

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS COM ÊNFASE EM
BIOGÁS**

**FATORES ESTRUTURAIS E DE MANEJO NA
SUINOCULTURA QUE INTERFEREM NA PRODUÇÃO DE
BIOGÁS E VIABILIDADE ECONÔMICA NA PRODUÇÃO
DE ENERGIA**

Alexandre José Gontijo Spolaore

**Foz do Iguaçu
2013**

Alexandre José Gontijo Spolaore

**FATORES ESTRUTURAIS E DE MANEJO NA SUINOCULTURA
QUE INTERFEREM NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E VIABILIDADE
ECONÔMICA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis, com Ênfase em Biogás.

Orientador: Prof. Msc. Thiago Edwiges

Co-Orientador: Dr. Airton Kunz

Foz do Iguaçu

2013

533.73 Spolaore, Alexandre José Gontijo
S762f . Fatores estruturais e de manejo na
suinocultura que
interferem na produção de biogás e viabilidade
Econômica na produção de energia
. / Alexandre José Gontijo Spolaore. -- Foz do
Iguaçu, 2013.
101 f.: il.

Monografia (Especialização em energias
renováveis com ênfase em biogás) --Universidade
Federal da Integração Latino Americana, Foz do
Iguaçu, PR, 2013.

Bibliografia.
Orientador: Prof. Msc. Thiago Edwiges
Co-Orientador: Dr. Airton Kunz

1. Biogás. 2. Energia Renovável. 3. Suínos. I.
Título.

Ficha Catalográfica

DEDICATÓRIA

A Deus pela saúde, coragem, fé e inteligência, permitindo a ultrapassagem de cada obstáculo com sucesso e conseqüente conclusão do curso.

Dedico a minha esposa Alexandra, companheira de sempre, pela paciência e por ter cedido em alguns momentos parte do seu tempo, contribuindo com idéias e sugestões na execução de algumas atividades e pelo incentivo nos momentos de desânimo.

A minha filha Giulia que não teve a presença paterna em alguns finais de semana devido à realização das atividades do curso de especialização que subtraiu parte do meu tempo.

Aos idealizadores desta pós-graduação a distância que deu a mim a oportunidade de realizá-la, ampliando meu conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Ao gerente de operações Tiago Dias (AgCert do Brasil) por ter permitido a realização do curso de especialização e a minha presença nos encontros agendados durante o curso, me ausentando por alguns dias nas atividades de trabalho.

Ao colega Osni Nascimento que colaborou com envio de informações importantes para a realização do estudo de caso na Granja Muller.

Ao produtor Elton Alceu Endler por ter permitido o acesso a sua propriedade para verificação das instalações e suporte de informações fundamentais para a realização do estudo de caso.

Aos funcionários Dirceu e Sebastião, por ter me acompanhado durante visita na granja.

Ao orientador Prof. Thiago Edwiges pela disponibilidade em participar deste estudo, contribuindo para a realização e sucesso da monografia.

Ao co-orientador Dr. Airton Kunz pelas suas contribuições neste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em um estabelecimento localizado a 20 km do município de Toledo/PR, destinado a produção de suínos e teve como principais objetivos a avaliação de fatores estruturais das edificações e práticas de manejo capazes de interferir na produção de biogás, bem como a análise da viabilidade econômica da implantação de grupo motogerador para geração de energia elétrica, utilizando o biogás produzido a partir do tratamento de dejetos de suínos em biodigestor. A análise das condições estruturais foi realizada a partir da avaliação visual *in loco* das instalações e as práticas de manejo através de entrevista aplicada ao funcionário responsável. A análise de viabilidade econômica foi realizada considerando-se dois cenários: aquisição de dois geradores, suprimindo a demanda de energia de toda a propriedade (cenário 01) e aquisição de um gerador, suprimindo a demanda energética de parte da fazenda (cenário 02).

Os resultados evidenciaram que as práticas de manejo avaliadas podem interferir negativamente na produção de biogás desta propriedade. Ambos os cenários (01 e 02) demonstraram ser viáveis economicamente com TIR e VPL maiores do que TMA e Investimento.

Concluiu-se que existem deficiências nas condições estruturais e de práticas de manejo que podem influenciar negativamente na produção de biogás e os dois cenários propostos são economicamente viáveis.

Palavras-chave: Suínos – Biogás – Energia Renovável

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
M ³	Metro cúbico
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MS	Matéria Seca
PBE	<i>Payback</i> Econômico
PBS	<i>Payback</i> Simples
PRC	Período de Recuperação do Capital
PP	Polipropeno ou polipropileno
RBC	Relação Benefício Custo
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos Voláteis
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRH	Tempo de Retenção Hidráulica
UPL	Unidade Produtora de Leitões
UT	Unidade de Terminação
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Digestão anaeróbia do material orgânico solúvel.....	25
FIGURA 2: Grupos de bactérias e fases distintas no processo de digestão anaeróbia	25
FIGURA 3: Biodigestor modelo batelada.....	28
FIGURA 4: Biodigestor modelo indiano.....	29
FIGURA 5: Biodigestor modelo chinês.....	30
FIGURA 6: Biodigestor lagoa coberta – <i>Plug Flow</i>	31
FIGURA 7: Biodigestor rural – versão UASB utilizado no projeto Condomínio Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon/PR.....	32
FIGURA 8: Fatores que influenciam a produtividade energética do dejetos.....	33
FIGURA 9: Produção de biogás segundo modelo Chen	34
FIGURA 10: Fórmula do Valor Presente Líquido (VPL)	44
FIGURA 11: Localização da cidade de Toledo, estado do Paraná.....	46
FIGURA 12: Sistema de tratamento de dejetos e combustão biogás	48
FIGURA 13: Medidor de vazão, marca Dresser	51
FIGURA 14: Organograma da metodologia utilizada no trabalho	56
FIGURA 15: Bebedouro calha com abastecimento automático com bóia.....	58
FIGURA 16: Fêmeas em gaiolas individuais e bebedouros calhas– Geração G1	58
FIGURA 17a e 17b : Geração – fêmea nas baias (bebedouro chupeta)	59
FIGURA 18: Geração – bebedouro pendular a esquerda e bebedouro ecológico a direita	59
FIGURA 19: Geração – bebedouro pendular a esquerda e bebedouro ecológico a direita	59
FIGURA 20: Sala de maternidade.....	60
FIGURA 21: Bebedouro tipo chupeta na cela de maternidade.....	61
FIGURA 22: Ampliação da maternidade (bebedouro tipo chupeta, modelo “Bite Ball”	61
FIGURA 23a, 23b, e 23c: Creche – bebedouros pendulares e fixos (chupeta)	62
FIGURA 24: Creche – bebedouros pendulares e fixos (chupeta)	63
FIGURA 25: Bomba d`água (motor 05 cv, vazão 60 a 100 L/min, pressão 20-50 kgf/cm)	65
FIGURA 26: Válvulas da vala de dejetos	67
FIGURA 27: Creche – sala com leitões.....	68
FIGURA 28: UT - Barracão com canaletas abertas na área externa.....	69
FIGURA 29a e 29b: Geração - beiral de telhado	69
FIGURA 30: Maternidade - caixa de dejetos externa e beiral de telhado com bom tamanho	70

FIGURA 31: Creche – beiral do telhado.....	70
FIGURA 32: UT – beiral de telhado curto.....	71
FIGURA 33a e 33b: Caixas abertas anterior ao biodigestor.....	72
FIGURA 34: Caixa de passagem à 2ª célula do biodigestor sem mureta que impede a entrada de água da chuva e no fim do declive	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição do biogás	20
TABELA 2: Equivalência energética entre (um) 01 m ³ de biogás e outros combustíveis	20
TABELA 3: Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos	34
TABELA 4: Produção de biogás a partir dos dejetos de suínos	35
TABELA 5: Produção de dejetos por suíno – resumo	36
TABELA 6: Produção de esterco seco e sólidos voláteis por fase de produção..36	
TABELA 7: Resumo da produção média diária de esterco + urina nas diferentes fases produtivas dos suínos.....	52
TABELA 8: Consumo médio anual de energia elétrica na sede, UPL e aviários de 2009 a 2011	53
TABELA 9: Média diária e média mensal de biogás produzido (em m ³) durante o período de 2008 a 2010	73
TABELA 10: Produção de biogás por m ³ de dejetos por dia, no período de janeiro a dezembro de 2010, calculada a partir do número de animais por fase de produção e volume estimado de dejetos por animal por dia	75
TABELA 11: Preço de peças de manutenção de rotina do grupo gerador – cenários 01 e 02.....	77
TABELA 12: Custos de depreciação dos bens depreciables – cenários 01 e 02	78
TABELA 13: Investimentos realizados pelo produtor (Cenário 01 e 02)	79
TABELA 14: Receita bruta anual obtida pelo produtor (Cenário 01 e 02)	80
TABELA 15: Receita líquida anual obtida pelo produtor (Cenário 01 e 02)	80
TABELA 16: Cálculo do pay-back descontado (cenário 1)	81
TABELA 17: Cálculo do VPL em planilha eletrônica (cenário 1).....	82
TABELA 18: Cálculo da TIR em planilha eletrônica (cenário 1)	82
TABELA 19: Cálculo do pay-back descontado (cenário 2)	84
TABELA 20: Cálculo do VPL em planilha eletrônica (cenário 2).....	84
TABELA 21: Cálculo da TIR em planilha eletrônica (cenário 2)	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Situação e tendências da exploração energética mundial e no Brasil	17
3.2 O Biogas.....	19
3.3 A importância da suinocultura na geração de biogás.....	21
3.4 Biodigestor – tratamento anaeróbico de dejetos de suínos.....	23
3.4.1 Tipos de biodigestores.....	26
3.4.2 Produção de biogás na digestão anaeróbia de dejetos de suínos	32
3.4.3 Fatores estruturais (edificações) e de manejo que interferem na produção de biogás.....	37
3.5 Viabilidade econômica da instalação de um grupo motogerador para produção de energia (métodos de avaliação de investimentos)	41
3.5.1 Payback (Período de Recuperação do Investimento)	42
3.5.2 Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de atratividade (TMA)	43
4 METODOLOGIA	46
4.1 Caracterização da área de estudo	46
4.2 Análise das condições estruturais e de manejo que interferem na produção de biogás	48
4.3 Análise da viabilidade econômica da exploração energética da geração de biogás.....	49
4.3.1 Produção de biogás, características do grupo motogerador e demanda energética da propriedade	50
4.3.2 Custos do projeto de geração energética.....	54
4.3.3 Análise de viabilidade econômica.....	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57

5.1 Condições estruturais e de manejo que interferem na produção de biogás.....	57
5.1.1 Condições dos bebedouros.....	57
5.1.2 Sistema de higienização das instalações.....	64
5.1.3 Manejo de envio de dejetos.....	66
5.1.4 Beiral de telhados.....	69
5.1.5 Condições da tubulação de dejetos dos galpões ao biodigestor.....	71
5.2 Viabilidade econômica da instalação do grupo motogerador a partir do biogás produzido pelo biodigestor em 2009.....	73
5.2.1 Produção de biogás versus produção de dejetos.....	73
5.2.2 Custos do projeto de geração energética.....	76
5.2.3 Manutenção do grupo motogerador.....	76
5.2.4 Depreciação.....	77
5.2.5 Estudo do cenário 01 – aquisição de dois geradores, suprimindo a demanda de energia de toda a propriedade.....	78
5.2.6 Estudo do cenário 02 — aquisição de um gerador, suprimindo a demanda energética da sede e UPL.....	79
5.2.7 Análise econômica.....	80
6 CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE QUESTIONÁRIO DE VISITA.....	98
ANEXO 1 TABELA DE RENDIMENTO DO GRUPO MOTOGERADOR.....	99
ANEXO 2 ORÇAMENTO DO GRUPO MOTOGERADOR.....	100

1 INTRODUÇÃO

Principalmente, a partir do século XX, a população mundial tem aumentado progressivamente acarretando em incremento do mercado consumidor, o que impõe o desenvolvimento de diversas áreas da economia tais como setores primário, secundário e terciário. A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente nos últimos anos, sendo o país o quarto produtor mundial de carne suína. Apesar de gerar importantes divisas ao país, é considerada uma atividade com potencial extremamente poluente ao ambiente.

Há que se considerar ainda que, no Brasil, grande parte do setor suinícola é formado por pequenos produtores que para se manterem no mercado e se tornarem competitivos, necessitam reduzir o custo da sua produção e concomitantemente, aumentar a produtividade. Diante dos desafios impostos, o produtor deve procurar instrumentos que viabilizem a atividade economicamente, de forma que a questão ambiental não seja um empecilho para o desenvolvimento da mesma.

Nos últimos 10 anos, movido pela preocupação referente ao aquecimento global, houve uma retomada na implantação de biodigestores nas propriedades suinícolas por empresas desenvolvedoras de projetos MDL (Mecanismo Desenvolvimento Limpo). A aprovação de cada projeto ocorria após a constatação de que seu escopo contemplava critérios de sustentabilidade. Portanto, as questões ambientais, econômicas e sociais deveriam ser atendidas em sua magnitude. Desta forma, a Granja Muller, objeto deste estudo, foi beneficiada obtendo muitas vantagens tais como:

- a) Comunidade Local: redução de odores provenientes da fermentação dos dejetos, diminuição das moscas (vetores de doenças para os homens e animais);
- b) Funcionários: treinamento e informação aos funcionários da granja sobre a importância e objetivos do projeto, conhecimento sobre aspectos operacionais do biodigestor, informações sobre os riscos envolvidos e a importância de se trabalhar de forma segura (uso de EPI's) ao adentrar a planta do biodigestor;
- c) Produtor: suprimento de energia limpa e renovável (biogás) e conseqüente redução nos custos com eletricidade e gás para a propriedade, implantação de um manejo de dejetos moderno e limpo, sem necessidade de investimento próprio, oportunidade de adequar-se à legislação ambiental local e oportunidade de ganhos com a geração de créditos de carbono.

Neste cenário, a implantação dos biodigestores nas propriedades agrícolas tem sido uma grande oportunidade, agregando aspectos positivos não apenas de saneamento e geração de energia, mas em muitos outros aspectos.

O produto biogás gerado no biodigestor, quando bem aproveitado, além de possibilitar a geração de energia, substituindo fontes de energia não renováveis (carvão, petróleo), mitiga grande parte dos gases que causam o efeito estufa oriundos da fermentação dos dejetos crus depositados em lagoas abertas, na ausência do sistema de digestão anaeróbio.

Isto evidencia uma eficiente gestão dos resíduos sendo um meio de se tornar auto-sustentável, transformando a biomassa disponível em energia limpa e biofertilizante rico em nutrientes, além de utilizar de forma racional os recursos naturais.

A criação de estabelecimentos descentralizados de energia em pequena escala pode ser a solução para produtores rurais, pois adequam os custos de energia da atividade suinícola, reduz as perdas na distribuição e transmissão, desonerando a concessionária de energia elétrica de investimentos para reforçar a rede.

Diversos fatores estruturais e de manejo interferem direta ou indiretamente na produção de biogás nesses sistemas, mas sem dúvida, a concentração de sólidos voláteis da biomassa que entra no biodigestor é

essencial para a eficiência do mesmo. Fatores estruturais como edificações com beiral curto, canaletas de dejetos abertas, bebedouros impróprios e o manejo inadequado de limpeza das instalações podem levar a diluição do substrato ocasionando perdas expressivas na produção do biogás.

Tais fatores devem ser identificados, corrigidos e/ou gerenciados, a fim de tornar os sistemas de tratamento eficientes tanto na degradação da matéria poluente quanto na produção de biogás.

Um dos fatores limitantes para viabilidade técnica do sistema de geração de eletricidade pela fermentação anaeróbica de dejetos é o número de animais necessário para produzir os resíduos que serão transformados em biogás. Assim, apesar de ser uma ferramenta importante para as granjas suínícolas do ponto de vista ambiental, nem sempre a instalação de um grupo motogerador a um biodigestor é economicamente viável para exploração energética da atividade, recomendando-se o estudo de cada caso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os fatores estruturais e de manejo que interferem na produção de biogás, assim como analisar a viabilidade econômica da implantação de grupo motogerador para geração de energia elétrica em unidade produtora de leitões e unidade de terminados.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar os fatores estruturais das edificações da Unidade Produtora de Leitões / Unidade de Terminação que possam interferir na produção de biogás.
- b) Identificar práticas de manejo capazes de interferir na produção de biogás.
- c) Realizar estudo de viabilidade econômica da exploração energética do biogás por meio da instalação de grupo motogerador para geração de energia elétrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Situação e tendências da exploração energética mundial e no Brasil

Energia, ar e água são ingredientes essenciais à vida humana. Nas sociedades primitivas seu custo era praticamente zero. A energia era obtida da lenha das florestas, para aquecimento e atividades domésticas, como cozinhar. Aos poucos, porém, o consumo de energia foi crescendo tanto que outras fontes se tornaram necessárias. Durante a Idade Média, as energias de cursos d'água e dos ventos foram utilizadas, mas em quantidades insuficientes para suprir as necessidades de populações crescentes, sobretudo nas cidades. Após a Revolução Industrial, foi preciso usar mais carvão, petróleo e gás, que têm um custo elevado para a produção e transporte até os centros consumidores (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Mais recentemente, no Brasil e em todo mundo, o consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelo uso das fontes de energias tradicionais levaram o governo e a sociedade a pensarem em novas alternativas para geração de energia. (PACHECO, 2006)

Infelizmente, ainda na atualidade, 81% da oferta energética mundial, estimada em 11,435 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, são baseadas nos combustíveis fósseis (IEA, 2007). O caminho para a mudança de uso das principais matrizes energéticas no Brasil e em todo o mundo ainda é longo.

Segundo Vichi e Mansor (2009), neste panorama mundial em mutação, o Brasil larga em vantagem por ter grande parte de sua matriz energética baseada em fontes renováveis. O crescimento econômico recente e a

descoberta de grandes reservas de petróleo e gás natural têm levado a um aumento da participação das fontes não renováveis na matriz energética do Brasil. Os impactos deste aumento deverão ser compensados pelo incremento no uso de fontes renováveis: biocombustíveis, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e energias solar e eólica, além do investimento em pesquisa e desenvolvimento de fontes renováveis ainda não consolidadas, como hidrogênio (células a combustível), biocombustíveis derivados de outras fontes, como algas, por exemplo, e energia solar fotovoltaica baseada em semicondutores diferentes do silício (TiO₂, ZnO e SnO₂, entre outros).

