	NR	40.450	19.460	10.320	46.766	25.036	20.712
15/02/2011	7,89	7,26	7,55	4.255,53	12.516,25	12.416,12	9.596	9.484	6.920	10.760	16.780	10.140	12.664	23.912	19.996
17/02/2011	6,80	7,47	7,73	4.155,4	11.565,02	12.065,67	NR	NR	NR	18.850	18.040	9.880	21.324	23.446	15.902
22/02/2011	7,51	7,41	7,69	7.359,56	10.713,91	12.516,25	NR	NR	NR	19.550	13.320	11.300	23.690	21.026	13.698
24/02/2011	7,41	7,41	7,68	8.410,92	11.865,41	12.466,19	NR	NR	NR	26.950	14.640	8.200	33.394	22.832	19.608
01/03/2011	7,61	7,57	7,77	7.359,56	10.113,13	11.014,3	NR	NR	NR	29.050	14.640	9.080	32.378	20.974	12.326
03/03/2011	7,81	7,55	7,72	5.206,76	11.765,28	11.264,63	NR	NR	NR	20.600	14.200	7.780	22.386	22.408	11.390
10/03/2011	7,04	7,46	7,69	9.011,7	10.964,24	12.265,93	NR	NR	NR	33.000	15.040	13.460	35.728	22.268	30.988
15/03/2011	8,23	7,79	7,85	9.081,8	11.726,5	13.023,9	NR	NR	NR	28.550	11.000	15.800	29.254	21.000	26.530
22/03/2011	7,86	7,39	7,54	2.145,7	10.379,2	12.475	NR	NR	NR	6.350	15.440	10.600	6.232	22.490	18.258
24/03/2011	7,66	7,40	7,60	10.763,98	11.514,95	12.466,19	NR	NR	NR	33.700	16.280	14.880	34.666	22.352	26.770
29/03/2011	7,86	7,36	7,58	1.447,1	10.279,4	11.477	NR	NR	NR	4.900	14.240	13.020	4.892	22.008	24.750
31/03/2011	8,10	7,36	7,56	7.784,4	9.780,4	11.976	NR	NR	NR	23.700	18.900	18.320	21.694	21.614	29.784
05/04/2011	8,37	7,37	7,59	8.732,5	10.479	12.475	NR	NR	NR	26.700	13.140	9.800	21.114	20.488	23.806



Data	pH			Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )			DBO (mg.L <sup>-1</sup> )			DQO (mg.L <sup>-1</sup> )			ST (mg.L <sup>-1</sup> )		
	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2	AFL	EFL 1	EFL 2
07/04/2011	8,22	7,44	7,60	9.031,9	10.578,8	9.530,9	NR	NR	NR	20.750	16.760	9.000	27.338	21.030	15.160
12/04/2011	7,91	7,36	7,60	5.489	10.828,3	9.980	NR	NR	NR	30.550	15.760	11.220	28.594	19.948	19.254
14/04/2011	7,40	7,46	7,65	8.333,3	9.630,7	10.479	NR	NR	NR	34.800	17.040	13.740	31.486	21.432	19.422
19/04/2011	7,53	7,32	7,53	10.978	12.175,6	10.878,2	NR	NR	NR	37.600	17.440	11.660	34.860	18.440	17.516
26/04/2011	7,50	7,36	7,52	8.832,3	12.524,9	13.722,5	NR	NR	NR	32.150	17.840	15.040	41.066	22.304	19.450
28/04/2011	7,47	7,36	7,50	15.469	11.477	12.974	NR	NR	NR	41.750	19.100	16.000	55.550	22.508	25.526
03/05/2011	8,27	7,37	7,53	13.273,4	12.475	12.375,2	NR	NR	NR	27.300	17.600	15.080	54.176	22.754	18.458
05/05/2011	8,19	7,45	7,51	9.231,5	12.624,7	11.427,1	NR	NR	NR	19.192	21.460	15.420	22.192	25.078	26.528
10/05/2011	6,79	7,42	7,53	9.568,12	16.200	12.453,75	NR	NR	NR	50.150	54.100	17.360	60.026	72.362	19.910
12/05/2011	6,93	7,35	7,53	8.808,75	13.061,25	13.618,12	NR	NR	NR	42.050	22.140	20.940	56.312	29.032	27.738
17/05/2011	8,71	7,45	7,60	12.048,75	12.909,37	11.745	NR	NR	NR	32.800	22.920	13.700	30.822	25.886	13.070
19/05/2011	8,10	7,45	7,59	13.061,25	12.960	12.504,37	NR	NR	NR	50.450	27.100	14.820	90.648	26.168	16.800
24/05/2011	7,30	7,39	7,59	10.378,12	17.566,87	13.820,32	NR	NR	NR	37.400	37.600	19.800	47.322	34.068	25.016
26/05/2011	6,94	7,31	7,54	11.846,25	14.580	14.225,62	NR	NR	NR	39.650	30.150	21.620	52.214	31.352	24.106
<b>Média</b>	<b>7,66</b>	<b>7,36</b>	<b>7,61</b>	<b>8.285,04</b>	<b>10.247,83</b>	<b>10.640,92</b>	<b>15.756,31</b>	<b>10.211,56</b>	<b>5.139,6</b>	<b>30.043,87</b>	<b>21.623,42</b>	<b>14.238,33</b>	<b>31.393,83</b>	<b>23.221,65</b>	<b>19.058,25</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,50</b>	<b>0,120</b>	<b>0,09</b>	<b>3.170,27</b>	<b>2.913,71</b>	<b>2.975,37</b>	<b>7.122,68</b>	<b>3.324,25</b>	<b>3.367,82</b>	<b>11.578,72</b>	<b>8.896,80</b>	<b>3.530,54</b>	<b>15.385,82</b>	<b>8.368,27</b>	<b>5.302,36</b>

Fonte: Laboratório São Camilo Alimentos e Água (2010).

Nota: AFL - Afluente / EFL - Efluente / NR - Não Realizado.

### Apêndice E - Temperatura Ambiente e Temperatura do Biogás na UGC

Data de Coleta	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Biogás (°C)
12/11/2010	31,53	29,37
13/11/2010	29,55	28,72
14/11/2010	29,87	28,70
15/11/2010	28,10	28,93
16/11/2010	27,01	26,82
17/11/2010	27,64	27,49
18/11/2010	28,43	26,85
19/11/2010	30,05	28,10
20/11/2010	29,27	28,47
21/11/2010	27,91	27,52
22/11/2010	28,24	28,11
23/11/2010	29,48	27,95
24/11/2010	29,62	29,20
25/11/2010	25,43	24,51
01/12/2010	30,93	28,79
02/12/2010	32,02	31,31
03/12/2010	27,10	26,58
04/12/2010	27,85	27,71
05/12/2010	26,28	25,92
06/12/2010	29,30	27,00
07/12/2010	29,76	29,36
08/12/2010	29,32	27,53
09/12/2010	31,22	27,60
10/12/2010	28,57	28,61
11/12/2010	29,15	29,61
12/12/2010	31,66	32,43
13/12/2010	20,61	28,56
14/12/2010	22,84	27,08
15/12/2010	26,70	29,72
16/12/2010	26,56	28,91
17/12/2010	30,95	29,57
18/12/2010	32,80	32,64
19/12/2010	33,43	33,99
20/12/2010	32,35	34,20

Data de Coleta	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Biogás (°C)
21/12/2010	30,83	32,34
22/12/2010	30,40	33,24
23/12/2010	29,41	31,65
24/12/2010	30,86	32,61
25/12/2010	31,83	32,73
26/12/2010	32,35	33,29
27/12/2010	31,57	34,52
28/12/2010	32,83	34,09
29/12/2010	32,65	33,30
30/12/2010	31,26	33,94
31/12/2010	30,90	32,64
01/01/2011	29,26	32,70
02/01/2011	30,23	31,67
03/01/2011	30,29	33,48
04/01/2011	31,39	32,89
05/01/2011	33,72	33,62
06/01/2011	33,61	34,22
07/01/2011	33,55	34,11
08/01/2011	34,08	33,42
09/01/2011	33,03	33,68
10/01/2011	33,01	33,04
11/01/2011	29,87	31,51
12/01/2011	29,22	31,45
13/01/2011	28,21	27,00
28/01/2011	35,08	36,02
29/01/2011	33,14	33,07
30/01/2011	33,57	33,79
31/01/2011	33,49	35,04
01/02/2011	32,8	32,6
02/02/2011	32,9	31,9
03/02/2011	33,6	34,2
04/02/2011	32,4	32,5
05/02/2011	32,3	33,3
06/02/2011	32,9	33,1
07/02/2011	32,4	33,5
08/02/2011	31,7	32,2
09/02/2011	31,4	31,1
10/02/2011	31,2	30,4

Data de Coleta	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Biogás (°C)
11/02/2011	31,2	31,5
12/02/2011	30,6	29,8
13/02/2011	31,0	29,0
14/02/2011	31,3	30,9
15/02/2011	31,3	30,5
16/02/2011	32,9	32,9
17/02/2011	34,2	34,4
18/02/2011	33,6	34,5
19/02/2011	33,5	34,3
20/02/2011	33,7	34,3
21/02/2011	33,4	34,4
22/02/2011	31,4	33,8
23/02/2011	31,6	33,0
24/02/2011	32,2	33,3
25/02/2011	33,4	34,6
26/02/2011	32,4	33,7
27/02/2011	33,0	33,3
28/02/2011	32,1	32,3
01/03/2011	32,7	31,4
02/03/2011	33,0	32,6
03/03/2011	31,5	32,0
04/03/2011	31,3	31,1
05/03/2011	32,1	32,3
06/03/2011	32,1	32,4
07/03/2011	32,2	32,9
08/03/2011	32,7	32,9
09/03/2011	33,0	33,3
10/03/2011	32,3	31,8
11/03/2011	32,6	32,5
12/03/2011	32,9	31,5
13/03/2011	33,7	32,6
14/03/2011	31,3	31,7
15/03/2011	31,9	32,2
16/03/2011	33,7	33,1
17/03/2011	33,2	33,6
18/03/2011	32,2	32,1
19/03/2011	31,6	31,2
20/03/2011	32,6	32,4