Diante deste cenário, além dos aspectos energéticos, os aspectos ambientais são de grande importância para a viabilização de uma atividade agroindustrial. Portanto, é aconselhável que no meio rural sejam utilizadas fontes de energia alternativas e de suprimentos de fertilizantes mais autônomas, ao mesmo tempo em que os impactos ambientais de atividades agropecuárias e agroindustriais sejam minimizados. Isto porque, além da energia, geram biofertilizante a partir de resíduos que poderiam estar contribuindo com a poluição dos recursos hídricos ou aumentando o efeito estufa (ANDRADE et al., 2002).

Concomitantemente a estes fatos, o Brasil ainda passou a enfrentar problemas quanto à destinação de resíduos oriundos da exploração de atividades agropecuárias. O país é o quinto maior produtor agrícola do mundo (IPEA, 2010). A produção agrícola nacional de grãos ultrapassou a casa de 160 milhões de toneladas na safra 2011/2012, segundo 11^o Levantamento realizado pela Conab (CONAB, 2012). Ainda, de acordo com a Estatística de Produção Pecuária publicada pelo IBGE em março de 2012 (IBGE, 2012), em 2011, foram abatidas 28,814 milhões de cabeças de bovinos, 5,269 bilhões de frangos e 34,862 milhões de suínos no Brasil, consolidando o país como um dos principais produtores de proteína de origem animal do mundo.

Os resíduos rurais são um excelente exemplo de energia alternativa, e a transformação dessa energia uma das grandes saídas para um ambiente sustentável (JORGE, 2005).

A partir do modelo de cálculo desenvolvido por Kunz et al., (2005), foram definidos alguns parâmetros de emissão de dejetos por fase de produção animal. Considerando estes cálculos, estima-se que a produção de dejetos líquidos/matriz/dia em uma criação de ciclo completo está ao redor de 60,6 m³. Assim, a poluição do meio ambiente na região produtora de suínos é alta, pois se comparado ao esgoto doméstico, a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) dos dejetos de suínos esta entre 30.000 e 52.000 mg/L, enquanto a do esgoto domestico é cerca de 200 mg/L , ou seja, 260 vezes superior (ASSIS, 2004).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), considera-se biomassa toda a matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. Diferentes materiais tais como bagaço e vinhaça da cana de açúcar, lenha, casca de arroz podem ser considerados biomassa. A partir da combustão direta, processos termoquímicos ou biológicos, a biomassa pode ser convertida, gerando energéticos, dentre eles o biogás.

Ainda, a utilização da biomassa como fonte renovável e sustentável de energia, com o aproveitamento dos resíduos rurais, efluentes industriais e urbanos, permite diversificar a matriz energética nacional. Ao contrário da energia dos combustíveis fósseis, a biomassa é renovável e não contribui para o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera terrestre. (PECORA, 2006).

3.2 O Biogás

O biogás é uma mistura gasosa combustível, composta principalmente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Além destes gases, há traços de hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂) e gás sulfídrico (H₂S) conforme a tabela 1.

Tabela 1: Composição do biogás

Gás	Composição no biogás (%)
CH ₄ (metano)	55 – 70
CO ₂ (Dióxido de carbono)	30 – 45
H ₂ (Hidrogênio)	Traços
N ₂ (Nitrogênio)	0 - 5
H ₂ S (Gás Sulfídrico)	0 – 0,5

Fonte: Deublein e Steinhauser, 2008

Devido ao fato do biogás apresentar na sua composição 65 a 70% de CH₄, o mesmo é utilizado como combustível, apresentando excelente poder calorífico. A tabela 2 mostra a equivalência energética do biogás, quando comparado com outros combustíveis (FERRAZ e MARIEL (1980); SGANZERLA (1983); NOGUEIRA (1986); SANTOS (2000) apud FERRAREZ, 2010).

Tabela 2: Equivalência energética entre (um) 01 m³ de biogás e outros combustíveis, segundo alguns autores.

Combustível	Ferraz e Mariel (1980)	Sganzerla (1983)	Nogueira (1986)	Santos (2000)
Gasolina (L)	0,61 a 0,70	0,613	0,61	0,6
Querosene (L)	0,58	0,579	0,62	-----
Óleo Diesel (L)	0,55	0,553	0,55	0,6
GLP (Kg)	0,40	0,454	1,43	-----
Álcool (L)	-----	0,790	0,80	-----
Carvão Mineral (Kg)	-----	0,735	0,74	-----
Lenha (Kg)	-----	1,538	3,50	1,6
Eletricidade (KWh)	1,43	1,428	-----	6,5

Fonte: Ferraz e Mariel (1980), Sganzerla, (1983), Nogueira, (1986) e Santos (2000).

Ao contrário do propano e butano, o metano é um gás leve e de menor densidade, o que faz com que ele ocupe um volume significativo e dificulte sua liquefação, tornando difícil seu transporte e armazenamento (SALOMON; LORA, 2005).

O biogás pode ser utilizado na geração de energia elétrica, secagem de grãos, geração de calor para galpões (suínos e aves), aquecimento de água, motores de combustão interna, entre outros. Pelo fato do biogás apresentar H_2O (água) e H_2S (gás sulfídrico), mesmo em quantidades pequenas em sua proporção, quando comparados com os demais gases, confere um poder altamente corrosivo sendo um desafio a sua utilização nos equipamentos, promovendo a redução da vida útil dos mesmos. Desta forma, uma alternativa para amenizar esta característica, é submeter o biogás antes de sua utilização, a processos de purificação com o objetivo de remover estes componentes.

O biogás pode ser obtido a partir do processamento de diferentes tipos de materiais. A vinhaça da cana-de-açúcar, por exemplo, é o resíduo líquido oriundo do processo de produção do álcool hidratado. Devido ao processo de fermentação, cada litro de álcool produzido em uma usina produz aproximadamente 13 litros de vinhaça (SALOMON; LORA, 2005). De acordo com os dados de Johansson et al., (1993) citado por Salomon e Lora, 2003, 1 m^3 de vinhaça produz 14,23 m^3 de metano, ficando explícito assim o potencial de geração a partir do tratamento de tal resíduo.

Assim como a vinhaça, resíduos sólidos urbanos armazenados em aterros sanitários, as estações de tratamento de efluentes líquidos (esgotos domésticos) e especialmente resíduos orgânicos gerados durante a criação intensiva de animais são importantes fontes para a obtenção de biogás (SALOMON; LORA, 2005).

3.3 A importância da suinocultura na geração de biogás

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente nos últimos anos. Esse crescimento é notado quando se analisam os vários indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. Hoje, o Brasil mantém a liderança nas exportações mundiais de carne de frango e bovina. É o segundo maior

produtor mundial de carne bovina, o terceiro maior produtor de carne de frango e o quarto maior produtor de carne suína, ficando atrás neste último, da China, União Européia - 27 e EUA com 3.227 (mil tonel) produzidos (ABIEPCS, 2011). Deverá manter essas posições em 2012, embora a competição seja acirrada no mercado internacional. No acumulado de 2011, 34,862 milhões de suínos foram abatidos, o que significa um aumento de 7,2% com relação ao ano anterior (IBGE, 2012).

Com relação ao número de suínos criados em nosso território, o Brasil possui o terceiro maior rebanho suíno do mundo, com aproximadamente 40 milhões de cabeças, sendo que 21% do rebanho nacional concentra-se no estado de Santa Catarina, segundo dados do IBGE, Censo Agropecuário de 2009.

Infelizmente, a suinocultura, apesar de gerar importantes divisas ao país, é considerada uma atividade com potencial extremamente poluente ao ambiente. Segundo dados de Dartora et al., (1998), estima-se a produção de 85 litros de dejetos líquidos/matriz/dia em uma criação de ciclo completo. Ainda, de acordo com Perdomo et al., (2001), estima-se a produção de efluentes das unidades de ciclo completo, em condições normais, em 100 L/matriz/dia, 60 L/matriz/dia para as unidades de produção de leitões e 7,5 L/suíno/dia. Portanto, uma granja em ciclo completo com 80 matrizes e dejetos "pouco diluído", gera 8.000 L/dia, cerca de 12.000 L/dia com "diluição média" e 16 000 L/dia no caso de "muito diluído".

Considerando o imenso volume de efluente gerado, deve-se estabelecer um tratamento adequado, do contrário, os impactos causados pela má disposição dos mesmos podem ser irreparáveis. Existem diversas técnicas para tratamento de dejetos, entre elas, as técnicas de tratamento físicas tais como a separação de fases, a decantação, o peneiramento e a desidratação e as técnicas de tratamento biológico, como a compostagem e o tratamento anaeróbico (DIESEL et al., 2002).

Convergindo com toda esta problemática ambiental causada pelos resíduos da agropecuária, temos a questão do combate ao aquecimento global que no século XXI (2005) teve grande avanço com a ratificação do Protocolo

de Kyoto. Neste tratado, muitos países desenvolvidos assumiram metas de redução dos gases que causam o efeito estufa. Uma das ferramentas, dentre outras, que viabilizou esta redução foi o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no qual estes mesmos países investem em tecnologias nos países em desenvolvimento. Neste contexto, no Brasil houve uma retomada no uso de biodigestores para tratamento anaeróbico, principalmente, dos dejetos produzidos na suinocultura. Desta forma, o biodigestor ressurgiu como a tecnologia não apenas capaz de reduzir o potencial poluente causado pelos efluentes gerados na agropecuária, e a redução dos gases que causam o aquecimento global, mas uma ferramenta que oportuniza a geração de energia renovável.

3.4 Biodigestor – Tratamento anaeróbico de dejetos de suínos

A utilização de biodigestores no Brasil tem merecido importante destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimular a reciclagem de nutrientes. A recuperação do biogás possibilita a geração de energia em substituição a fontes de origem fóssil, portanto, com o uso de biodigestores, além de diminuir as emissões de CO₂ pela substituição de outras fontes energéticas de origem fóssil (lenha, carvão), diminuindo também a emissão de outros gases produzidos na fermentação e estabilização dos dejetos que normalmente seriam emitidos para a atmosfera pelas esterqueiras e lagoas de estabilização, usadas para o tratamento dos dejetos de suínos (CH₄ é o principal gás gerado), (OLIVEIRA, 2004 apud OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Segundo Perdomo (2003), o biodigestor é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás produzido em sistemas de geração de energia e calor. No entanto, o sistema ainda enfrenta algumas limitações, principalmente no que diz respeito ao entendimento, que falta aos usuários, de alguns aspectos microbiológicos básicos, vitais ao bom

funcionamento do sistema, mas nem sempre seguidos, o que acarreta perda de eficiência do biodigestor (KUNZ et al., 2005)

O biodigestor consiste em um sistema de tratamento de resíduos orgânicos destacando-se como uma excelente alternativa para o manejo dos dejetos animais (esterco, urina e restos alimentares) e toda matéria orgânica proveniente das indústrias alimentícias e esgotos domésticos. Durante um tempo de retenção hidráulico, o substrato passará por um processo de digestão ocorrendo redução do potencial poluente da matéria armazenada fornecendo como produtos finais o biofertilizante (adubo) e biogás (energia).

Na digestão anaeróbica, a degradação da matéria orgânica é realizada por diversos grupos de bactérias, na ausência de oxigênio, que atuam sinergicamente, quebrando as moléculas complexas em compostos orgânicos mais simples. Os resíduos metabólicos produzidos por um grupo são utilizados por outros, como fonte de energia e crescimento. Dentre estes grupos, tem-se os microrganismos metanogênicos que são os responsáveis pela produção do metano, principal componente do biogás. Segundo Oliveira e Higarashi (2006), a digestão anaeróbica é composta por algumas etapas principais, tais como: hidrólise de proteínas, lipídios e hidratos de carbono; fermentação de aminoácidos e açúcares; oxidação anaeróbica de ácidos gordos de cadeia longa e alcoóis; oxidação anaeróbica de ácidos graxos voláteis (exceto acético); conversão de CO_2 e H_2 em ácido acético; conversão do acético em CH_4 ; conversão do H_2 em CH_4 . A figura 1 descreve a decomposição anaeróbica de compostos orgânicos, realizada pelos microrganismos.

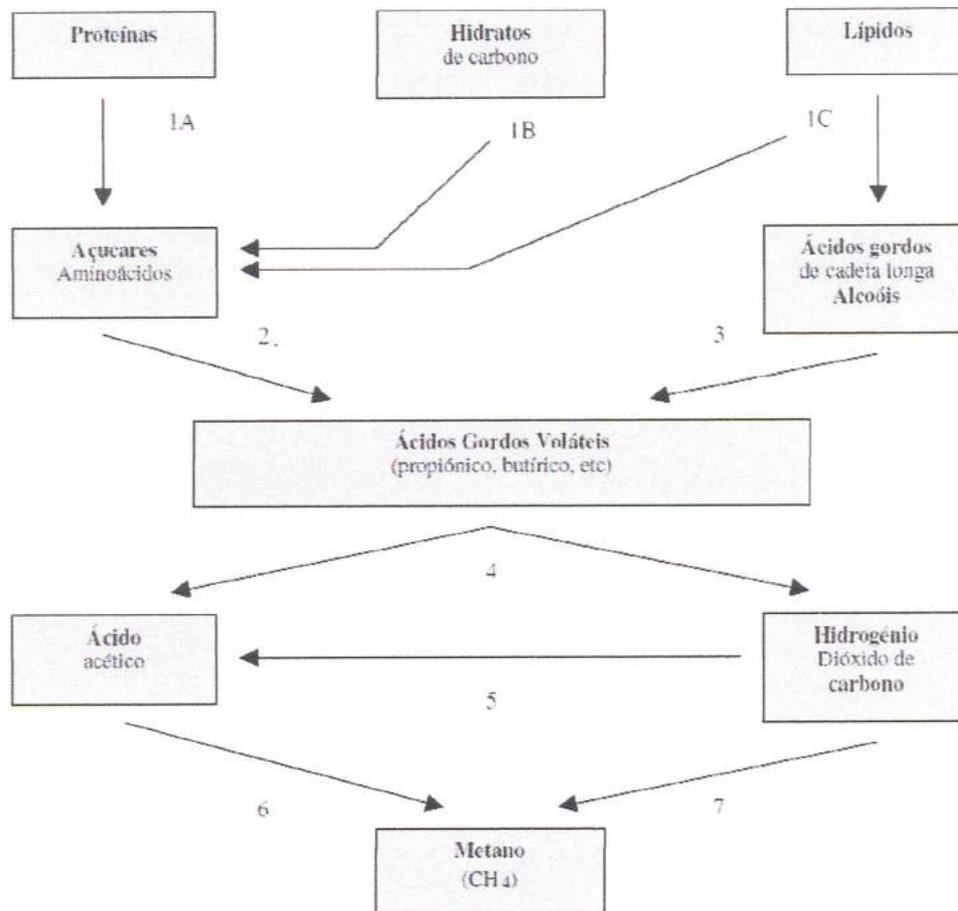


Figura 1: Digestão anaeróbia do material orgânico solúvel
Fonte: Oliveira e Higarashi, 2006

Como se pode verificar na figura 2 há quatro fases distintas no processo de digestão anaeróbia, com a participação de três grandes grupos de microorganismos.

Grupo de bactérias	Fase	Passo
Fermentativas	Hidrólise	1
	Acidogênese	2 e 3
Acetogênicas	Acetogênese	4 e 5
Metanogênicas	Metanogênese	6 e 7

Figura 2: Grupos de bactérias e fases distintas no processo de digestão anaeróbia
Fonte: Oliveira e Higarashi, 2006

Estes microrganismos são extremamente sensíveis a diversos fatores que interferem na atividade biológica, prejudicando desta forma a produção do biogás e redução do potencial poluente da matéria orgânica. Os principais fatores que influenciam são: temperatura, sobrecarga de matéria orgânica durante alimentação, presença de produtos estranhos (antibióticos e desinfetantes) e quantidade de água direcionada ao sistema. Este último fator é observado pela relação da matéria seca (MS) / Sólidos Totais (ST) presentes no dejetos, sendo que os sólidos voláteis (SV) representam 70 a 75% dos ST. Estes últimos são os responsáveis diretos pela produção de biogás (LUCAS JUNIOR, 1994).

Segundo Oliveira (2005), na suinocultura, grande parte dos dejetos são extremamente liqüefeitos, com baixa concentração de sólidos voláteis fruto de um grande aporte de água pelo desperdício em bebedouros, entrada de água de chuva, lavagem excessiva das baias e pelo uso de lâmina d'água em alguns sistemas de produção.

A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica diminuindo a capacidade do sistema em produzir biogás (OLIVEIRA, 1993). A formação de zonas de curto circuito, dentro do biodigestor e o isolamento das bactérias de contato com a mistura em biodigestão, durante a fase de metanogênese também são fatores que diminuem a eficiência do sistema e contribui para o assoreamento precoce do biodigestor e redução de sua vida útil. A agitação da biomassa no biodigestor pode amenizar estes problemas (LA FARGE, 1995 apud OLIVEIRA, 2006).

3.4.1 Tipos de Biodigestores

Segundo Lucas Junior [ca. 2000], os biodigestores poderão ser projetados com o objetivo principal de atendimento de uma ou mais vantagens que oferecem como: saneamento, atendimento de uma demanda energética e produção de biofertilizante. Desta forma, são propostos diversos modelos que diferem, principalmente, nas tecnologias associadas para obtenção de

melhores rendimentos e nas características que os tornam mais adequados ao tipo de resíduo que se pretende utilizar e à frequência com que são obtidos, observando-se também a forma como serão operados os biodigestores, os quais podem ser: batelada (batelada e expansão de cargas), contínuos para semi-sólidos (indiano, chinês e fluxo tubular em plástico) ou contínuos para águas residuárias (fluxo ascendente com manta de lodo e outros).

3.4.1.1 Biodigestor – modelo batelada

Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás. Enquanto, os modelos chinês e indiano prestam-se para atender propriedades em que a disponibilidade de biomassa é diária, como exemplo nas granjas produtoras de suínos, o modelo em batelada adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja a biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão. A figura 3 mostra a vista frontal em corte do biodigestor, realçando os elementos fundamentais para sua construção.

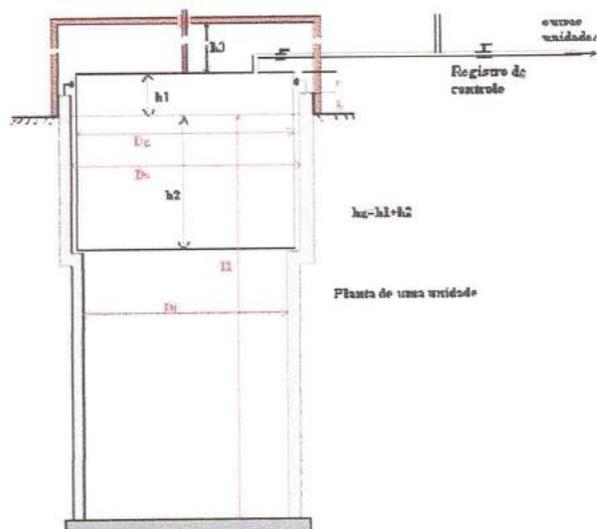


Figura 3: Biodigestor modelo batelada
 Fonte: Deganutti et al., (2002)

3.4.1.2 Biodigestor – modelo indiano

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante.

O fato do gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção do gás. O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos

bovinos e/ou suínos, que apresentam certa regularidade no fornecimento de dejetos.

Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final, e também à distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte inviabilizando a implantação deste modelo de biodigestor. A figura 4 mostra a vista frontal em corte do biodigestor, realçando os elementos fundamentais para sua construção.

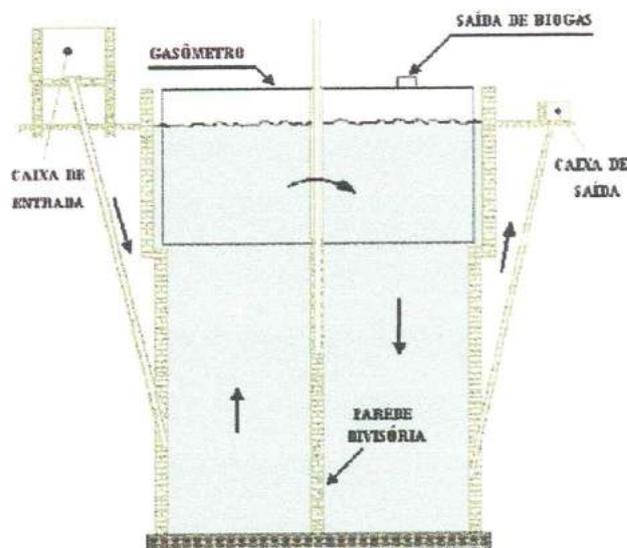


Figura 4: Biodigestor modelo indiano
Fonte: Pecora, 2006

3.4.1.3 Biodigestor – modelo chinês

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

O modelo Chinês é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos, contudo, pode ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é libertada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte.

Semelhante ao modelo indiano, o substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material. A figura 5 mostra a vista frontal em corte do biodigestor, realçando os elementos fundamentais para sua construção

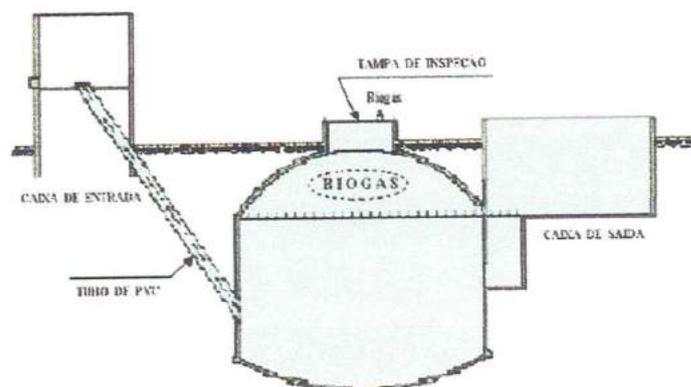


Figura 5: Biodigestor modelo chinês
Fonte: Pecora, 2006

3.4.1.4 Biodigestor Lagoa Coberta (Plug Flow)

É constituído basicamente de uma lagoa de deposição de dejetos impermeabilizada por uma geomembrana de PVC (manta inferior), que protege o solo e os lençóis freáticos contra possíveis contaminações, e uma cobertura de PVC (manta superior) que captura o biogás formado. Este sistema, através da digestão anaeróbica dos dejetos suínos, fará a geração de biogás e seu

aprisionamento para que este não seja liberado para a atmosfera, contribuindo assim para redução na emissão dos gases do efeito estufa (Figura 6).

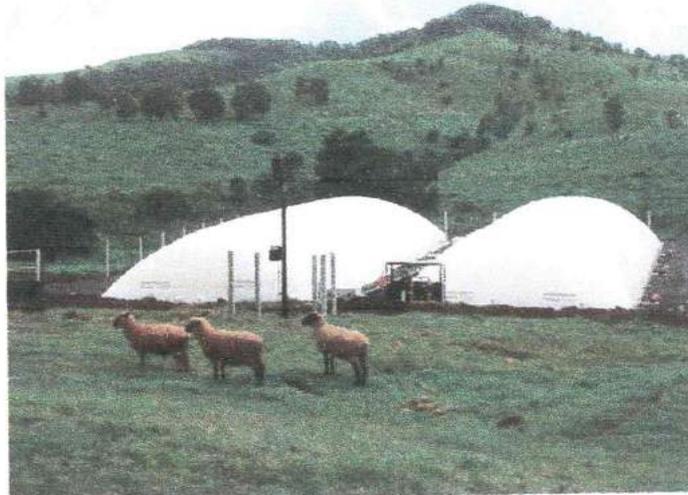


Figura 6: Biodigestor lagoa coberta – “Plug Flow”
Fonte: Dados do autor, 2005

3.4.1.5 Biodigestor tipo UASB

O Reator UASB é uma tecnologia normalmente utilizada no tratamento biológico de esgotos baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. No entanto, recentemente, foi realizado um modelo semelhante destinado ao tratamento de resíduos animais na cidade de Mal Cândido Rondon/PR pela empresa Biokohler (figura 7). Consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O afluente, após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico. Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, o esgoto alcança a zona de sedimentação. A manutenção de um leito de sólidos em suspensão constitui a

manta de lodo, e em função do fluxo contínuo e ascendente, ocorre a decomposição do substrato orgânico pela ação de organismos anaeróbios.



Figura 7: Biodigestor rural – versão UASB utilizado no projeto Condomínio Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon/PR (visita alunos UNILA)
Fonte: Dados do autor, 2012

3.4.2 Produção de biogás na digestão anaeróbia de dejetos suínos

A produção de biogás é proporcional a três fatores: quantidade de sólidos voláteis (SV) existentes nos dejetos, temperatura em que ocorre a biodigestão e tempo de retenção hidráulica (TRH) (LIMA, 2007). A figura 8 representa esquematicamente a interação de tais fatores na produtividade energética do dejetos.

No Brasil, país localizado entre os trópicos, as temperaturas ambientes propiciam que a biomassa tratada esteja entre 20 e 45°C, ou seja na faixa mesofílica.

Já, o tempo de retenção hidráulica (TRH) depende da produção de dejetos, ou seja, do plantel de suínos existente na propriedade e do tamanho do biodigestor. A divisão direta do volume de dejetos produzidos por dia pelo volume do biodigestor define o TRH.

A quantidade de SV é proporcional à quantidade de matéria seca existente no dejetos, portanto, à densidade do dejetos. Segundo Scherer (1996), a quantidade de sólidos totais no dejetos varia de acordo com a densidade que, por sua vez, depende da quantidade de urina e água misturada ao resíduo. Um dejetos de melhor qualidade para aproveitamento dos subprodutos depende, portanto, de um manejo adequado.

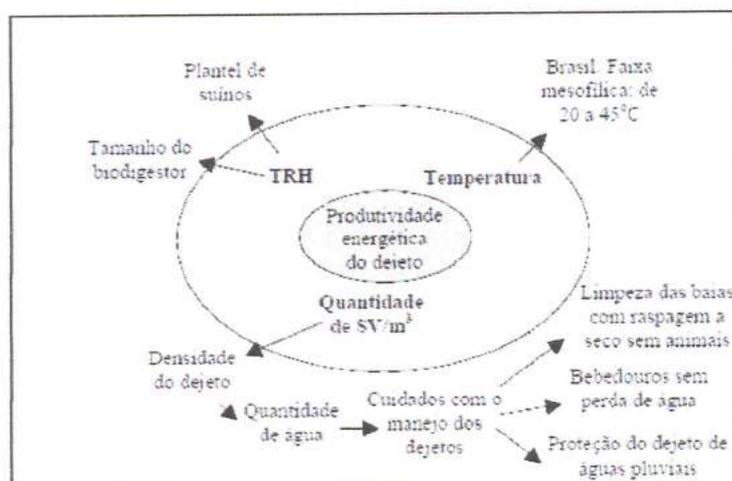


Figura 8: Fatores que influenciam a produtividade energética do dejetos
Fonte: Lima, 2007

A estimativa de produção de biogás pode ser feita de diversas maneiras, entretanto, é facilitada pelo uso do modelo matemático de simulação de Chen (modelo de Chen), citado por La Farge apud Oliveira & Higarashi (2006) e referenciado também em vários materiais produzidos pela EMBRAPA e que tem sido utilizado com sucesso em diversas pesquisas. O motivo do sucesso é a exigência de pequeno número de variáveis de fácil obtenção como SV, TRH, volume de biomassa, volume de dejetos e número de animais. O modelo de Chen apresenta curvas de produção específica de biogás para diferentes densidades, temperaturas e quantidades de SV presentes na biodigestão. A figura 9 mostra como obter a produção de biogás (m^3) por m^3 de biomassa, se conhecidos a quantidade de SV no biodigestor, a temperatura e o TRH.

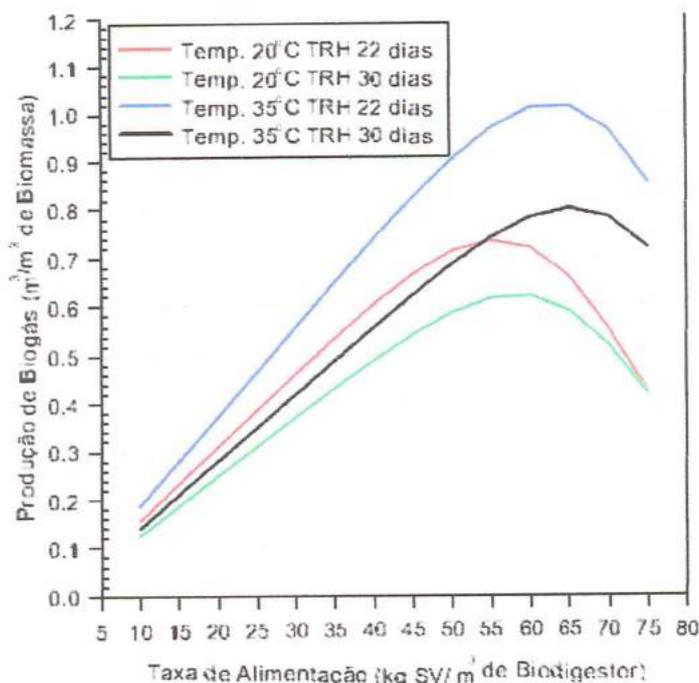


Figura 9: Produção de biogás segundo modelo Chen
 Fonte: La Farge apud Oliveira e Higarashi, 2006

O volume de biomassa é conhecido sabendo-se o plantel de suíno e o tipo de atividade (produção de leitões, terminação e crescimento ou ciclo completo), de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria de suínos	Esterco (Kg/animal/dia)	Esterco + urina (Kg/animal/dia)	Dejetos líquidos (l/animal/dia)
Suínos (crescimento e terminação)	2,30	4,90	7,00
Porcas (Gestação)	3,60	11,00	16,00
Porcas (lactação)	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Oliveira et al., (1993), adaptado por Sobestiansky et al., (1998)

Ainda segundo Oliveira (2005), para temperaturas de 30 a 35°C, a produção específica de biogás é de 0,45 m³/Kg de sólidos voláteis - SV. Segundo Oliveira (2006), os SV representam de 70 a 75% dos sólidos totais - ST. Este último, em Kg, equivalem ao peso do dejetos seco. Em pesquisas com reatores UASB em escala laboratorial, Bortoli, Kunz e Soares (2009) obtiveram um valor de 62% de SV em relação aos ST.

Konzen (1983) apud Souza et al., (2005) afirma que os dejetos de suínos possuem um bom potencial energético na produção de biogás, uma vez que 70% dos seus sólidos totais são constituídos de sólidos voláteis, essencial para o processo de biodigestão anaeróbia. O mesmo autor citou que 01 m³ de dejetos de suíno produz em torno de 50 m³ de biogás, ou seja, aproximadamente 0,051 m³ de biogás/kg de dejetos. O metano presente no biogás por ser um combustível, pode ser usado para aquecimento de galpões no inverno, caldeiras, moto bombas de biofertilizantes e nos geradores de energia usando a eletricidade para consumo próprio e vender o excedente para concessionária.

Segundo alguns autores, a tabela 4 mostra a produção de biogás considerando diferentes referências como Kg de dejetos, Kg de sólidos voláteis (SV) e produção diária de biogás por animal.

Tabela 4: Produção de biogás a partir dos dejetos de suínos

Autor	m ³ biogás/Kg de dejetos (média)	m ³ biogás/Kg de SV	m ³ biogás/animal/dia
Souza e Campos (2007)	0,089	-----	-----
Lucas Jr (2004)	0,0896	-----	-----
Martini et al., (2007)	-----	0,45	0,93
Oliveira (2005)	-----	0,45	-----
Souza et al., 2004	-----	-----	0,78
Perdomo apud Beck, 2007	-----	-----	1,00
	-----	-----	-----
Média	0,09	0,45	0,90

A tabela 5 mostra a produção diária de dejetos por animal na fase de UPL e terminação (RATHUNDE, 2009). Com base nos resultados da tabela 4 e da tabela 5, multiplicando-se a média do m³ de biogás/Kg de dejetos pela quantidade de esterco mais urina em (Kg/animal/dia), obtém-se que o volume de biogás na fase de terminação e UPL são 0,44 m³/animal/dia e 0,34 m³/animal/dia, respectivamente.

Tabela 5: Produção de dejetos por suíno - resumo

Unidade de Produção	Esterco + urina (Kg/animal/dia)	Esterco seco (Kg/animal/dia)	Dejeto líquido (l/animal/dia)
Terminação	4,90	2,30	7,00
UPL	3,74	1,28	5,49

Fonte: Rathunde, 2009

Bley Junior et al., (2009, p.21), cita um valor de 0,18 e 0,33 m³ de biogás por animal por dia para suínos leitões e adultos, respectivamente.

Outra forma de calcular o volume de biogás gerado por animal seria utilizando a quantidade de sólidos voláteis ao invés da quantidade de esterco. Assumindo a proporção de 70% entre sólidos totais (esterco seco) e sólidos voláteis, conforme já visto anteriormente, segundo Oliveira (2006), obtém-se os valores por animal para cada unidade de produção mostrados na tabela 6. O dado de esterco seco provém da tabela 5.

Tabela 6: Produção de esterco seco e sólidos voláteis por fase de produção

Unidade de Produção	Esterco seco (Kg/anim/dia)	SV (Kg/anim/dia)
UPL	1,28	0,89
Terminação	2,30	1,61

Fonte: Rathunde, 2009

Assim, multiplicando-se o volume de biogás pelo peso de SV (m^3/Kg de SV) da tabela 4 (0,45) pelo peso de SV da tabela 6, obtém-se 0,73 $\text{m}^3/\text{animal}/\text{dia}$ e 0,40 $\text{m}^3/\text{animal}/\text{dia}$ para terminação e UPL, respectivamente.

Como podemos observar existe uma variação significativa dos valores de produção de biogás por animal. Existem alguns fatores que podem ser responsáveis por estes números tão diversos tais como: diferenças entre as edificações, diversidade regional que apresentam temperaturas climáticas diferentes, manejo e valores obtidos de experiências realizadas em laboratórios que não retratam a realidade de campo (RATHUNDE, 2009).

3.4.3 Fatores estruturais (edificações) e de manejo que interferem na produção de biogás

Há muitos anos, as edificações na suinocultura eram projetadas de maneira que os resíduos gerados na atividade fossem escoados facilmente para uma lagoa aberta ou muitos destinavam ao curso d'água. Desta forma, as instalações favoreciam muito o acesso das águas das chuvas para as canaletas e valas de escoamento uma vez que, quanto mais líquido, maior era a facilidade para enviar este material ao seu local de destino. As edificações que apresentam estas características produzem um dejetos bastante liquefeito com baixa concentração dos sólidos voláteis, fruto deste aporte de água vindo dos bebedouros, água da chuva e lavagem excessiva das baias. Portanto, presenciaram-se instalações que foram planejadas com uma visão voltada essencialmente para o aspecto zootécnico, deixando a revelar as questões ambientais (OLIVEIRA; DA SILVA, 2006).

No entanto, com o crescimento do mercado mundial de alimentos pressionado pelo aumento populacional, a produção suinícola teve que acompanhar a evolução mercadológica. Desta forma, a quantidade de resíduos gerados da atividade aumentou demasiadamente, acarretando grandes impactos ambientais. Entretanto, mesmo com a implantação de sistemas de tratamento (biodigestores) que tem por objetivo reduzir estes impactos, a busca de melhores alternativas de manejo tornou-se imprescindível.

a) Desperdício de água – bebedouros e limpeza das instalações

No planejamento de sistemas de produção de suínos, provavelmente, o fator mais desconsiderado pelos projetistas e, nem por isso menos importante, é aquele relacionado com a água. Os desperdícios podem ter várias implicações, a exemplo, do umedecimento do piso e estímulo ao comportamento excretório dos animais em áreas impróprias das baias, diluição e aumento do volume de dejetos produzidos com conseqüente aumento dos custos de armazenamento, transporte, distribuição e tratamento dos efluentes. O uso racional da água, bem como a freqüência de limpeza das baias é outro fator que contribui para o aumento do volume de produção de dejetos nos sistemas de criação de suínos (PALHARES, 2008).