Data de Coleta	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura do Biogás (°C)
21/03/2011	33,3	32,7
22/03/2011	31,1	31,0
23/03/2011	31,8	31,5
24/03/2011	33,5	32,4
25/03/2011	34,2	33,4
26/03/2011	35,1	34,4
27/03/2011	33,6	32,9
28/03/2011	29,7	32,4
29/03/2011	30,2	33,1
30/03/2011	31,9	32,9
31/03/2011	30,0	30,4
01/04/2011	30,7	31,9
02/04/2011	31,8	29,6
03/04/2011	30,9	29,3
04/04/2011	31,3	29,7
05/04/2011	31,0	31,0
06/04/2011	28,4	29,4
07/04/2011	28,6	29,1
08/04/2011	25,4	27,8
18/04/2011	35,8	31,9
19/04/2011	31,2	26,8
20/04/2011	31,5	26,4
21/04/2011	29,3	24,1
22/04/2011	32,3	27,6
23/04/2011	27,0	22,2
24/04/2011	26,8	21,6
25/04/2011	29,9	23,9
26/04/2011	29,3	24,1
27/04/2011	29,5	24,3
28/04/2011	29,0	23,6
29/04/2011	28,6	23,8
30/04/2011	28,7	23,7
01/05/2011	25,3	20,5
02/05/2011	21,3	17,3
03/05/2011	22,1	18,3
04/05/2011	23,7	19,6
06/05/2011	27,5	23,2
07/05/2011	29,2	24,6

<b>Data de Coleta</b>	<b>Temperatura Ambiente (°C)</b>	<b>Temperatura do Biogás (°C)</b>
08/05/2011	30,6	25,9
09/05/2011	30,3	25,6
18/05/2011	27,7	24,5
24/05/2011	31,4	27,0
25/05/2011	29,3	24,2
26/05/2011	24,0	19,7
27/05/2011	21,7	17,7
28/05/2011	23,7	19,1
29/05/2011	23,6	18,9
30/05/2011	23,1	18,3
31/05/2011	23,2	18,5
<b>Média</b>	<b>30,5</b>	<b>29,8</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,98</b>	<b>4,25</b>

**Apêndice F - Monitoramento da Pressão nos Biodigestores da UGC**

<b>Data de Coleta</b>	<b>Pressão do Biogás (mmH<sub>2</sub>O)</b>
01/12/2010	2,02
02/12/2010	4,03
03/12/2010	5,56
04/12/2010	3,20
05/12/2010	3,14
06/12/2010	3,05
07/12/2010	3,91
08/12/2010	2,03
09/12/2010	1,89
10/12/2010	2,28
11/12/2010	1,13
12/12/2010	0,36
13/12/2010	0,86
14/12/2010	0,27
15/12/2010	0,18
16/12/2010	0,18
17/12/2010	0,13
18/12/2010	0,11
19/12/2010	0,11
20/12/2010	0,18
21/12/2010	0,09
22/12/2010	0,15
23/12/2010	0,12
24/12/2010	0,12
25/12/2010	0,09
26/12/2010	0,07
27/12/2010	0,08
28/12/2010	0,06
29/12/2010	0,06
30/12/2010	0,07
31/12/2010	0,08
01/01/2011	0,10
02/01/2011	0,08
03/01/2011	0,11

<b>Data de Coleta</b>	<b>Pressão do Biogás (mmH<sub>2</sub>O)</b>
04/01/2011	0,08
05/01/2011	0,07
06/01/2011	0,07
07/01/2011	0,05
08/01/2011	0,05
09/01/2011	0,07
10/01/2011	0,07
11/01/2011	0,06
12/01/2011	0,10
13/01/2011	0,12
26/01/2011	1,69
27/01/2011	1,84
28/01/2011	1,93
29/01/2011	1,85
30/01/2011	3,15
31/01/2011	1,62
01/02/2011	1,89
02/02/2011	3,25
03/02/2011	1,87
04/02/2011	1,99
05/02/2011	2,00
06/02/2011	1,83
07/02/2011	2,63
08/02/2011	2,57
09/02/2011	2,30
10/02/2011	1,84
11/02/2011	1,88
12/02/2011	2,49
13/02/2011	3,06
14/02/2011	2,01
15/02/2011	1,70
16/02/2011	1,13
17/02/2011	0,77
18/02/2011	1,08
19/02/2011	1,02
20/02/2011	0,82
21/02/2011	0,91



<b>Data de Coleta</b>	<b>Pressão do Biogás (mmH<sub>2</sub>O)</b>
22/02/2011	1,57
23/02/2011	1,83
24/02/2011	1,54
25/02/2011	0,91
26/02/2011	1,22
27/02/2011	2,26
28/02/2011	2,54
01/03/2011	0,45
02/03/2011	0,41
03/03/2011	0,39
04/03/2011	0,47
05/03/2011	0,49
06/03/2011	0,43
07/03/2011	0,41
08/03/2011	0,40
09/03/2011	0,46
10/03/2011	1,80
11/03/2011	1,05
12/03/2011	0,71
13/03/2011	0,63
14/03/2011	0,78
15/03/2011	0,73
16/03/2011	0,74
17/03/2011	0,89
18/03/2011	1,41
19/03/2011	1,49
20/03/2011	1,21
21/03/2011	1,12
22/03/2011	1,45
23/03/2011	1,50
24/03/2011	1,47
25/03/2011	1,53
26/03/2011	1,57
27/03/2011	1,44
28/03/2011	1,14
29/03/2011	1,11
30/03/2011	1,02