Segundo Ferreira et al., (2009), quando é realizado uma gestão correta do uso da água na produção de suínos, existe um potencial de redução no seu consumo e produção de dejetos de 50%. A redução está diretamente relacionada ao modelo de bebedouros adotados. Os bebedouros devem ser calibrados quanto à pressão e vazão para que não ocorra desperdício no momento da ingestão de água pelo suíno. Além disso, o autor afirma que reduzindo o desperdício de água, reduzem-se também os custos associados com a implementação e exploração de sistemas de gestão ambiental.

A limpeza diária das baias deve ser feita por raspagem a seco e no momento da troca de lotes, a higienização das instalações devem ser realizadas com equipamentos apropriados que apresentam alta pressão e baixa vazão.

b) Beiral de telhado

Em algumas edificações pela falta de orientação técnica, a água da chuva mistura com os dejetos aumentando seu volume. Para se evitar essa situação o beiral das edificações deve ter no mínimo 80 cm para evitar que a mesma, ao escoar, atinja os canais externos de coleta dos dejetos (DIESEL et al., 2002). Desta forma, durante uma chuva intensa, o telhado direcionará todo

o volume para as canaletas de dejetos, promovendo a diluição da matéria orgânica, além de acarretar a diminuição do tempo de retenção hidráulica no biodigestor.

c) Formas de alimentação do biodigestor conforme estrutura da granja

A fim de garantir uma contínua e uniforme produção de biogás pelo biodigestor é necessário que se garanta uma boa qualidade do resíduo e que se determine um padrão na frequência e no período de alimentação do sistema. É lógico que se deve procurar conciliar as necessidades do sistema de tratamento ao processo produtivo e sanitário da granja.

Existem diversas formas de envio dos dejetos conforme o sistema de produção e características dos galpões de produção que podem influenciar a produção de biogás. Pode-se citar alguns tais como: alimentação contínua, lâmina d'água e sistema de valas.

c1) Alimentação contínua

Neste sistema não existe válvula de liberação de dejetos que possam impedir o envio do dejetos até o biodigestor. Todo o dejetos produzido tem acesso direto e contínuo às tubulações de envio do afluentes. Uma grande vantagem é que o biodigestor não deixa de receber a matéria orgânica e mantém um volume padrão caso não haja uma variação significativa no número de animais.

c2) Lâmina d'água

São reservatórios de água que existem nas baias na fase de crescimento e terminação nas dimensões de 1 m de largura x 0,10 m de profundidade que tem por objetivo propiciar maior conforto térmico para o suíno, principalmente, nas regiões mais quentes do Brasil.

A desvantagem é que a quantidade de água utilizada é relativamente grande, e conforme o manejo de limpeza, a produção de dejetos líquidos

aumenta muito, acarretando numa maior diluição dos mesmos e uma maior disponibilidade para armazenamento e tratamento dos resíduos.

c3) Sistema por valas

Em algumas fases de produção as instalações se caracterizam por apresentar pisos parcialmente ou totalmente ripados facilitando a coleta e remoção dos dejetos. Estes pisos são construídos sobre tanques de armazenamento onde os dejetos ficam retidos por determinado período de tempo, até que são liberados através de válvulas manuais. O grande problema no manejo dos dejetos armazenados nestas valas é quando o funcionário espera as mesmas ficarem cheias em toda a sua totalidade, chegando a permanecer por duas a três semanas. Desta forma, parte do substrato é decomposto antes de chegar ao biodigestor, perdendo a eficiência na produção de biogás.

Longos tempos de armazenagem dos dejetos nas calhas também comprometem sua qualidade pela degradação e aumento de gases, como amônia, no interior das instalações. Neste sentido recomenda-se que os dejetos não permaneçam armazenados nas instalações por um período superior a sete dias (KUNZ, 2012).

d) Acesso de água das chuvas

A entrada da água das chuvas ocorre quando não existe um sistema de drenagem adequado para as águas pluviais, causando sua descarga nos sistemas de manejo dos dejetos, nas esterqueiras e lagoas, aumentando o volume de dejetos. Os canais abertos, de captação de dejetos, existentes na maioria das propriedades, também coletam água da chuva e do telhado (OLIVEIRA, 2004).

Outra forma de entrada de água da chuva nos depósitos de dejetos é através do escoamento superficial, pois a maioria desses depósitos não possui canaletas de drenagem ao redor, nem desvio das águas pluviais. Como alternativa para evitar que a água da chuva penetre nos canais de manejo dos

dejetos e nas esterqueiras, pode-se cobrir tais canais, ou utilizar tubulação para o escoamento dos dejetos das edificações para os sistemas de armazenamento (OLIVEIRA, 2004).

e) Sobrecarga de material orgânico

O manejo do envio dos dejetos também influencia muito na produção de biogás. Quando não existe uma rotina no envio de matéria orgânica ao biodigestor isto promoverá um desequilíbrio nas etapas que compõem a digestão anaeróbia promovendo a queda do pH e conseqüente redução das bactérias metanogênicas viáveis. Não se recomenda permanecer muitos dias sem alimentar o sistema, ou, após dias sem alimentação, enviar grandes quantidades de dejetos ocasionando uma sobrecarga de substrato. Este se traduz pela sobrecarga orgânica que além de desencadear alterações na temperatura do substrato, levará a produção de ácidos voláteis.

3.5 Viabilidade econômica da instalação de um grupo motogerador para produção de energia (métodos de avaliação de investimentos)

Sempre que existe a pretensão de se implantar um projeto de eficiência energética, faz-se necessária um estudo de viabilidade econômica do mesmo, analisando se o investimento direcionado na sua realização terá a compensação representada por benefícios obtidos no futuro.

Segundo Vanolli (2012), a análise econômico-financeira de projetos tem por objetivo avaliar e interpretar as questões relativas à estabilidade, rentabilidade e lucratividade do projeto, permitindo, por meio da utilização de instrumentos e métodos, realizar diagnóstico e prognóstico sobre o desempenho futuro do empreendimento.

A determinação inicial do fluxo de caixa é a base para a realização desta avaliação, constituída pelo levantamento de todas as receitas e gastos obtidos durante a operação do projeto.

A representação do fluxo de caixa de um projeto consiste em uma escala temporal onde são marcados os períodos de tempo e na qual são representadas as entradas e saídas de caixa. Considera-se como fluxo diferencial líquido a diferença entre as entradas e saídas de caixa. A unidade de tempo – mês, semestre ou ano, deve coincidir com o período de capitalização dos juros considerados (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2007 apud CERVI, 2009).

Na aquisição de qualquer equipamento é importante estimar a vida útil do mesmo (depreciação), valor residual (qual será o preço de venda, após sua vida útil, mesmo como sucata) e sua receita líquida futura durante seu funcionamento.

Serão abordadas as principais ferramentas de análise de investimentos referentes às análises de prazos e a recuperação do capital investido.

3.5.1 *Payback* (Período de Recuperação do Investimento)

Ao estudar a viabilidade de um investimento, uma das condições diz respeito ao prazo para a recuperação do capital investido. Este tempo necessário para recuperar um investimento realizado denomina-se em inglês de “*payback*”. Ele é designado em duas formas:

- a) *Payback* simples: não considera o custo de capital da empresa.
- b) *Payback* descontado: considera o custo de capital da empresa.

Payback é uma ferramenta de análise de investimento utilizada de forma simples para determinar quanto tempo é necessário para a empresa recuperar o dinheiro investido (VANOLLI, 2012).

O prazo de retorno de um projeto é a extensão de tempo necessária para que seu fluxo de caixa se iguale ao investimento inicial. No entanto, apresenta algumas desvantagens: por não considerar o valor do dinheiro no tempo, não considerar todos os capitais do fluxo de caixa, não ser uma medida de rentabilidade do investimento e, exigir um limite arbitrário de tempo para a tomada de decisão. É possível incluir o custo de oportunidade no cálculo do

payback, resultando no que se convencionou chamar de *payback* descontado (LAPPONI, 2000 apud CERVI, 2009).

3.5.2 Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Considera-se que dois métodos ou critérios são bastante recomendados e utilizados na análise de projetos de investimentos: o método do Valor Presente Líquido (VPL) e o método da Taxa Interna de Retorno (TIR). O VPL e a TIR são considerados e denominados em grande parte da literatura financeira como os métodos mais tradicionais e eficientes na avaliação de projetos de investimentos (SCHROEDER, 2005). Os critérios do VPL e da TIR baseiam-se em fluxos de caixa descontados a uma determinada taxa. Esta taxa é denominada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA), ou seja, o retorno mínimo exigido para o projeto de investimento. Assim, quando a TIR de um projeto for superior a TMA, o projeto deveria ser aceito, pois, além de superar os custos do projeto de investimento e pagar o custo de capital, um possível remanescente da taxa adicionaria valor à firma. A TMA é uma taxa que pode ser definida de acordo com a política de cada empresa. No entanto, a determinação ou escolha da TMA é de grande importância na decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento (SCHROEDER, 2005).

A TMA pode representar o custo de capital na análise de investimento que é uma taxa de juros que as empresas utilizam para calcular, descontando ou compondo o valor do dinheiro no tempo. Serve como critério para avaliar o quanto um investidor pretende ganhar com investimento, ou seja, é um retorno mínimo e de baixo risco exigido pelos investidores (VANOLLI, 2012).

O VPL considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, é o resultado da diferença entre o valor dos fluxos de caixa trazidos ao período inicial e o valor do investimento. Nela, todos os fluxos de caixa futuros são descontados utilizando-se valores atuais, ou seja, cada um dos fluxos de caixa é trazido ao valor presente a uma determinada taxa.

VPL é obtido subtraindo-se o investimento inicial de um projeto (FC₀) do valor presente de suas entradas de caixa (FC_t), descontadas a uma taxa igual ao custo de capital da empresa (i) (figura 10).

$$VPL(i) = \sum_{j=0}^n FC_j / (1+i)^j$$

Figura 10: Fórmula do VPL
Fonte: Marquezan et al, (2006)

No qual:

i é a taxa de desconto;

j é o período genérico (*j* = 0 a *j* = *n*), percorrendo todo o fluxo de caixa;

FC_{*j*} é um fluxo genérico para *j* = [0... *n*] que pode ser positivo (ingressos) ou negativo (desembolsos);

VPL(*i*) é o valor presente líquido descontado a uma taxa *i*; e *n* é o número de períodos do fluxo.

Conforme a vida útil do projeto, a utilização da fórmula fica bastante complexa, portanto, o uso da planilha eletrônica (Excel) torna o cálculo bastante simples. Segundo Vanolli (2012) apud Bruni (2007), quando o VPL é maior que zero, indica que os fluxos futuros trazidos e somados a valor presente superam o investimento inicial, indica que o projeto é viável.

TIR

A taxa interna de retorno - TIR - independe da taxa de juros do mercado financeiro. É uma taxa intrínseca do projeto, dependendo apenas dos fluxos de

caixa projetados. É a taxa que remunera o investimento e que torna nulo o valor presente líquido dos fluxos de caixa (FONSECA, 2008). Esta taxa deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade, a ser definida pelo empresário:

- Taxa Interna de Retorno de um investimento maior do que a taxa mínima de atratividade, significa que o investimento é economicamente atrativo. ($TIR > TMA$).

- Taxa interna de retorno igual à taxa mínima de atratividade, o investimento está economicamente numa situação de indiferença. ($TIR = TMA$)

- Taxa interna de retorno menor do que a taxa mínima de atratividade, o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno. ($TIR < TM$).

Os cálculos manuais são extremamente complicados, portanto, convém utilizar a planilha eletrônica em excel que apresenta um grau maior de facilidade.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em um estabelecimento de criação de suínos e aves (Granja Muller) localizado a 20 km do município de Toledo/PR, situado a uma latitude de $24^{\circ} 34.8071$ Sul e longitude de $053^{\circ} 46.0225$ Oeste (figura 11).



Figura 11: Localização da cidade de Toledo, estado do Paraná
 Fonte: frigorífico bolson e águas Paraná, 2012

A propriedade apresenta como atividade econômica a criação de aves para abate e produção de suínos tendo como produtos finais, leitões vindos de uma unidade produtora de leitões (UPL) com 350 matrizes e suínos para abate provenientes de uma unidade de terminados (UT), na qual os animais são adquiridos de outra propriedade, constituindo desta forma sistemas de produção segmentados.

Além disso, no período de janeiro de 2006 a junho de 2012, a propriedade fez parte do projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) gerando as reduções de emissões certificadas, através da queima do biogás gerado em biodigestores em queimador (flare). Desta forma, o produtor não explora o biogás para geração de energia elétrica ou térmica, o que poderia ser mais um benefício econômico e ambiental.

A Granja Muller possui um biodigestor composto por 02 células, com volume total de 1.684m^3 , no qual o fluxo de dejetos está em série, ou seja, passa primeiro numa célula e segue, seqüencialmente, para a segunda célula até alcançar a lagoa secundária.

O sistema de transferência de dejetos é composto por uma linha que transporta os dejetos, por gravidade, desde a sua origem (galpões) até uma caixa de areia que antecede o biodigestor. A biomassa sofrerá a decomposição anaeróbia apresentando um tempo de retenção hidráulica (TRH) de aproximadamente 35 dias.

O biodigestor é constituído basicamente de uma lagoa de deposição de dejetos impermeabilizada por uma geomembrana de PVC (manta inferior) que protege o solo e os lençóis freáticos contra possíveis contaminações e uma cobertura de PVC (manta superior) que captura o biogás produzido da digestão anaeróbica dos dejetos suínos.

A pressão gerada pelo biogás no interior do biodigestor é monitorada por um equipamento chamado controlador de pressão, sendo o responsável pelo envio do sinal para início do funcionamento ao compressor e ao queimador de biogás. Ele é ajustado para que, em determinada pressão, ligue e desligue o sistema de queima do biogás. Desta forma, o biogás é conduzido por uma linha de biogás, cujo volume e vazão são registrados no medidor de vazão em m^3 antes de ser queimado no equipamento utilizado para a combustão do biogás (figura 12).

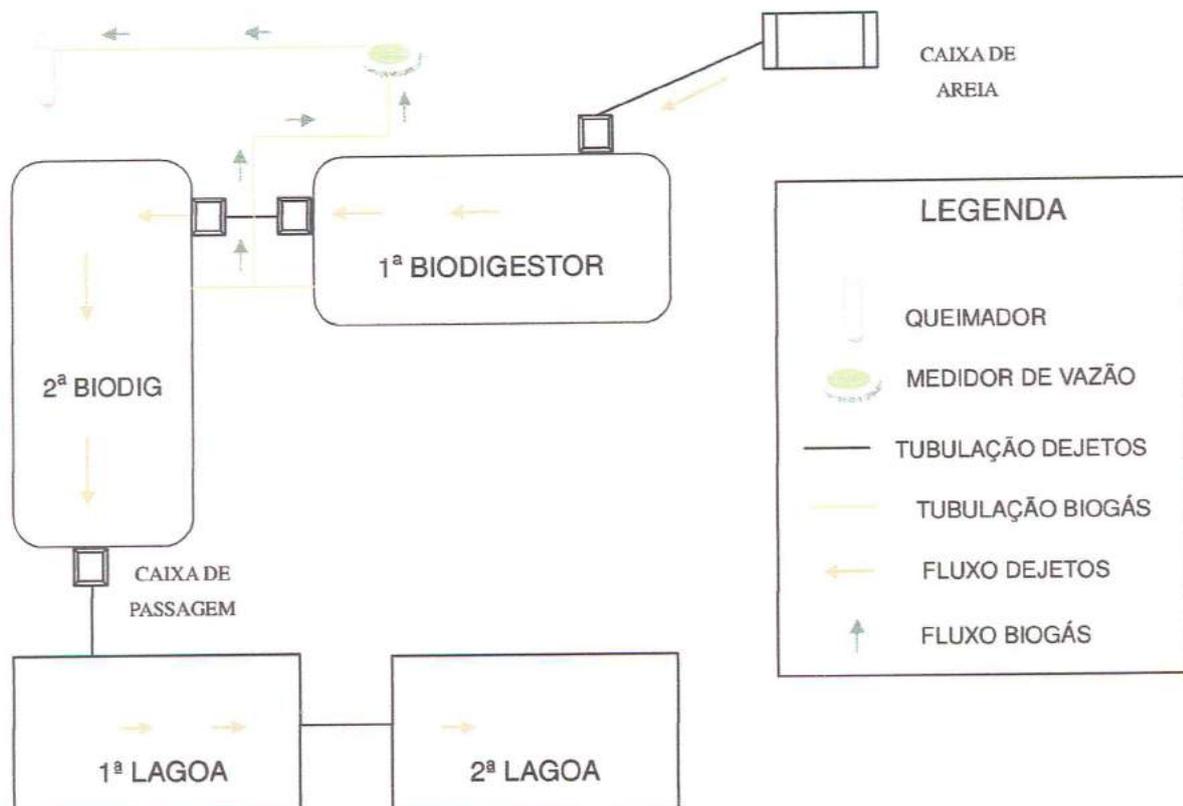


Figura 12: Sistema de tratamento de dejetos e combustão biogás
 Fonte: Dados do autor, 2012

4.2 Análise das condições estruturais e de manejo que interferem na produção de biogás

As condições estruturais são um dos fatores mais importantes no planejamento dos sistemas de produção de suínos, porque depois de construídas, torna-se difícil e onerosa qualquer mudança estrutural. Apesar dos resultados alcançados com a produção de suínos, tanto em genética, como em produtividade e qualidade de carnes, os sistemas de produção implantados são altamente impactantes, causando problemas ambientais e comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas regiões produtoras. A dicotomia causada com sistemas produtivos competitivos e altamente poluentes, certamente levará à insustentabilidade se medidas corretivas e reparatórias não forem tomadas (OLIVEIRA; SILVA, 2004).

Para a análise das condições estruturais da granja foi realizada a avaliação visual *in loco* das instalações através de visita a cada fase de produção: gestação, maternidade e creche na UPL e terminação na UT. Foram verificados os seguintes aspectos:

- a) Condições dos bebedouros;
- b) Sistemas de higienização das pocilgas;
- c) Manejo de envio de dejetos;
- d) Característica do beiral do telhado;
- e) Condições físicas das tubulações de condução dos dejetos.

Em todos os galpões, foram efetuados registros fotográficos de cada um dos aspectos verificados.

Para a análise das condições de manejo, os dados foram coletados através de entrevista baseada em questionário (apêndice) aplicada ao funcionário responsável pelo manejo dos animais.

4.3 Análise da viabilidade econômica da exploração energética da geração de biogás

A análise de viabilidade econômica foi realizada baseando-se em dois cenários:

- 1) Cenário 01 - Aquisição de 02 (dois) geradores, suprimindo a demanda de energia de toda a propriedade.
- 2) Cenário 02 – Aquisição de 01 (um) gerador, suprimindo a demanda energética de parte da fazenda (sede e UPL).

A definição dos dois cenários procede, tendo em vista que no momento da venda do grupo motogerador, o vendedor técnico indicou a venda de dois geradores de 110 KVA, uma vez que a propriedade possui dois transformadores, suprimindo duas áreas, respectivamente. A instalação dos dois equipamentos se justifica tecnicamente por, não ser possível instalar 01 (um)

grupo motogerador em 02 (dois) transformadores pois, eles operam em paralelo.

4.3.1 Produção de biogás, características do grupo motogerador e demanda energética da propriedade

Considerando que em condições ideais de operação e manutenção, um biodigestor opera durante o ano todo em uma propriedade rural, o biogás pode ser utilizado diretamente no grupo gerador. Nesta análise, não foi considerado o investimento do biodigestor, pois o mesmo foi instalado sem custos ao proprietário, estabelecido em bases contratuais com uma empresa desenvolvedora de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

O tempo de retorno do investimento está em função da quantidade de produção do biogás pelo biodigestor, do tempo de operação do equipamento e da capacidade de produção de energia (potência do grupo motogerador) frente à demanda das cargas existentes na propriedade.

4.3.1.1 Coleta do volume de biogás produzido

Na 1ª etapa, a metodologia para determinar a viabilidade econômica se estabeleceu com a análise da média diária de produção de biogás coletada entre os anos de 2008 a 2010 com base no banco de dados da empresa desenvolvedora de projetos MDL. O técnico visitava o local onde estava o biodigestor e realizava a leitura do volume de biogás que passava pelo medidor de vazão da marca Dresser com capacidade de 100 m³/hora antes de sua queima (figura 13).



Figura 13: Medidor de vazão, marca Dresser
Fonte: Dados do autor, 2012

Considerou-se o ano que houve a melhor média diária, uma vez que evidencia o potencial de produção do biodigestor.

4.3.1.2 Produção de biogás versus volume de dejetos produzidos

Paralelamente, realizou-se o cálculo do volume médio diário de dejetos (L/anim/dia) produzidos nos meses de janeiro a dezembro de 2009 nas diversas fases de produção (matrizes, creche, terminação e machos), com base nos valores fornecidos pela tabela 7. O volume foi obtido multiplicando-se o número de animais pelo volume de dejetos produzidos/dia, sendo que para as fêmeas, foi considerada a média de produção entre fêmeas lactantes e gestantes (14,5 L/anim/dia). Além destes dados, foi inserida a produção de biogás diária no período considerado.

Tabela 7: Resumo da produção média diária de esterco + urina nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria de suínos	Esterco + urina (Kg/animal/dia)
Suínos (crescimento e terminação)	4,90
Matrizes	14,50
Machos	6,00
Creche	0,95

Fonte: Oliveira et al., (1993), adaptado pelo autor

4.3.1.3 Identificação das características técnicas do grupo motogerador

Identificou-se o consumo do volume de biogás/hora e potencial de produção de energia do grupo motogerador, através das informações técnicas pelo fabricante, obtendo-se a capacidade de geração energética do sistema biodigestor e grupo motogerador.

O grupo motogerador (modelo G110), conforme informações do fabricante (anexo 01), apresenta motor da marca Perkins, consumo de 25 m³/h e considerando uma perda de rendimento, há uma capacidade de geração máxima de 79,2 KWh. O fabricante deu garantia de 5.000 horas e preço de R\$ 127.000,00 cada um (anexo 02).

A escolha do grupo motogerador, quanto ao seu potencial, foi realizada com base na capacidade dos transformadores presentes na propriedade na ocasião de sua instalação. A concessionária, através de técnicos capacitados, realizou o descritivo de cargas e instalou dois transformadores de 75 KVA em locais distintos. Um dos transformadores fornece energia para a sede (fábrica de ração, residências, UT) e UPL; outro transformador de 75 KVA destinado a fornecer energia para aviário.

4.3.1.4 Consumo anual de energia da propriedade

Durante a visita, foi pesquisado o consumo anual de energia (KWh) de cada um dos setores (sede e aviários), definindo a demanda de energia da propriedade bem como seu custo. Os benefícios com a produção de energia elétrica gerada no conjunto motogerador foram interpretados como a renda que se deixa de transferir para a concessionária de energia elétrica, bem como a possível venda do excedente através do programa de geração distribuída.

Estas informações foram consolidadas em planilha excel a partir das faturas mensais de energia fornecidas pelo produtor, bem como tarifas cobradas pela concessionária (tabela 8).

Tabela 8: Consumo médio anual de energia elétrica na sede, UPL e aviários de 2009 a 2011.

ANO	Sede (KWh)	UPL (KWh)	Aviários (KWh)	Total (KWh)	Taxa (KWh)	Valor (R\$)
2009	3130	4965	5166	13261	0,1561	2.070,04
2010	3463	5257	5251	13971	0,1655	2.312,20
2011	3241	5326	4899	13466	0,1785	2.403,68
Média	3278	5183	5105	13566	0,1667	2.261,97

Fonte: Dados do produtor, 2012

Analisando os dados acima, definiu-se o tempo de operação do grupo motogerador, bem como a possibilidade de suprir a necessidade energética da propriedade e a venda do excedente à concessionária através do programa "Geração Distribuída". Nesta análise, o valor utilizado para a venda de energia à concessionária foi definido conforme o valor de referência publicado na Nota Técnica 043/2010-SRD/ANEEL. O Valor Anual de Referência – VR é o limite de repasse para as tarifas dos consumidores finais da energia adquirida pela distribuidora nas chamadas públicas. A ANEEL publicou os valores anuais do VR, calculados com base nos resultados dos leilões de energia A-3 e A-5 realizados, ponderando os preços obtidos e os montantes contratados em cada

leilão. O valor publicado para o ano de 2012 foi de R\$ 141,72/ MWh, ou seja, R\$ 0,14, valor considerado neste estudo.

4.3.2 Custos do projeto de geração energética

Na 2ª etapa, foi realizada uma análise dos custos envolvidos no projeto, considerando a construção da casa do gerador, instalações elétricas, painel de controle e monitoramento para acessar a rede de transmissão e investimento do grupo motogerador.

Além disto, foram levantados os custos anuais de operação tais como: manutenção do grupo motogerador e depreciação (equipamento, materiais e instalações). Quanto à manutenção, a fim de garantir um bom funcionamento do grupo motogerador e uma maior longevidade é necessário realizar as manutenções de rotina. Para estimar o custo de operação do grupo gerador foi considerado o intervalo de manutenção dos componentes como troca de óleo, troca do filtro de óleo, velas, em função do tempo de operação grupo gerador.

Esses valores foram estimados de acordo com informações junto a fornecedores de equipamentos e materiais e prestadores de serviços gerais. No cálculo, foi utilizada uma taxa de retorno de 5% ao ano, conforme programa de agricultura de baixo carbono (ABC) que apresenta um limite de financiamento de até 01 (um) milhão por cliente e prazo total de 10 anos. O Programa ABC é um dos planos setoriais elaborados de acordo com o artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010 e tem por finalidade a organização e o planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário assumidos pelo país (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2012).

4.3.2.1 Depreciação

A determinação da depreciação será realizada conforme Cervi (2009) apud Nogueira (2001), conforme a equação:

$$D = \frac{C_i - C_f}{V_u}$$

D = depreciação do equipamento/material

C_i = custo inicial do equipamento/material

C_f = custo final do equipamento/material

V_u = vida útil do equipamento/material

Considerando dentro do custo anual, temos a depreciação dos equipamentos e materiais. Para as instalações elétricas conforme a resolução normativa nº. 367, de 2 de junho de 2009 da ANEEL, que estabelece as taxas anuais de depreciação para os ativos, no âmbito da distribuição e da transmissão de energia elétrica, foi considerado um período de 10 anos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2009).

4.3.3 Análise de Viabilidade Econômica

Na 3ª etapa, foi realizada a análise econômica, determinando o fluxo de caixa do projeto, bem como a utilização de ferramentas de viabilidade tais como: *payback* simples, *payback* descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno. Desta forma, foi possível avaliar a viabilidade econômica do projeto.

Segue abaixo um organograma do estudo da viabilidade econômica (figura 14).

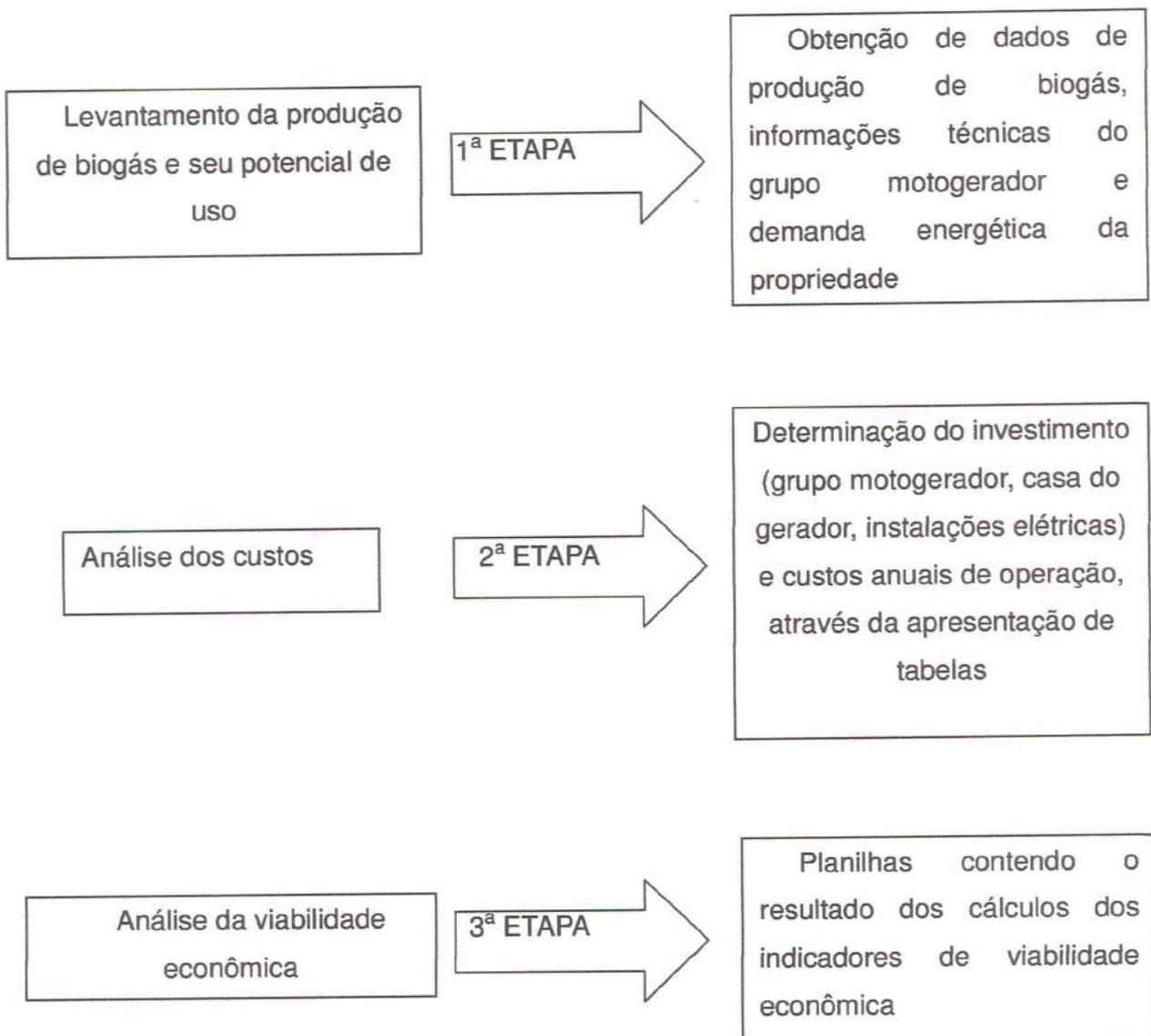


Figura 14: Organograma da metodologia utilizada no trabalho
Fonte: Dados do autor, 2012

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições Estruturais e de manejo que interferem na produção de biogás

5.1.1 Condições dos Bebedouros

5.1.1.1 UPL - Gestação

A gestação é composta por 03 galpões (G1, G2 e G3). O barracão G1 apresenta capacidade para 272 fêmeas. Existem 04 bebedouros pertencentes ao modelo de calha com as dimensões de 0,25m largura x 0,10m profundidade x 86m comprimento, totalizando um volume de 2,15 m³ cada um. A água é trocada duas vezes ao dia, sendo direcionado ao biodigestor um volume diário de 17,2 m³/dia e reabastecida por sistema automático de bóia (figura 15). As fêmeas ficam dispostas em gaiolas individuais (figura 16).

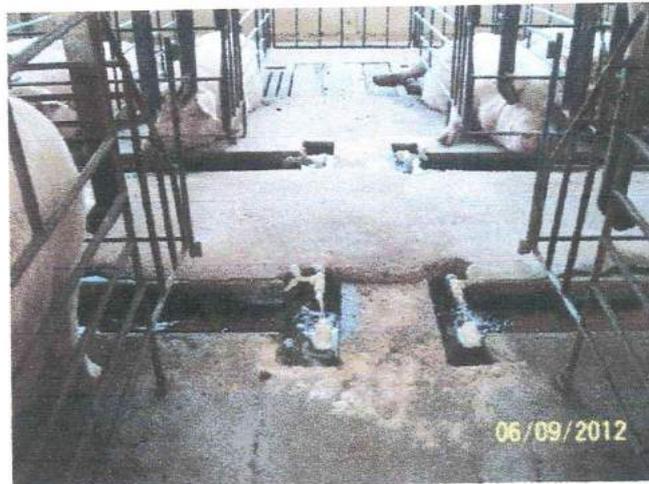


Figura 15: Bebedouro calha com abastecimento automático com bóia.
Fonte: Dados do autor, 2012



Figura 16: Fêmeas em gaiolas individuais e bebedouros calhas – Geração G1
Fonte: Dados do autor, 2012

O sítio G2 apresenta as instalações semelhantes ao G1. Ele tem capacidade para 200 fêmeas que permanecem em gaiolas individuais. Também apresenta o bebedouro em calhas com o armazenamento de dejetos em valas. O manejo quanto à troca de água e envio de dejetos são iguais ao sítio G1.

O sítio G3 de gestação já apresenta uma estrutura diferente dos dois sítios citados anteriormente. Este galpão é composto por 28 baias,

permanecendo 06 fêmeas por baia, totalizando 168 animais. Neste barracão existem mais 07 salas para os machos e 07 salas para as marrãs, futuras reprodutoras (figuras 17a e 17b). Os bebedouros das baias são tipo chupeta, fixos na parede. Existem baias com 01 bebedouro e outras apresentando de 02 a 03 bebedouros com diferentes alturas.



Figuras 17a e 17b: Gestação – fêmea nas baias (bebedouro chupeta)
Fonte: Dados do autor, 2012

Os bebedouros das salas dos machos e marrãs variam entre pendulares e do tipo ecológico (figuras 18 e 19)



Figuras 18 e 19: Gestação – bebedouro pendular a esquerda e bebedouro ecológico à direita
Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.1.2 UPL - Maternidade

A maternidade é composta por 10 salas que apresentam 12 celas cada uma com capacidade total de 120 matrizes (figura 20).



Figura 20: Sala de maternidade
Fonte: Dados do autor, 2012

O bebedouro é do tipo chupeta, fixo na própria cela junto ao comedouro (figura 21). Este tipo de bebedouro disposto na frente da cela facilita a ingestão da fêmea, uma vez, que a cela é projetada para evitar sua movimentação. Além disso, mesmo que haja uma pequena perda de água durante a ingestão pela matriz, o líquido irá permanecer no cocho, evitando o seu desperdício além de ser consumido pelo animal ao ingerir a ração.

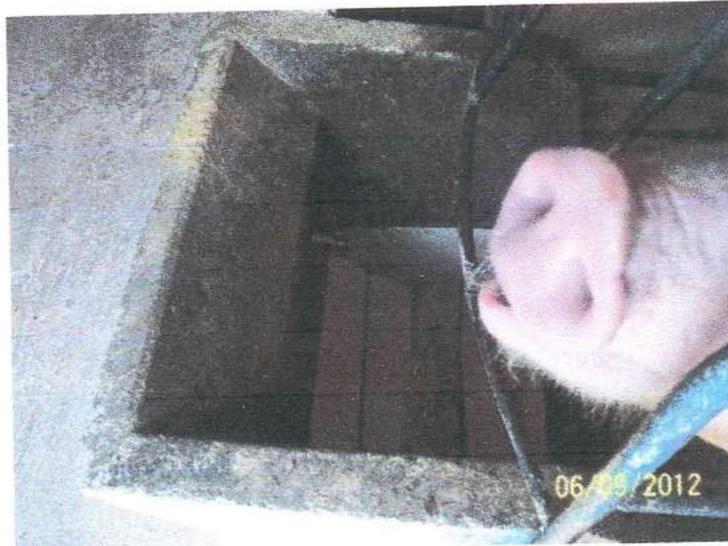


Figura 21: Bebedouro tipo chupeta na cela de maternidade
Fonte: Dados do autor, 2012

O produtor estava ampliando a maternidade com novas celas para as fêmeas. Estas celas são mais modernas e apresentam bebedouros tipo chupeta do modelo “Bite Ball” (figura 22). A válvula esférica estava localizada no terço médio de forma que durante a ingestão, a água sai no interior da boca, diminuindo o desperdício. No entanto, torna-se inviável economicamente a troca de todas as celas da maternidade com este modelo.