<b>Data de Coleta</b>	<b>Pressão do Biogás (mmH<sub>2</sub>O)</b>
31/03/2011	1,15
01/04/2011	1,22
02/04/2011	0,87
03/04/2011	0,80
04/04/2011	0,82
05/04/2011	0,95
06/04/2011	1,22
07/04/2011	1,23
08/04/2011	1,36
18/04/2011	1,31
19/04/2011	1,43
20/04/2011	1,52
21/04/2011	1,64
22/04/2011	1,67
23/04/2011	1,26
24/04/2011	2,33
25/04/2011	5,05
26/04/2011	7,20
27/04/2011	7,20
28/04/2011	5,38
29/04/2011	1,64
30/04/2011	1,75
01/05/2011	1,81
02/05/2011	1,76
03/05/2011	1,86
04/05/2011	1,93
05/05/2011	2,23
06/05/2011	2,26
07/05/2011	2,23
18/05/2011	0,51
08/05/2011	1,97
09/05/2011	1,32
<b>Média</b>	<b>1,40</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,30</b>

**ANEXOS**

**Anexo A - Resolução Autorizativa ANEEL Nº 1.482, 29 de julho de 2008**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO AUTORIZATIVA Nº 1.482, DE 29 DE JULHO DE 2008

Autoriza Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental apresentado pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL como projeto piloto de implantação de geração distribuída em baixa tensão.

(\*) Vide alterações e inclusões no final do texto

[Relatório](#)

[Voto](#)

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, nos arts. 13 e 15 do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, com base no art. 4º, inciso IV, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, na Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004, na Resolução Normativa nº 167, de 10 de outubro de 2005, o que consta do Processo nº 48500.002596/2008-33, e considerando que:

o Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental apresentado pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL visa contratar o excedente de energia elétrica produzida em pequenas propriedades rurais a partir do biogás produzido por dejetos orgânicos de animais, resolve:

Art. 1º Autorizar, por 6 (seis) meses, a implantação de projeto piloto que vise ao estabelecimento de procedimento simplificado de registro de central geradora com potência instalada de até 300 kVA, que utilize biogás produzido por dejetos orgânicos de animais, conectado no nível de baixa tensão e com comercialização de energia elétrica exclusivamente na modalidade de geração distribuída com a Companhia Paranaense de Energia – COPEL.

Parágrafo único. A central geradora deverá encaminhar à ANEEL, conforme Resolução nº [112](#), de 18 de maio de 1999, ficha técnica acompanhada de documento emitido pela COPEL contendo informações sobre o ponto de conexão da central geradora e seu requerimento para obtenção do registro, o qual deverá conter, ainda:

I - solicitação de percentual de redução de 100% na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição - TUSD; e

II - informação de que a comercialização da energia elétrica gerada será realizada de forma exclusiva com a COPEL.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JERSON KELMAN

(\*) Prorrogado o prazo, pela REA ANEEL [1.900](#) de 05.05.2009, D.O. de 13.05.2009, seção 1, p. 47, v. 146, n. 89.

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 20.08.2008, seção 1, p. 74, v. 145, n. 160.

**Anexo B - Resolução Normativa ANEEL Nº 390, 15 de dezembro de 2009**

## AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

### RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 390, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2009

Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e dá outras providências.

(\*) Vide alterações e inclusões no final do texto

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com Deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto no art. 6º, no inciso I do art.7º e no art. 8º da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, no art. 4º, inciso I, do Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, com base no art. 3º-A, inciso II, da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, incluído pelo art. 9º da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no art. 1º, inciso I, do Decreto nº 4.932, de 23 de dezembro de 2003, com redação dada pelo Decreto nº 4.970, de 30 de janeiro de 2004, o que consta no processo nº 48500.006126/2009-20, e considerando:

a necessidade de atualização dos procedimentos para as usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, no que se refere a Autorização para a sua exploração ou alteração da capacidade instalada, contidos na Resolução nº 112, de 18 de maio de 1999;

em função da Audiência Pública nº 041, de 2009, realizada no período de 29 de outubro a 18 de novembro de 2009, foram recebidas sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento deste ato regulamentar, resolve:

#### DO OBJETO

Art. 1º Estabelecer os requisitos necessários, junto à Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, para a outorga de autorização para exploração de usinas termelétricas e outras fontes alternativas de energia e registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida.

Parágrafo único. As centrais geradoras referidas nesta Resolução não compreendem aquelas cuja fonte de energia primária seja hidráulica, eólica ou nuclear.

#### DA APLICAÇÃO

Art. 2º O disposto nesta Resolução aplica-se a:

I – pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que produzam ou venham a produzir energia elétrica destinada à produção independente de energia elétrica; ou



II – pessoa física, pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que produzam ou venham a produzir energia elétrica em regime de autoprodução de energia elétrica.

## DO REQUERIMENTO DE OUTORGA

Art. 3º A Autorização para exploração das centrais geradoras com potência superior a 5.000 kW deverá ser requerida à ANEEL, pelo representante legal da empresa, mediante apresentação dos documentos originais ou cópias devidamente autenticadas, constantes do Anexo I.