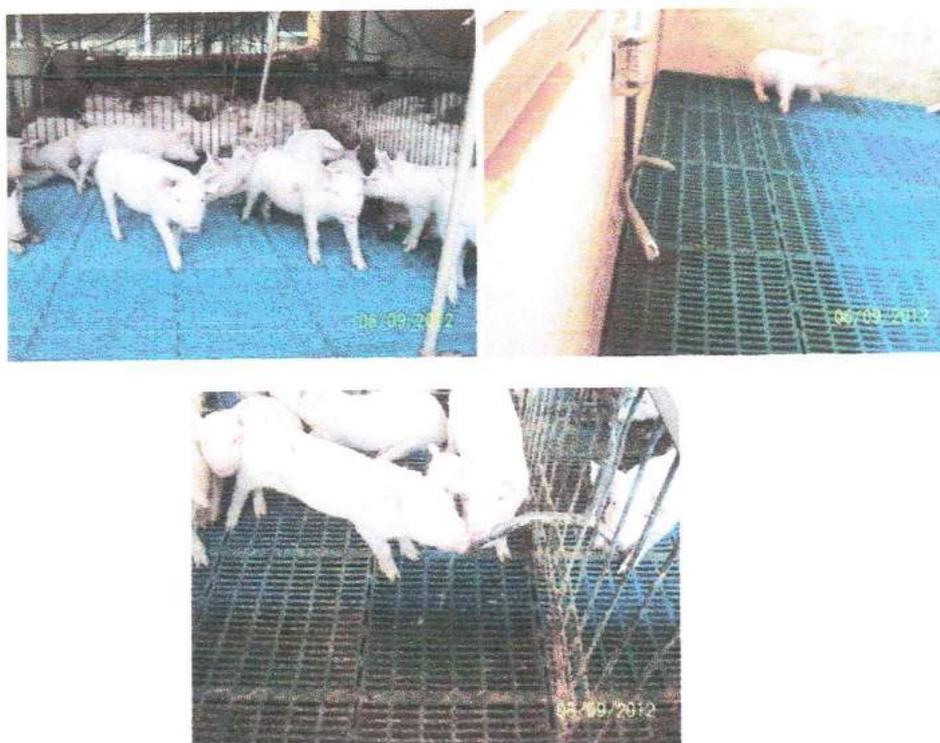


Figura 22: Ampliação do bebedouro chupeta, modelo “Bite Ball”
Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.1.3 UPL – Creche

A creche é composta por 10 salas que apresentam 15 baias cada. As baias apresentam, aproximadamente, 30 leitões. Estes permanecem nestas instalações dos 21 a 58 dias de idade, quando são vendidos para unidades de terminação.

Os bebedouros variam entre pendulares e fixos sendo reguláveis conforme o tamanho do animal (figura 23a, 23b e 23c).



Figuras 23a, 23b e 23c: Creche – bebedouros pendulares e fixos (chupeta)
Fonte: Dados do autor, 2012

Foram identificados durante a visita das instalações da creche muitos bebedouros com altura desregulada. De modo geral, o bebedouro apresentava um nível baixo, fazendo com que os animais acessassem de lado, desperdiçando água. A falta de funcionários dificulta uma regulagem periódica dos bebedouros em geral.

Perdomo e Lima (1998) relatam que a altura e o ângulo de posicionamento dos bebedouros devem ser determinados em função do modelo e do tamanho dos animais. Nas fases em que os animais apresentam alta taxa de crescimento, a exemplo da creche, os bebedouros devem ser reguláveis em altura, caso contrário, contribuem para aumento dos desperdícios em função da dificuldade de acesso.

5.1.1.4 UT - Unidade de Terminação

As edificações da unidade de terminação são extremamente precárias e antigas. Apresentam estruturas que contribuem para que haja grande desperdício de água originários do próprio manejo, bem como, das chuvas

Nas baias, os bebedouros são de chupeta, fixos na parede. Existem baias com chupetas apresentando 03 alturas, para atender animais com diversas faixas etárias (figura 24).



Figura 24: Terminação – chupeta fixa (diferentes alturas)
Fonte: Dados do autor, 2012

Não foi identificado nas instalações em geral, bebedouros com vazamentos. Isto é bastante positivo, pois bebedouros com perda de água

além de implicar em gastos ao produtor acarretam maior diluição e maior volume dos dejetos a serem tratados pelo biodigestor.

Segundo Perdomo (1995), existe um grande influência do sistema hidráulico e dos equipamentos utilizados, pois uma pequena goteira num bebedouro (com pressão de 2,8 Kg/cm²) pode significar uma perda de 26,5litros/hora (0,636 m³/dia) e 150 litros/hora (3,6 m³/dia) num vazamento de maior proporção.

5.1.2 Sistemas de higienização das instalações

5.1.2.1 UPL - Gestação

A limpeza dos sítios de gestação é realizada uma vez ao dia na qual é feita uma raspagem a seco. A lavagem com água, através de equipamento sob pressão, é feita a cada 110 dias (período aproximado da gestação) a fim de retirar a matéria orgânica no momento em que as fêmeas são destinadas à maternidade. Vale lembrar que este manejo de limpeza com água ocorre semanalmente uma vez que há uma saída de aproximadamente 36 matrizes com destino à maternidade. As instalações são limpas e desinfetadas a cada 06 meses.

5.1.2.2 UPL – Maternidade

Na maternidade é realizada uma limpeza diária com vassoura e pá jogando-se as fezes e demais resíduos nas valas. A cada 21 dias (período de desmame), as matrizes retornam à gestação e as instalações ficam completamente vazias. Neste momento é realizada a limpeza com água e posterior desinfecção.

Quando for detectada a ocorrência de sinais clínicos compatíveis com infecção, esta desinfecção é realizada na cela com a presença dos animais,

tomando-se os cuidados necessários. Um total de 03 salas são limpas e desinfetadas, semanalmente, quando o dejetos é enviado ao biodigestor sob a retirada manual de válvulas.

Durante a visita, foi identificado um equipamento utilizado durante a limpeza das instalações apresentando alta pressão e baixa vazão (figura 25).

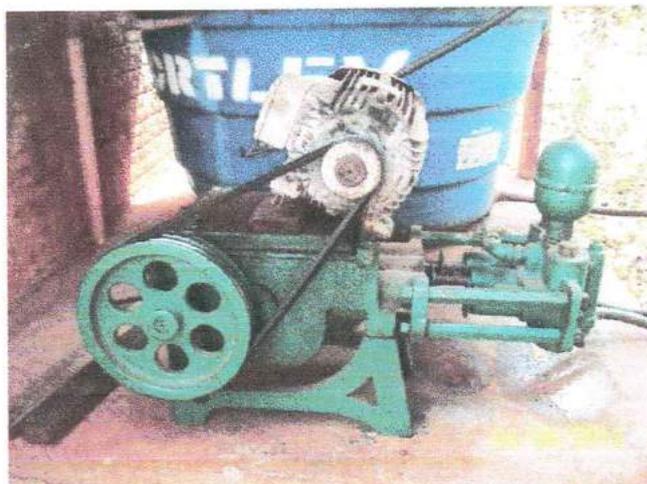


Figura 25: Bomba d'água (motor 05 cv, vazão 60 a 100 l/min, pressão 20-50 kgf/cm)

Fonte: Dados do autor, 2012

Conforme estudos de Oliveira e Silva (2006), o desperdício através de lavagem de baias pode ser reduzido com as práticas de raspagem mecânica dos dejetos e, quando necessário, a lavagem através de lava-jatos de alta pressão.

Foi evidenciado que o funcionário não o utiliza da forma mais correta, pois a regulagem o bico da mangueira era realizado de forma a aumentar a vazão, pois segundo o mesmo, a eficiência da limpeza dos resíduos presentes era maior. Desta forma, o volume de água destinada ao biodigestor é maior propiciando uma maior diluição dos dejetos.

Segundo Oliveira (2004), a diluição dos dejetos em função do desperdício de água utilizado na limpeza das baias dos animais e um fator a ser considerado na estimativa da produção de biogás. Em propriedades produtoras de suínos com elevado desperdício de água e uso constante de

lâmina d'água, tem-se observado que a porcentagem de sólidos totais é menor que 1,5% - 15 (kg/m³).

5.1.2.3 UPL – Creche

Na creche as baias com piso compacto, as instalações são varridas diariamente e os resíduos são empurrados para a vala existente. As baias, nas quais o piso é totalmente ripado e suspenso, são limpas com água sob pressão duas vezes por semana.

5.1.2.4 UT – Unidade de Terminação

Na unidade de terminação o dejetos é raspado a seco diariamente para a lâmina d'água ou para as canaletas de dejetos. A limpeza e desinfecção são realizadas sempre no término do lote.

5.1.3 Manejo de envio de dejetos

5.1.3.1 UPL - Geração

No sítio G1, o envio dos dejetos é realizado no sistema de valas onde existem 04 válvulas. O dejetos fica armazenado nestas valas sendo enviado a cada 15 a 20 dias com a retirada destas válvulas (figura 26). Nos demais sítios G2 e G3, o sistema de armazenamento de dejetos também é em valas, e o envio ocorre a cada 30 dias.



Figura 26: Válvulas da vala de dejetos
Fonte: Dados do autor, 2012

É possível observar que nos três sítios de gestação os dejetos ficam armazenados em valas. O manejo de envio dos dejetos necessita de adequações, uma vez que ficam em média de 20 a 30 dias nas valas para então serem armazenados no biodigestor. Segundo Kunz (2012), parte do substrato é decomposto antes de chegar ao biodigestor, perdendo a eficiência na produção de biogás comprometendo desta forma a qualidade da sua degradação.

Foi sugerido fazer uma adequação dos manejos de dejetos realizando-se um planejamento de envio dos mesmos ao biodigestor, considerando a realidade de número de funcionários e conciliando com a rotatividade do plantel nas instalações. Foi proposto que os dejetos depositados nas valas não permanecessem mais do que 07 dias.

5.1.3.2 UPL - Maternidade

Um total de 03 salas são limpas e desinfetadas, semanalmente, quando o dejetos é enviado ao biodigestor sob a retirada manual de válvulas.

5.1.3.3 UPL - Creche

Semanalmente, saem em média 300 animais (10 baias), quando é realizada a limpeza e desinfecção da sala. Neste momento, os dejetos são enviados ao biodigestor, permanecendo nas valas por até 40 dias (figura 27).



Figura 27: Creche – sala com leitões
Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.3.4 UT – Unidade de Terminação

Nas instalações que apresentam a lâmina d'água, o dejetos é enviado ao biodigestor a cada 02 dias. Nas baias em que o piso é parcialmente ripado, a alimentação do biodigestor é contínua. Nestas últimas, o barracão apresenta canaletas externas abertas propiciando a entrada da água de chuva (figuras 28).



Figura 28: UT - Barracão com canaletas abertas na área externa
 Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.4 Beiral de telhados

5.1.4.1 UPL (*Gestação, Maternidade e Creche*)

O beiral de telhado das instalações da gestação, maternidade e creche apresentam largura e inclinação suficientes para impedir a entrada de água das chuvas na área interna das instalações (figuras 29a e 29b).



Figuras 29a e 29b: Gestação - Beiral de telhado
 Fonte: Dados do autor, 2012

O beiral deve ser projetado para evitar a penetração dos raios solares e da chuva. Para determinar suas dimensões, é preciso calcular a inclinação e o

comprimento de forma a evitar a penetração dos raios solares (OLIVEIRA; FIALHO, 2000 apud OLIVEIRA; SILVA, 2006).

Tanto na maternidade quanto na creche existem caixas de dejetos externas, porém fechadas (figura 30, 31).



Figura 30: Maternidade - caixa de dejetos externa e beiral de telhado com bom tamanho

Fonte: Dados do autor, 2012



Figura 31: Creche – beiral do telhado

Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.4.2 UT - Unidade de Terminação

A UT apresenta beiral do telhado muito curto o que favorece a coleta das águas da chuva pela canaleta externa (figura 32).

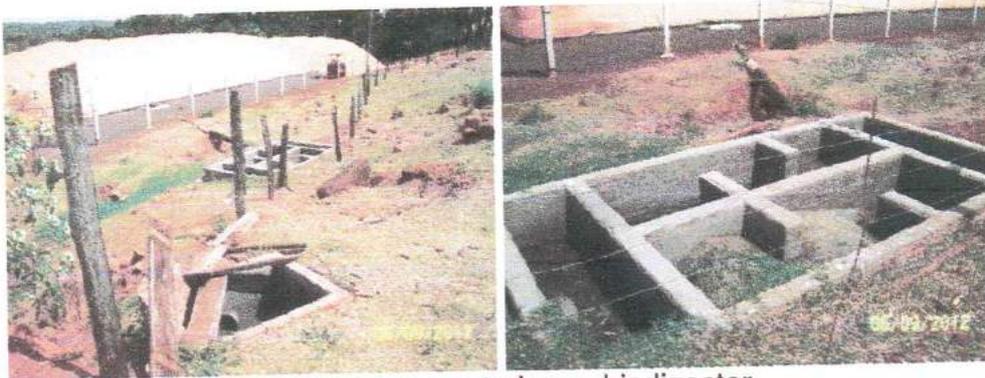


Figura 32: UT – beiral de telhado curto
Fonte: Dados do autor, 2012

5.1.5 Condições da tubulação de dejetos dos galpões ao biodigestor

5.1.5.1 Tubulação (fluxo de dejetos)

Durante a visita foi realizada uma inspeção da tubulação que conduz os dejetos das unidades até o biodigestor com o objetivo de verificar as condições estruturais. Não foram identificados quaisquer vazamentos nas conexões. No entanto, próximo ao biodigestor, existem duas caixas de passagem abertas (figuras 33a e 33b). Uma delas com 0,80 m x 0,80 m de dimensão e uma caixa de areia com 3,90 m x 1,85 m x 0,60 m.



Figuras 33a e 33b: Caixas abertas anterior ao biodigestor
 Fonte: Dados do autor, 2012

Além disso, na área do biodigestor, entre a 1ª célula e 2ª célula, existe uma caixa de passagem que permite a entrada da água por não apresentar uma mureta de contenção e com declive do terreno que favorece a entrada de águas pluviais (figura 34).



Figura 34: Caixa de passagem à 2ª célula do biodigestor sem mureta que impede a entrada de água da chuva e no fim do declive
 Fonte: Dados do autor, 2012

É recomendável existir na última caixa de passagem que antecede a entrada dos dejetos, uma tubulação que realiza um desvio dos dejetos diretamente para lagoa secundária. Este desvio deve ser utilizado toda vez que uma quantidade considerável de desinfetantes for utilizado na limpeza e

desinfecção das instalações e situações em que doses massivas de antibióticos forem usadas nos animais em virtude da ocorrência de doenças. Os resíduos dos antibióticos, presentes nos dejetos, e, desinfetantes, quando enviados ao biodigestor, podem eliminar as bactérias metanogênicas, principal microrganismo responsável pela produção do biogás.

A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica diminuindo sensivelmente a capacidade do sistema em produzir biogás (KUNZ et al., 2004).

5.2 Viabilidade econômica da instalação do grupo motogerador a partir do biogás produzido pelo biodigestor em 2009.

5.2.1 Produção de biogás *versus* produção de dejetos

A análise dos valores referentes à produção de biogás durante o período de 2008 a 2010 constantes do banco de dados da empresa desenvolvedora de projetos MDL, da qual da Granja Muller pertencia, estão compilados na Tabela 9.

Tabela 9: Média diária e média mensal de biogás produzido (m³) durante o período de 2008 a 2010.

	Média mensal (m ³)	Média diária (m ³)
2008	14.260	470
2009	14.928	491
2010	14.150	465

Fonte: Banco de Dados - AgCert

De acordo com os dados demonstrados, observou-se que o ano de 2009 foi o ano em que o sistema apresentou melhor média mensal e média diária de

produção de biogás. Isto significa que o sistema é capaz de alcançar este nível de eficiência e, portanto, este foi o ano selecionado para o estudo.

A tabela 10 apresenta o volume médio diário de dejetos (L/anim/dia), produzidos nos meses de janeiro a dezembro de 2009 nas diversas fases de produção (matrizes, creche, terminação e machos), calculado com base nos valores da produção média diária de dejetos fornecidos pela tabela 3 (OLIVEIRA et al., 1993, adaptado por SOBESTIANSKY et al., 1998).

Com estes valores, foi possível constatar que a produção média de biogás foi de 18,19 m³/m³ dejetos/dia, ou seja, aproximadamente, 0,018 m³ biogás/L de dejetos líquidos. Ao considerar apenas a produção de esterco e urina por animal, usando ainda como referência os dados compilados por Oliveira et al., (1993), adaptado por Sobestiansky et al., 1998 (Tabela 3), obtém-se uma produção média de 0,027 m³/kg de dejetos/dia.

Konzen (1983) apud Souza et al., (2005) citou que (um) 1 m³ de dejetos de suíno produz em torno de 50 m³ de biogás, ou seja, aproximadamente 0,051 m³ de biogás/kg de dejetos.

No entanto, segundo Souza e Campos (2007), em experimento laboratorial, a produção de biogás variou de 0,037 m³/kg dejetos (temperatura de 25° C e TRH de 10 dias) a 0,136 m³/ kg de dejetos, com TRH de 30 dias e temperatura de 35° C.

Poels et al., (1984) apud Lucas Junior (ca.2000) trabalharam com um biodigestor de 189m³ que foi operado em temperaturas mesofílicas e TRH de 20 dias, obtiveram produção de biogás de 18 m³ (70% CH₄)/m³ de substrato alimentado.

Os valores obtidos neste estudo estão abaixo dos valores encontrados na literatura, sugerindo que as deficiências estruturais e de manejo encontradas podem ser causadoras da baixa performance de produção de biogás nesta granja. Há que se considerar, também, que a maioria dos estudos realizados nesta área são conduzidos em protótipos de biodigestores com condições de alimentação, temperatura e agitação controladas, não refletindo as condições ambientais encontradas em biodigestores construídos em propriedades rurais.

Tabela 10: Produção de biogás por m³ de dejetos por dia, no período de janeiro a dezembro de 2010, calculada a partir do número de animais por fase de produção e volume estimado de dejetos por animal por dia

2009	Matrizes		Creche		Terminados		Machos		Volume total dejetos (m ³ /dia)	Produção de biogás (m ³ /dia)	Produção de biogás/m ³ dejetos/dia
	Plantel *	Volume de dejetos (m ³ /animal/dia)	Plantel	Volume de dejetos (m ³ /animal/dia)	Plantel	Volume de dejetos (m ³ /animal/dia)	Plantel	Volume de dejetos (m ³ /animal/dia)			
Jan	593	12,74	1.677	2,34	1.748	12,23	12	0,10	27,41	567	20,68
Fev	600	12,90	1.811	2,53	1.622	11,35	12	0,10	26,88	606	22,54
Mar	604	12,98	1.716	2,40	1.493	10,45	12	0,10	25,93	555	21,40
Abr	596	12,81	1.619	2,26	1.595	11,16	11	0,09	26,32	513	19,49
Mai	602	12,94	1.674	2,34	1.800	12,60	14	0,12	28,00	502	17,92
Jun	614	13,20	1.675	2,34	1.907	13,34	14	0,12	29,00	224	7,72
Jul	622	13,37	1.662	2,32	1.864	13,04	14	0,12	28,85	378	13,10
Ago	634	13,63	1.606	2,24	1.739	12,17	14	0,12	28,16	450	15,98
Set	631	13,56	1.712	2,39	1.584	11,08	13	0,11	27,14	535	19,71
Out	643	13,82	1.689	2,36	1.521	10,64	13	0,11	26,93	484	17,97
Nov	616	13,24	1.732	2,42	1.645	11,51	13	0,11	27,28	511	18,73
Dez	577	12,40	1.545	2,16	1.445	10,11	9	0,08	24,75	568	22,94
média	611	13,13	1.677	2,34	1.664	11,64	12,6	0,11	27,22	491,0	18,19

5.2.2 Custos do projeto de geração energética

O produtor terá que construir uma casa para os dois geradores nas dimensões de 4,0 x 8,0 x 2,70m ao custo estimado de R\$ 4.000,00 para Cenário 01 e R\$ 2.500,00 (casa de 4,0 x 5,0 x 2,70m) para Cenário 02. Para a instalação dos 02 (dois) grupos motogeradores, como existem dois transformadores, terá que realizar a extensão dos cabos PP (polipropileno) de um destes transformadores na distância de 100 metros. Este custo será de R\$ 1.100,00. Não haverá este custo na instalação de apenas 01 (um) grupo motogerador.

Além disso, como a intenção é fazer parte do programa de geração distribuída, terá um gasto para a aquisição do painel de controle e monitoramento de R\$ 20.000,00.

5.2.3 Manutenção do grupo motogerador

Os custos relacionados aos itens de manutenção foram baseados nos valores cobrados pelos estabelecimentos da região (tabela 11). O fabricante sugere fazer a troca de óleo a cada 250 horas, filtro de óleo a cada 500 horas e troca de velas a cada 1000 horas. Considerando um regime mensal de funcionamento 570 horas (19 hs/dia) para os dois equipamentos no cenário 01, 300 horas (10 hs/dia) para o cenário 02 e os preços das peças listadas na tabela 11, fez-se a equivalência anual obtendo-se um gasto mensal de R\$ 689,70 e R\$ 363,00 por gerador para ambos os cenários, respectivamente.

Tabela 11: Preço de peças de manutenção de rotina do grupo gerador – cenários 01 e 02

Cenário 01 - 02 (dois) grupos motogeradores*			
Peças grupo gerador (manutenção rotina)	Intervalo (horas)	Custo R\$ (manutenção)	Custo anual R\$ (manutenção)
Velas de ignição	Troca a cada 1000 horas	110,00	752,40
Óleo lubrificante	Troca a cada 250 horas	250,00	6.840,00
Filtro de óleo	Troca a cada 500 horas	50,00	684,00
TOTAL	-----	-----	8.276,40
Cenário 02 – 01 (um) grupo motogerador**			
Peças grupo gerador (manutenção rotina)	Intervalo (horas)	Custo R\$ (manutenção)	Custo anual R\$ (manutenção)
Velas de ignição	Troca a cada 1000 horas	110,00	396,00
Óleo lubrificante	Troca a cada 250 horas	250,00	3600,00
Filtro de óleo	Troca a cada 500 horas	50,00	360,00
TOTAL	-----	-----	4.356,00

* Cenário 01 (tempo total de operação): 19 horas

** Cenário 02 (tempo total de operação): 10 horas

5.2.4 Depreciação

A depreciação da casa do gerador (materiais de alvenaria) pode-se considerar um período de 20 anos conforme Nogueira e Zurn (2005). Veja tabela 12 abaixo:

Tabela 12: Custos de Depreciação dos bens depreciáveis - cenários 01 e 02

Cenário 01	Valor inicial (R\$)	Valor final	Vida útil (anos)	Depreciação (R\$/ano)
Grupo gerador	254.000,00	_____	10	25.400
Casa do grupo gerador	4.000,00	_____	20	200
Painel de controle/monitoramento	20.000	_____	10	2.000
Instalações elétricas	1.100	_____	10	110
TOTAL	_____	_____	_____	27.710
Cenário 02	Valor inicial (R\$)	Valor final	Vida útil (anos)	Depreciação (R\$/ano)
Grupo gerador	127.000,00	_____	10	12.700
Casa do grupo gerador	2.500,00	_____	20	125
Painel de controle/monitoramento	20.000	_____	10	2.000
Instalações elétricas	0	_____	10	0
TOTAL	_____	_____	_____	14.825

5.2.5 Estudo do Cenário 01 - Aquisição de dois geradores, suprimindo a demanda de energia de toda a propriedade

Considerando que a granja apresentou uma produção média de biogás de 491 m³/dia em 2009 (tabela 09) e o consumo do grupo gerador é de 25 m³/h, é possível deixar um grupo gerador funcionando por 10 horas e outro por 9 horas, totalizando 19 horas em operação. Sendo a capacidade de geração do gerador de 79,2 kWh, tem-se uma geração diária de 1.504,8 kWh de energia. No mês tem-se um total de 45.144 kWh de energia gerada.

A granja, conforme tabela 08, apresentou um consumo médio de energia de 2009 a 2011 de 13.566 kWh com um gasto médio mensal de R\$ 2.261,97. Desta forma, a granja economizaria R\$ 27.143,64 no ano e venderia o excedente para a concessionária. O preço do kWh pago pela concessionária está ao redor de R\$ 0,14/kWh; então vendendo o excedente de energia (45.144 – 13.566 = 31.578 kWh) x R\$ 0,14, o produtor teria uma receita mensal de R\$ 4.420,92 e receita anual de R\$ 53.051,04.

5.2.6 Estudo do Cenário 02 – Aquisição de um gerador, suprimindo a demanda energética da sede e UPL

Considerando que a granja apresentou uma produção média de biogás de 491 m³/dia em 2009 (tabela 09) e o consumo do grupo gerador é de 25 m³/h, um grupo gerador ficará operando por 10 horas. Sendo a capacidade de geração do gerador de 79,2 kWh, tem-se uma geração diária de 792 kWh de energia. No mês tem-se um total de 23.760 kWh de energia gerada.

A sede e UPL, conforme tabela 08, apresentou um consumo médio energético de 2009 a 2011 de 8.461 kWh. Como o custo médio do kWh cobrado pela concessionária foi de R\$ 0,1667, então, houve uma economia mensal de R\$ 1.410,44 (8461 kWh x 0,1667). Desta forma, a granja economizaria R\$ 16.925,38 no ano e venderia o excedente para a concessionária. O preço do kWh pago pela concessionária esteve ao redor de R\$ 0,14/kWh; então vendendo o excedente de energia (23.760 – 8.461 = 15.299 kWh) x R\$ 0,14, o produtor teria uma receita mensal de R\$ 2.141,86 e receita anual de R\$ 25.702,32.

As tabelas 13 e 14 mostram a consolidação dos dados de investimentos e das receitas brutas, respectivamente, de ambos os cenários realizados pelo produtor.

Tabela 13: Investimentos realizados pelo produtor (Cenário 01 e 02)

	Investimento (Cenário 01)	Investimento (Cenário 02)
Grupo Motogerador	254.000,00	127.000,00
Casa do Gerador	4.000,00	2.500,00
Instalações elétricas	1.100,00	0
Painel de Controle e monitoramento	20.000,00	20.000,00
Manutenção do gerador	8.276,40	4.356,00
TOTAL	287.376,40	153.856,00

Tabela 14: Receita bruta anual obtida pelo produtor (Cenário 01 e 02)

	Receita (Cenário 01)	Receita (Cenário 02)
Economia da demanda energética da propriedade	27.143,64	16.925,38
Venda do excedente de energia à Concessionária	53.051,04	25.702,32
TOTAL	80.194,68	42.627,70

A receita líquida é resultante do valor obtido da receita bruta, descontando o custo de manutenção e depreciação dos materiais e equipamentos (tabela 15).

Tabela 15: Receita líquida anual obtida pelo produtor (Cenário 01 e 02)

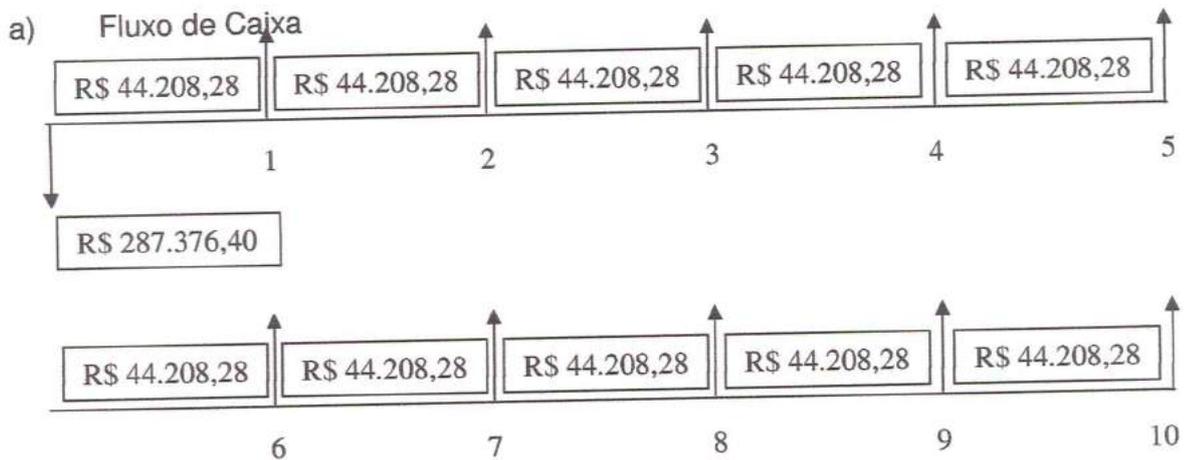
	Receita Bruta (R\$)	Custo anual manutenção (R\$)	Depreciação (R\$)	Receita Líquida (R\$)
Cenário 01	80.194,68	8.276,40	27.710,00	44.208,28
Cenário 02	42.627,70	4.356,00	14.825,00	23.446,70

5.2.7. Análise Econômica

O fluxo de caixa do projeto foi estimado considerando-se um período de 10 anos de vida útil porque corresponde a vida útil do grupo gerador de energia elétrica, bem de maior valor econômico, e descontado a uma taxa de 5% ao ano, conforme linha de crédito do Programa ABC. Assim, o projeto foi analisado segundo os indicadores: Período de recuperação do capital (*Payback*), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

5.2.7.1 Cenário 01

O investimento total do projeto foi de R\$ 287.812,00 com receitas líquidas anuais de R\$ 44.208,28.



b) *Payback* simples

Para obter o *payback* simples do projeto foi dividido o investimento total pela receita líquida anual: $R\$ 287.376,40 \div R\$ 44.208,28 = 6,5$ anos. **Portanto, o *payback* simples será de 06 anos e 06 meses.**

c) *Payback* descontado

Conforme a Tabela 16 o *payback* descontado está entre o ano 08 e 09.

$$VP = \frac{44.208,28}{(1 + 0,05)^{10}} = R\$ 27.140,05$$

Tabela 16: Cálculo do *Pay-back* descontado (cenário 01)

Pay back descontado Cenário 01			
	-R\$ 287.376,40		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
1	R\$ 44.208,28	42.103,12	-245.273,28
2	R\$ 44.208,28	40.098,21	-205.175,06
3	R\$ 44.208,28	38.188,77	-166.986,29
4	R\$ 44.208,28	36.370,26	-130.616,03
5	R\$ 44.208,28	34.638,34	-95.977,68
6	R\$ 44.208,28	32.988,90	-62.988,78
7	R\$ 44.208,28	31.418,00	-31.570,78
8	R\$ 44.208,28	29.921,90	-1.648,88
9	R\$ 44.208,28	28.497,05	26.848,17
10	R\$ 44.208,28	27.140,05	53.988,22

O produtor terá o retorno entre o ano 08 e 09, portanto, próximo do término do financiamento.

d) Valor Presente Líquido

Tabela 17: Cálculo do VPL em planilha eletrônica (cenário 01)

Pay back descontado			
	-R\$ 287.376,40		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
1	R\$ 44.208,28	42.103,12	-245.273,28
2	R\$ 44.208,28	40.098,21	-205.175,06
3	R\$ 44.208,28	38.188,77	-166.986,29
4	R\$ 44.208,28	36.370,26	-130.616,03
5	R\$ 44.208,28	34.638,34	-95.977,68
6	R\$ 44.208,28	32.988,90	-62.988,78
7	R\$ 44.208,28	31.418,00	-31.570,78
8	R\$ 44.208,28	29.921,90	-1.648,88
9	R\$ 44.208,28	28.497,05	26.848,17
10	R\$ 44.208,28	27.140,05	53.988,22
VPL	R\$ 341.364,62		

O valor presente líquido é de R\$ 341.364,62, evidenciando que o projeto apresentará um retorno de R\$ 53.988,22, maior que o investimento inicial.

e) Taxa interna de Retorno

Tabela 18: Cálculo da TIR em planilha eletrônica (cenário 01)

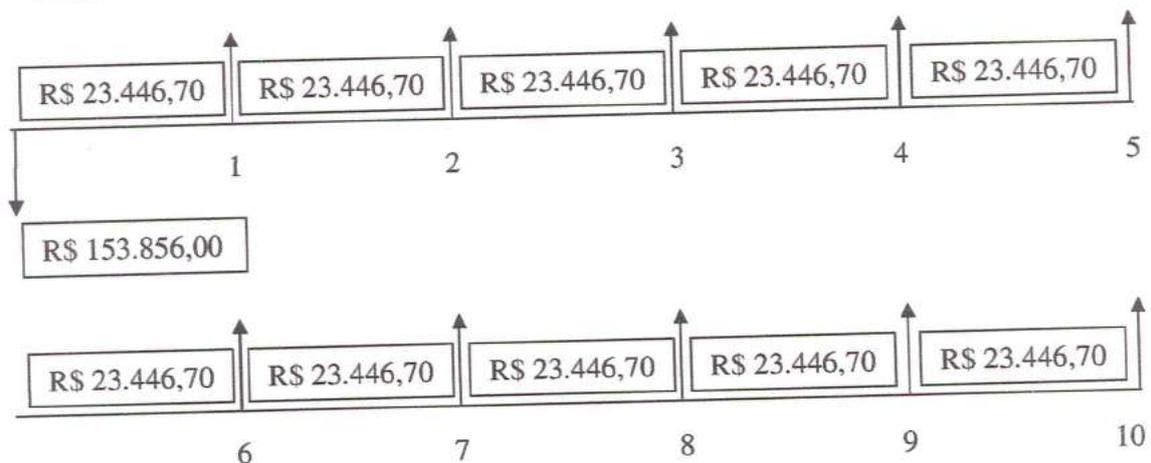
TIR			
	-R\$ 287.376,40		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
0	-R\$ 287.376,40		
1	R\$ 44.208,28	42.103,12	-245.273,28
2	R\$ 44.208,28	40.098,21	-205.175,06
3	R\$ 44.208,28	38.188,77	-166.986,29
4	R\$ 44.208,28	36.370,26	-130.616,03
5	R\$ 44.208,28	34.638,34	-95.977,68
6	R\$ 44.208,28	32.988,90	-62.988,78
7	R\$ 44.208,28	31.418,00	-31.570,78
8	R\$ 44.208,28	29.921,90	-1.648,88
9	R\$ 44.208,28	28.497,05	26.848,17
10	R\$ 44.208,28	27.140,05	53.988,22
TIR	8,71%		
Taxa	5,00%		

A TIR é de 8,71%, maior que a TMA. Portanto, o projeto é viável.

5.2.7.2 Cenário 02

O investimento total do projeto foi de R\$ 153.856,00 com receitas líquidas anuais de R\$ 23.446,70.

a) Fluxo de Caixa



b) Payback simples

Para obter o *payback* simples do projeto será dividido o investimento total pela receita líquida anual: $R\$ 153.856,00 \div R\$ 23.446,70 = 6,6$ anos.