Art. 4º O interessado deverá comprovar sua regularidade fiscal perante as Contribuições Previdenciárias e as de Terceiros, o FGTS, e para com as Fazendas Municipal, Estadual e Federal e Dívida Ativa da União do domicílio ou sede do interessado.

§1º O interessado deverá atualizar todas as certidões de regularidade fiscal discriminadas no *caput* para a obtenção da outorga.

§2º O agente de geração deverá manter sua regularidade fiscal durante todo o período da outorga, estando sujeito às penalidades previstas na Resolução ANEEL nº [63](#), de 12 de maio de 2004.

Art. 5º Os requerimentos de outorga de centrais geradoras protocolados na ANEEL serão recebidos por meio de Despacho a ser emitido pela Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração – SCG.

§1º O documento a que se refere o *caput* deste artigo terá como finalidade, dentre outras, permitir que o agente interessado realize a consulta de acesso às concessionárias de distribuição e ao Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS; e solicite licenças e/ou autorizações aos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental e pela outorga de recursos hídricos e demais órgãos públicos federais, estaduais, municipais ou do Distrito Federal.

§2º O Despacho de recebimento do requerimento de outorga não gera o direito de preferência, exclusividade ou garantia de obtenção da Autorização para exploração do respectivo empreendimento.

Art. 6º Após a publicação do Despacho de que trata o Art. 5º, o interessado poderá empreender as ações necessárias à implantação do empreendimento, inclusive iniciar a construção do empreendimento, por sua conta e risco.

§1º A publicação do Despacho não exime o interessado das obrigações ambientais e das exigências dos demais órgãos públicos federais, estaduais e municipais ou do Distrito Federal.

§2º Sem prejuízo do disposto no *caput*, a ausência de autorização, seja em razão do indeferimento do pedido de outorga ou de qualquer outra razão, não ensejará qualquer responsabilidade à ANEEL ou ao Poder Concedente.

Art. 7º O interessado somente poderá conectar-se ao sistema elétrico, bem como iniciar a operação em teste e comercial do empreendimento após a publicação da Resolução de autorização para exploração da central geradora.

Art. 8º O requerimento de outorga será indeferido caso se verifique que o interessado descumpriu qualquer disposição legal ou regulamentar.

Art. 9º Caso o interessado não encaminhe algum dos documentos previstos no Anexo I desta Resolução, ou solicitados pela ANEEL, o processo de outorga será arquivado até o integral cumprimento de todas as exigências.

## **DA AUTORIZAÇÃO PARA EXPLORAÇÃO E ALTERAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA**

Art. 10. Após a emissão do Despacho de registro do requerimento de outorga, o interessado deverá apresentar, em até 60 (sessenta) dias, após a emissão da Informação de Acesso, os documentos constantes no Anexo II.

Art. 11. Para fins de outorga, a ANEEL analisará os seguintes aspectos definidores da capacidade de geração e das condições de operação da central geradora:

- a) disponibilidade de combustível, quando for o caso;
- b) capacidade instalada; e
- c) acesso às instalações de transmissão e de distribuição, constituído de conexão e uso.

Art. 12. Para fins de alteração da capacidade instalada, a Autorizada deverá encaminhar à ANEEL a documentação referente à qualificação técnica prevista no Anexo I e os documentos constantes do Anexo II, atualizados.

Art. 13. No caso de transferência total ou parcial da titularidade da autorização, o sucessor deverá encaminhar à ANEEL os documentos de qualificação jurídica listados no Anexo I.

Art. 14. A ANEEL examinará o histórico do interessado, inclusive dos componentes do grupo econômico do qual faz parte, quanto ao comportamento e penalidades acaso imputadas no desenvolvimento deste e de outros processos de autorização e concessão dos serviços de energia elétrica, sob pena de indeferimento da solicitação de outorga.

§ 1º A análise do processo de outorga será sobrestada caso se verifique a existência de irregularidades.

§ 2º Na ocorrência do disposto no § 1º, após comunicação da ANEEL, o interessado terá até 60 (sessenta) dias para regularização, findos os quais, sem manifestação ou descumpridas as determinações da ANEEL, o Despacho de requerimento de outorga será revogado com conseqüente arquivamento do respectivo Processo.

§ 3º Sanadas as irregularidades, os documentos exigidos no Art. 3º deverão ser atualizados e a ANEEL retomará a análise do Processo de outorga.

Art. 15. A Autorizada deverá cumprir a legislação relativa aos recursos hídricos, no que se refere à captação e lançamento de água de uso na central geradora.

Art. 16. A Autorizada deverá manter em seu arquivo, à disposição da ANEEL, os seguintes documentos:

I – Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) ou estudo ambiental formalmente requerido pelo órgão ambiental conforme legislação específica de meio ambiente;

II – Projeto Básico; e

III – Resultados dos ensaios de comissionamento.

Art. 17. As centrais geradoras que compartilhem um dos sistemas a seguir serão considerados como empreendimento único, salvo a juízo exclusivo da ANEEL:

- I - medição elétrica para fins de contrato de conexão e comercialização de energia;
- II - sistema de controle e supervisão; e
- III - sistemas e serviços auxiliares.

## **DA AUTORIZAÇÃO PARA COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA POR AUTOPRODUTORES**

Art. 18. Os outorgados sob o regime de autoprodução de energia elétrica estão autorizados a comercializar os seus excedentes de energia na forma do inciso IV do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

## **DO REGISTRO DE CENTRAIS GERADORAS COM CAPACIDADE REDUZIDA**

Art. 19. A implantação das centrais geradoras com potência igual ou inferior a 5.000 kW deverá ser comunicada à ANEEL.

§1º. Para fins de registro na Agência, o interessado deverá apresentar o Formulário de Registro do empreendimento, na forma do modelo constante no Anexo III, e a Licença Ambiental necessária ao início da operação da central geradora.

§2º. O Registro não isenta o empreendedor das obrigações ambientais e exigências requeridas pelos órgãos públicos federais, estaduais ou municipais, não gerando qualquer imputação de responsabilidades à ANEEL ou ao Poder Concedente.

Art. 20. É assegurada às centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e registradas na ANEEL, a comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão, nos termos da legislação vigente.

## **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS**

Art. 21. A documentação referente aos requisitos técnicos, em todas as suas partes, deverá estar assinada pelo engenheiro responsável pelas informações, incluindo a comprovação de sua inscrição e regularidade perante o Conselho Regional de Arquitetura e Agronomia – CREA.

Art. 22. Quaisquer modificações dos dados apresentados na solicitação de Registro ou no requerimento de outorga de autorização, que impliquem alterações nas características do empreendimento, deverão ser informadas à ANEEL, antes da emissão do respectivo ato.

Art. 23. A ANEEL poderá solicitar outros dados e informações correlatos, ou a complementação daqueles já apresentados, para melhor instrução e análise dos requerimentos de que tratam esta Resolução.

Art. 24. Para o acesso às instalações de distribuição e de transmissão, incluindo o atendimento às etapas para viabilização do acesso, os interessados devem seguir o disposto nos Procedimentos de Rede, nos Procedimentos de Distribuição - Prodist e na regulamentação específica da ANEEL.

Art. 25. No caso de empresas organizadas sob a forma de consórcio:

I - as obrigações pecuniárias perante a ANEEL são proporcionais à participação de cada consorciada, sem prejuízo da solidariedade entre si e

II - posteriormente à outorga, caso haja transferência parcial ou total da autorização, deverá ser solicitada prévia anuência da ANEEL, conforme legislação em vigor.

Art. 26. O desatendimento às condições e obrigações estabelecidas nesta Resolução sujeitará o agente de geração às penalidades previstas na Resolução ANEEL nº [63](#), de 12 de maio de 2004, e legislação específica.

Art. 27. Todas as solicitações de autorização protocoladas na Agência até a data de publicação desta Resolução, cujo ato de outorga não tenha sido emitido, serão analisadas segundo as regras aqui estabelecidas.

Art. 28. Fica revogada a Resolução nº [112](#), de 18 de maio de 1999.

Art. 29. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 18.12.2009, seção 1, p. 110, v. 146, n. 242.

(\*) Texto em negrito com redação alterada conforme retificação publicada no D.O. de 17.02.2010, seção 1, p. 59, v. 147, n. 31.

**Anexo I**  
**DOCUMENTOS NECESSÁRIOS AO REQUERIMENTO DE OUTORGA**

**1. Qualificação Jurídica:**

- 1.1. Organograma do Grupo Econômico, promovendo abertura do quadro de acionistas, até a participação acionária final, inclusive de quotista/acionista pessoa física, constando o nome ou razão social, obedecendo às seguintes regras:
  - 1.1.1. O organograma deverá apresentar as participações diretas e indiretas, até seu último nível;
  - 1.1.2. A abertura deve considerar todo tipo de participação, inclusive minoritária, superior a 5% (cinco por cento); e
  - 1.1.3. As participações inferiores a 5% (cinco por cento) também devem ser informadas, quando o acionista fizer parte do Grupo de Controle por meio de Acordo de Acionistas.
- 1.2. Ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor, devidamente registrado no órgão competente, acompanhado do ato que instituiu a atual administração, observando, no que couber, o disposto na Lei nº 6.404, de 15 de setembro de 1976;
- 1.3. Contrato de Constituição de Consórcio, quando for o caso, firmado por instrumento público ou particular, na forma estabelecida no art. 279 da Lei nº 6.404, de 1976, e no art. 33 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, subscrito pelos representantes legais das empresas consorciadas e com firma reconhecida, o qual deverá contemplar as seguintes cláusulas específicas:
  - 1.3.1. indicação da participação percentual de cada empresa; e
  - 1.3.2. designação da líder do consórcio, com quem a ANEEL se relacionará e será perante ela responsável pelo cumprimento das obrigações descritas no ato autorizativo, sem prejuízo da responsabilidade solidária das demais empresas consorciadas.
- 1.4. Declaração de propriedade ou da posse direta das áreas necessárias à implantação da central geradora mediante justo título, conforme modelo apresentado no Anexo IV.
- 1.5. No caso de autorização sob o regime de autoprodução para pessoa física deverá ser apresentado o Cadastro de Pessoas Físicas – CPF do interessado.

**2. Qualificação Técnica:**

- 2.1. Arranjo geral da usina com planta de localização, incluindo a delimitação do terreno e da instalação de transmissão de interesse restrito;
- 2.2. Memorial descritivo da usina, detalhando suas características técnicas principais desde a fonte primária à produção de eletricidade e outras utilidades, incluindo a instalação de transmissão de interesse restrito;
- 2.3. Diagrama elétrico unifilar geral simplificado;
- 2.4. Informação sobre a disponibilidade dos combustíveis previstos.
- 2.5. Ficha técnica na forma do modelo apresentado no Anexo V;

Anexo II  
DOCUMENTOS A SEREM ENCAMINHADOS PARA A OBTENÇÃO DA OUTORGA

1. Licença ambiental compatível com a etapa do projeto;
2. Outorga de uso dos recursos hídricos, ou documento do órgão competente dispensando a outorga;
3. Para os produtores independentes de energia e os autoprodutores despachados centralizadamente deverá ser apresentado contrato de fornecimento de combustível ou compromisso de fornecimento e, quando se tratar de biomassa, estudo comprovando a disponibilidade de combustível;
4. Informação de Acesso emitida pela concessionária de distribuição, pelo ONS, ou ainda, excepcionalmente, pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, a respeito da viabilidade da conexão do empreendimento.
  - 4.1. A Informação de Acesso obtida via estudo realizado pela EPE, de que trata o item 4, será válida apenas nos casos em que a entrada em operação da central geradora exceda o horizonte de planejamento do ONS.
5. Cronograma físico completo atualizado da implantação do empreendimento, apresentado por meio de diagrama de barras e tabela, onde deverão ser destacadas as datas dos principais marcos, conforme relação a seguir:
  - início das obras civis das estruturas;
  - início da montagem eletromecânica das unidades geradoras;
  - início das obras da subestação e/ou da linha de transmissão de interesse restrito;
  - conclusão da montagem eletromecânica das unidades geradoras;
  - início da operação em teste: (por unidade geradora)
  - início da operação comercial: (por unidade geradora)

**Anexo III**  
**FORMULÁRIO DE REGISTRO DE CENTRAL GERADORA**



**1. IDENTIFICAÇÃO**

**Proprietário**

Nome	Telefone ( )	Fax ( )
Endereço	Município	UF
CNPJ/CPF	e-mail	

**Central geradora**

Denominação UTE	Telefone ( )	Fax ( )
Endereço	Município	UF
Coord. geográficas: Latitude	Longitude	e-mail

**2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA CENTRAL GERADORA**

**Usina Termelétrica - UTE**

Potência Instalada Total Bruta (kW):	
Nº de Unidades Geradoras:	
Combustível (se aplicável):	

Geradoras	Potência (kW)	Tensão (kV)	Fator de Potência (cos φ)	Potência (kW)	Data de Entrada em Operação
01					
02					

**Usina Fotovoltaica - SOL**

Potência Instalada Total (kWp):	
Área Total da Usina (m <sup>2</sup> ):	
Número de Arranjos:	
Módulos da Usina Fotovoltaica:	

Arranjos	Nº de Placas por Arranjo	Área do Arranjo (m <sup>2</sup> )	Potência de Pico (kW)	Data de Entrada em Operação
01				
02				

Declaro que as informações prestadas neste documento correspondem ao empreendimento em referência e estão de acordo com a legislação aplicável, em especial com o disposto nas Resoluções da ANEEL que tratam sobre a outorga de empreendimentos de geração. Estou ciente de que declarações falsas ou inexatas caracterizam crime de falsidade ideológica (art. 1.299 do Código Penal).

Local \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Proprietário ou representante legal pelo empreendimento

Anexo IV

Declaração de Propriedade ou Posse Direta das Áreas Necessárias à Implantação da Central geradora

À Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Referência: Outorga de Autorização


Eu .....(*nome completo do representante legal*)....., .....(*nacionalidade*)....., inscrito no CPF sob o nº. ...., representante legal da empresa (*ou das empresas reunidas em consórcio*) ..... inscrita sob o CNPJ/MF nº. ...., sediada no endereço ..... declaro, para fins do disposto item 1.4 do Anexo I da Resolução nº XXX/2009, que possuo a propriedade ou a posse direta das áreas necessárias à implantação da central geradora (*nome da central geradora*), mediante justo título, localizada em (*andarço*), município ....., estado de ....., respondendo nas instâncias civil, penal (art. 299 do Código Penal) e administrativa pela inconsistência desta declaração.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200X

\_\_\_\_\_  
Representante Legal



**Anexo V**  
**Ficha técnica de usinas termelétricas.**

 <p><b>ANEEL</b> Agência Nacional de Energia Elétrica</p>	<b>FICHA TÉCNICA</b>  <b>USINAS TERMELÉTRICAS</b>	<b>SCG</b> Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
	ENDEREÇO: SGAN 803 - MÓDULO J 2º ANDAR - TEL.: (81) 2192-8753 - FAX: (81) 2192-8777 - CEP. 70.630.030 - BRASÍLIA - DF	

**1. IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR:**

NOME:			
ENDEREÇO:			
DISTRITO:		MUNICÍPIO:	
ESTADO:		ESTADO:	
CNPJ/CPF:	TEL: ( )	FAX: ( )	E-mail:
FINALIDADE	AUTOPRODUTOR - AP ( ) COMERCIALIZAÇÃO EXCEDENTES ( )		PRODUTOR INDEPENDENTE -PIE ( )

**2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCA DO EMPREENDIMENTO:**

NOME:			
ENDEREÇO:			
MUNICÍPIO:		ESTADO:	
TEL: ( )		FAX: ( )	
E-MAIL:		E-MAIL:	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE:	LONGITUDE:	
ALTITUDE (M):	TEMPERATURA AMBIENTE MÉDIA ANUAL (°C):	UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL (%):	
SISTEMA	ISOLADO ( )	INTERLIGADO ( )	INTEGRADO ( )
	PARALELISMO PERMANENTE:	SIM ( )	NÃO ( )

**3. CUSTOS ÍNDICES:**

CENTRAL	GERADORA	TRANSMISSÃO	ENERGIA PRODUZIDA (R\$/MWh):
(R\$/kW):		ASSOCIADA (R\$/kW)	DATA BASE: / /
DATA BASE: / /		DATA BASE: / /	

**4. USINA TERMELÉTRICA:**

Potência instalada total bruta (kw) (dos geradores):	Nº de unidades geradoras:
Combustível (ou energético) principal	Balanco de eletricidade
Denominação:	Máxima geração bruta (kwh/h):
Consumo (kg/h):	Consumo em serviços auxiliares (kwh/h):
Densidade (kg/m³):	Máxima geração líquida (kwh/h):
Poder calorífico inferior – pci	Consumo do processo conexo (kwh/h):
Ou conteúdo energético (kj/kg ou kcal/kg):	Intercâmbio com rede (kw): exporta ou importa
Combustível alternativo:	Calendário do ciclo operativo: contínuo ( ) ; sazonal ( ) período:

Rendimento da usina (%) = Se co-geração, utilidade eletricidade (%) + utilidade calor (%)	Fator de disponibilidade dentro do ciclo operativo (%): Fator de utilização média das instalações dentro do ciclo operativo (%):
---	--

**ESTRUTURA TECNOLÓGICA:**

Configuração dos Blocos:			
( ) Geração Pura	( ) em ciclo simples:	( ) Caldeira - TV	( ) TG <sup>1</sup>
	( ) em ciclo combinado:	( ) TG <sup>1</sup> - Recuperadora - TV	
( ) Co-geração	( ) em ciclo simples:	( ) Caldeira - TV	
	( ) em ciclo combinado:	( ) TG <sup>1</sup> - Recuperadora	( ) TG <sup>1</sup> - Recuperadora - TV

<sup>1</sup> ou Motor Alternativo (Otto ou Diesel)

**GERADORES ELÉTRICOS DA USINA TERMELÉTRICA:**

Geradores	Potência Aparente (kVA)	Fator de Potência	Potência Ativa (kW)	Tensão (kV)	Frequência (Hz)	Classe de Isolamento	Rotação (rpm)	Fabricante	Data Prevista de Entrada em Operação Comercial

**EQUIPAMENTO MOTRIZ DA USINA TERMELÉTRICA :**

Equipamento Motriz	Tipo (1)	Potência (kW)	Rotação (rpm)	Fabricante	Eficiência com seu ciclo (%) ou Heat-Rate (kJ ou kcal/kWh)

(1) TURBINA A VAPOR (exaustão em contrapressão ou condensação; com ou sem extração intermediária);  
MOTOR ALTERNATIVO (Otto ou Diesel; indicar o combustível);  
TURBO-EXPANSOR (indicar o energético);  
TURBINA A GÁS (industrial ou aeroderivada; indicar o combustível)

**GERADORES DE VAPOR DA USINA TERMELÉTRICA (1):**

Geradores de vapor	Tipo (1)	Capacidade (t/h)	Pressão no Instrumento (bar)	Temperatura (°C)	Eficiência (%)	Fabricante

(1)

**CALDEIRA** (flama ou aquatubular; circulação natural ou forçada ou once-through);

**RECUPERADORA DE CALOR** (circulação natural ou forçada; sem ou com queima suplementar, nesse caso indicar o combustível)

**SISTEMA DE RESFRIAMENTO:** Aberto ( ) ; Torre Evaporativa ( ) ; Torre Seca ( )

Gerador de Vapor: reposição de perdas (m³/h) em água (industrial ou desmineralizada):
Máquinas Rotantes: vazão de circulação (m³/h) em água industrial; adicionalmente e em caso de uso de torre, a reposição de perdas (m³/h) em água industrial
Condensador: vazão de circulação (m³/h) em água industrial; adicionalmente e em caso de uso de torre, a reposição de perdas (m³/h) em água industrial

ENGENHEIRO RESPONSÁVEL  
PELAS INFORMAÇÕES  
TÉCNICAS CONTIDAS NO Nº DE REGISTRO NACIONAL NO CONFEA :  
PROCESSO: NOME:

ASSINATURA:

LOCAL:

DATA:

(1) NÃO SENDO OS ESPAÇOS SUFICIENTES PARA ENTRADA DE TODOS OS DADOS (OU DADOS ESPECÍFICOS DE UM DETERMINADO EQUIPAMENTO), FAVOR AMPLIÁ-LOS ADEQUADAMENTE. (Incluir linhas onde necessário)