Portanto, o *payback* simples será de 06 anos e 07 meses.

c) Payback descontado

Conforme a planilha abaixo o *payback* descontado está entre o ano 08 e 09.

$$VP = \frac{23.446,70}{(1 + 0,05)^{10}} = 14.280,67$$

Tabela 19: Cálculo do *Pay-back* descontado (cenário 02)

Pay back descontado Cenário 02			
	-R\$ 154.956,00		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
1	R\$ 23.261,70	22.154,00	-132.802,00
2	R\$ 23.261,70	21.099,05	-111.702,95
3	R\$ 23.261,70	20.094,33	-91.608,62
4	R\$ 23.261,70	19.137,46	-72.471,16
5	R\$ 23.261,70	18.226,15	-54.245,01
6	R\$ 23.261,70	17.358,24	-36.886,77
7	R\$ 23.261,70	16.531,66	-20.355,12
8	R\$ 23.261,70	15.744,43	-4.610,68
9	R\$ 23.261,70	14.994,70	10.384,02
10	R\$ 23.261,70	14.280,67	24.664,68

O produtor terá o retorno entre o ano 08 e 09, portanto, próximo do término do financiamento.

d) Valor Presente líquido

Tabela 20: Cálculo do VPL em planilha eletrônica (cenário 02)

Pay back descontado			
	-R\$ 154.956,00		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
1	R\$ 23.261,70	22.154,00	-132.802,00
2	R\$ 23.261,70	21.099,05	-111.702,95
3	R\$ 23.261,70	20.094,33	-91.608,62
4	R\$ 23.261,70	19.137,46	-72.471,16
5	R\$ 23.261,70	18.226,15	-54.245,01
6	R\$ 23.261,70	17.358,24	-36.886,77
7	R\$ 23.261,70	16.531,66	-20.355,12
8	R\$ 23.261,70	15.744,43	-4.610,68
9	R\$ 23.261,70	14.994,70	10.384,02
10	R\$ 23.261,70	14.280,67	24.664,68
VPL	R\$ 179.620,68		

O valor presente líquido é de R\$ 179.620,68, evidenciando um retorno de R\$ 24.664,68, maior que o investimento inicial.

e) Taxa interna de Retorno

Tabela 21: Cálculo da TIR em planilha eletrônica (cenário 02)

TIR			
	-R\$ 154.956,00		
ANO	FLUXO CAIXA ANUAL	FLUXO CAIXA AJUSTADO	FLUXO CAIXA ACUMULADO AJUSTADO
0	-R\$ 154.956,00		
1	R\$ 23.261,70	22.154,00	-132.802,00
2	R\$ 23.261,70	21.099,05	-111.702,95
3	R\$ 23.261,70	20.094,33	-91.608,62
4	R\$ 23.261,70	19.137,46	-72.471,16
5	R\$ 23.261,70	18.226,15	-54.245,01
6	R\$ 23.261,70	17.358,24	-36.886,77
7	R\$ 23.261,70	16.531,66	-20.355,12
8	R\$ 23.261,70	15.744,43	-4.610,68
9	R\$ 23.261,70	14.994,70	10.384,02
10	R\$ 23.261,70	14.280,67	24.664,68
TIR	8,16%		
Taxa	5,00%		

A TIR (8,16%) é maior que a TMA (5%). Portanto, é um projeto viável.

Cervi et al., (2010), realizando estudo de viabilidade econômica da utilização de biogás, estimou-se através de dados fornecidos por SANTOS (2000) que a produção diária de biogás a partir 2.300 suínos em fase de terminação é de 1.837,7 m³. Foi apresentado um investimento inicial de R\$ 51.537,17 (incluindo a construção do biodigestor), benefícios anuais de R\$ 8.916,45 e custos anuais de R\$ 10.098,602, obteve-se um fluxo de caixa de -R\$ 1.182,15 do primeiro ao décimo ano. Assim, os indicadores de viabilidade econômica apresentaram resultados economicamente inviáveis, mostrando que não houve um dimensionamento técnico apropriado da demanda de energia frente à oferta de energia do grupo gerador. Foram simulados cenários de consumo de energia elétrica, média diária, de 20; 25; 30; 35 e 40 kWh, para relacionar os níveis de consumo de energia com os indicadores de viabilidade econômica. Os dados apontam que o investimento é viável economicamente, mantendo-se inalterado o período de utilização da planta de 10,5 h/dia, se o

consumo de energia for de 35 kWh, onde o VLP é de R\$ 9.494,90, a TIR é 9,34%, o RBC é 1,18, o PBS é 7,32 anos e o PBE é 9,04 anos.

Coldebella (2006) destaca que o custo de m³ de biogás produzido na propriedade está diretamente relacionado com a capacidade de produção de biogás em função do investimento necessário. Assim, a utilização do sistema durante 10 h/dia apresentou um custo de R\$ 0,063/m³ de biogás, concluindo que, com uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,30 kW/h, o retorno do investimento é de 2,7 anos quando há utilização simultânea do motogerador de energia elétrica durante 10 h/dia e da motobomba durante 12 h/dia para a aplicação do biofertilizante em pastagens.

O autor mostrou que numa propriedade com capacidade instalada de 36 KW, com um investimento inicial de R\$ 120.000,00 entre biodigestor e conjunto motogerador, o tempo de retorno para este investimento, considerando o preço da tarifa de R\$ 0,30/KWh, com tempo de operação de 12 horas, é de 3,3 anos.

Souza et al., (2004), em estudo numa propriedade rural típica contendo aviário, pocilga, fábrica de ração e residência, estimaram o consumo em 39 kWh, constatando que seriam necessárias 258 matrizes de suínos com capacidade de gerar, cada uma, 0,775 m³ de biogás por dia, para instalação de um grupo gerador com potência de 40 kW. Os autores concluíram que, para uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,19 kWh, o tempo de recuperação do investimento é de 5,4 anos. Também apontaram que o retorno do investimento depende da tarifa de energia paga pelo produtor e do período de utilização da planta.

Ferrarez et al., (2010) fazendo um estudo em granja apresentando 570 matrizes, estimando uma produção diária de 1.317 m³/dia biogás, demanda média de energia da propriedade de 8.750 kWh/mês, utilizando um motor ciclo Otto (rendimento 15%), produziu energia suficiente para atender toda a demanda energética da granja e ainda apresentou um excedente de 84 MWh para possível negociação à concessionária ou na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Assim, conclui-se que são necessários estudos de viabilidade econômica para cada projeto que se pretenda implantar, sendo inviável

predizer resultados a partir de dados da literatura, já que são inúmeros os fatores envolvidos.

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a avaliação das condições estruturais e das práticas de manejo adotadas na Granja Muller demonstrou que existem deficiências relacionadas à regulagem de altura dos bebedouros, ao manejo de envio de dejetos, beiral de telhados e caixas de passagem de dejetos que impedem uma melhor produção de biogás. A Unidade de Terminação se destacou negativamente por apresentar condições estruturais precárias, distantes do padrão esperado na produção suinícola. Tal realidade deve-se ao fato por ter sido a primeira pocilga construída e já bastante antiga, em que as questões ambientais não eram objeto de preocupação neste tipo de empreendimento. Desta forma a presença de uma tecnologia para tratamento dos resíduos com geração de biogás exige adequações estruturais a fim de propiciar um melhor funcionamento do sistema. Outro fator de suma importância é o humano. Observa-se que num mercado de grandes oscilações o suinocultor deve, obrigatoriamente, reduzir custos, sendo assim o manejo dos resíduos é o primeiro ponto a sofrer cortes. Nesta granja, observaram-se funcionários em quantidade insuficiente e pouco capacitados para executar as medidas de manejo capazes de interferir no desempenho do biodigestor.

Com referência a viabilidade econômica da instalação do grupo motogerador para produção de energia, conclui-se que tanto à aquisição de dois geradores para suprir toda a demanda energética da propriedade (cenário 01) e aquisição de um gerador (cenário 02), suprimindo parte da energia consumida na propriedade, ambos vendendo o excedente de energia para a concessionária, tornou-se economicamente viável.

Devemos destacar que o biodigestor instalado na granja não foi proveniente de recursos do produtor. Foi fruto de projeto da UNFCCC, visando a redução de gases de efeito estufa (MDL), cuja empresa desenvolvedora e detentora dos 90% dos créditos de carbono comercializados, investiu no sistema de tratamento sem qualquer custo para o produtor em contrato de comodato. Tal situação permitiu que um dos cenários fosse viável economicamente. Atualmente, a propriedade não gera os créditos de carbono pois, a crise européia ocorrida em 2011 promoveu a queda do preço das reduções de emissões certificadas (REC) comercializadas através do Sistema Europeu de Comércio de Emissões. Desta forma, tal situação inviabilizou financeiramente a continuidade do projeto.

Na suinocultura, o estudo de viabilidade de cada projeto gerador de energia originária da biomassa tratada em biodigestor deve ser analisado de forma única. O bom funcionamento do sistema de tratamento anaeróbio está vinculado a inúmeras variáveis, além das características peculiares de cada granja quanto a sua demanda energética, o que impede a existência de um modelo padrão replicável a diferentes realidades.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico**. Brasília, 2012. 825 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Manual_15_3_2010_res396_2010_com_correcoes.pdf>. Acesso em 06 out. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica 043 de 08 de setembro de 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf> Acesso em 06 mar. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Biomassa**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2008. cap. 4, p. 65-74.

ANDRADE, M. A. N. et al. **Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas, SP. **Anais...**Bauru: UNESP, FAAC, 2002.

ASSIS, F. O. Bacia Hidrográfica do Rio Quilombo: Dejetos de suínos e impactos ambientais. **R. RAÍGA**, Curitiba, n. 8, p. 107-122, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Produção mundial de carne suína**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

BLEY JUNIOR, C. et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambiental**. 2. ed. Foz do Iguaçu: Technopolitik Editora, 2009. 140 p.

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 DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais...**Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009. p. 37-42.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H.; **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial.** 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2007. 468 p. Apud: CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C.; Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5. p. 831-844, 2010.

CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia:** Estudo de caso em Unidade Biointegrada. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C.; Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5. p. 831-844, 2010.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.** 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia Sistemas Agroindustriais) – UNIOESTE, Cascavel, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2011/2012. Décimo primeiro levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_10_58_55_boletim_portugues_agosto_2012.pdf>. Acesso em: 04 set. 2012.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos de suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, Concórdia, ano 7, n. 11, mar. 1998.

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas, SP. **Anais...**Bauru: UNESP, FAAC, 2002.

DEUBLEIN, D; STEINHAUSER, A; **Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction.** Germany: Wiley VCH, 2008.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, Concórdia, ano 10, n. 14 ago. 2002.

FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C. A.; Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 248-257, 2010.

FERRAZ, J. M. G.; MARIEL, I. E. **Biogás uma fonte Alternativa de Energia. Brasil**, 1980, 27p. Apud: FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C. A.; Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 248-257, 2010.

FERREIRA, L. et al. A importância da gestão integrada da água - novos desafios para a gestão ambiental no setor suinícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais...**Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009. p. 572-576.

FONSECA, Y. D. da. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura.** Disponível em: http://www.desenbahia.ba.gov.br/uploads/2308201122384375Artigo_05.pdf. Acesso em: 07 mar. 2013.

GOLDEMBERG, J; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatística de Produção Pecuária. Março de 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagrropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201104_publ_completa.pdf>. Acesso em: 04 set. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/graficos_dinamicos/censo_agro/default.htm>. Acesso em: 05 set. 2012.

IEA-International Energy Agency. *World Energy Statistics*, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Agricultura – do subsídio a política agrícola. **Desafios do Desenvolvimento**, Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2599:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 04 set. 2012.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos de suínos. **Circular Técnica 6**, Concórdia, EMBRAPA CNPSA, 1983, 32p. Apud: SOUZA, C. F. et al. Potencial de Dejetos Suínos como Substrato na Biodigestão Anaeróbia sob Efeito De Diferentes Temperaturas e Tempos de Retenção Hidráulica. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 300, p. 255-265, 2005.

KUNZ, A. **Bioconversão de resíduos animais**. Disponível em: <<http://ead.pti.org.br/biogas/mod/book/print.php?id=406>>. Acesso em: 29 jan. 2012.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.; OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia (Embrapa)**, Concórdia, v. 22, n. 1, p. 651-665, 2005.

KUNZ, A.; PERDOMO, C.C; OLIVEIRA, P.A.V.O. Biodigestores: avanços e retrocessos. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n.178, p.14-16, jun.-jul. 2004b.

LA FARGE, B. de. **Le Biogaz: Procédés de fermentation méthanique**. Paris: Masson, 1995. 237 p. Apud OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e Utilização de biogás em Unidades de Produção de Suínos**. Concórdia. Embrapa-CNPSA, 2006. 42 p. (Embrapa-CNPSA. Doc. 115).

LAPPONI, J. C.; **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em Excel**. São Paulo: Lapponi. 376 p. Apud: CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia: Estudo de caso em Unidade Biointegrada**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

LIMA, P. C. R. **Biogás da suinocultura: uma importante fonte de geração de energia**. Relatório elaborado para a Câmara dos Deputados por Consultor Legislativo da área XII – Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos, out. 2007.

LUCAS JÚNIOR, J. **Manejo de dejetos em suinocultura: biodigestores.** Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, (Ca. 2000).

LUCAS JÚNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios.** 1994. 1137 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Plano ABC**, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

NOGUEIRA, C. E. C.; ZURN, H. H.; Modelo de dimensionamento otimizado para sistemas energéticos renováveis em ambientes rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 341-348, 2005.

NOGUEIRA, E. Análise de investimentos. In: BATALHA, M. O. **Gestão Agroindustrial**. 2. São Paulo: Atlas, 2001. v 1, 692 p. Apud: CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia:** Estudo de caso em Unidade Biointegrada. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

NOGUEIRA, L. A. H., **Biodigestão: A Alternativa Energética.** São Paulo, Nobel, 1986, 93 p. Apud: FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C. A.; Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 248-257, 2010.

OLIVEIRA, P. A. V. **Uso racional da água na suinocultura.** Concórdia, p. 63-71. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/7-PauloArmando_agua.pdf>. Acesso em: 08 out. 2012.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos,** Concórdia. Embrapa-CNPSA, 1993a. 188 p. (Embrapa-CNPSA. Doc. 27).

OLIVEIRA, P. A. V. **Produção e aproveitamento do biogás.** In: OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologia para o manejo de resíduos na produção de suínos:**

manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. Cap. 4, p.43-55.

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestor para produção de biogás em sistema de produção de suínos.** EMBRAPA, 2005.

OLIVEIRA, P. A.; SILVA, A. P. da. **As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura,** Concórdia. Embrapa-CNPSA, 2006. 41 p. (Embrapa-CNPSA. Doc. 113).

OLIVEIRA, P. A. V.; SILVA, A. P. da O projeto suinocultura Santa Catarina - PNMAII e a ISO 14.000. **Pork World**, v.4, n.22, p.78-81, 2004.

OLIVEIRA, P. A.; HIGARASHI, M. M. **Geração e Utilização de biogás em Unidades de Produção de Suínos,** Concórdia. Embrapa-CNPSA, 2006. 42 p. (Embrapa-CNPSA. Doc. 115).

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, n.149, p. 4-11, out. 2006:

PALHARES, J. C. P. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Suínos e Aves, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Licenciamento Ambiental na Suinocultura: os Casos Brasileiro e Mundial.** Versão Eletrônica, mar. 2008.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP:** estudo de caso. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Energia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p. 8-24.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura Intensiva:** Produção, manejo e saúde do rebanho. Concórdia: EMBRAPA – SPI; 1998. p. 221-235.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Doc. 85).

PERDOMO, C. C. Uso racional de dejetos suínos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova, MG. **Anais...**Viçosa, MG: UFV, 1995.

POELS, J. et. al. Biogaz produit à partir de lisier de porcs. Premiers résultats pratiques d'une installation à grande échelle. **Revue de l'Agriculture**, Bruxelles, v.37, n.1, p. 17-27, 1984. Apud: LUCAS JUNIOR, J. **Manejo de dejetos em suinocultura: biodigestores**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. [ca. 2000]

RATHUNDE, P. H. **Viabilidade econômica da geração distribuída do biogás de dejetos animais no município de Cruz Machado**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Organizações e Desenvolvimento) – Centro Universitário Franciscano, Curitiba, 2009.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**. Viçosa, MG, v. 2, n. 1, p. 57 – 67, 2005.

SANTOS, P. **Guia Técnico de Biogás**. CCE – Centro para a Conservação de Energia, Portugal, 2000. 117 p.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura Intensiva: Produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA – SPI; 1998. p. 221-235.

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, 1996, 46p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 79).

SCHROEDER, T. J. C. et al. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHNOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 194-209. 2006.

SILVA, C. S. da. **Taxa interna de retorno - TIR**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/taxa-interna-de-retornotir/30435/>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

SGANZERLA, E. **Biodigestor: uma solução**. Agropecuária, Porto Alegre, 1983. 88 p. Apud: FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C. A.; Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 248-257, 2010.

SOUZA, C. F. e CAMPOS, J. A.; Avaliação do tempo de retenção hidráulica, agitação e temperatura em biodigestores operando com dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, RS, v. 2, n. 1, p. 1742-1745. 2007.

SOUZA, S. N. M.; Custo da eletricidade gerada em conjunto motogerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, PR, v. 26, p. 127-133. 2004.

VANOLLI, K. **Aspectos econômicos e administrativos na produção de biogás**. Foz do Iguaçu, 2012. Universidade Federal Integrada Latino Americana, Foz do Iguaçu, 2012.

VICHI, F. M; MANSOR, M. T. C. Energia, meio Ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Revista Química. Nova**, São Paulo, v.32, n. 3, p. 757-767. 2009.

APÊNDICE QUESTIONÁRIO DE VISITA

QUESTIONÁRIO GRANJA MULLER			
AVALIAÇÃO DE FATORES ESTRUTURAIS QUE INTERFEREM NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM BIODIGESTOR INSTALADO EM UNIDADE PRODUTORA DE LEITÕES/TERMINAÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM GRUPO MOTOR-GERADOR PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA - ESTUDO DE CASO			
NOME DA FAZENDA	Granja Muller	Especialização	UNILA - Especialização em Energias Renováveis com Ênfase em Biogás
Cidade	Toledo	Aluno	Alexandre Spolaore
Estado	PR	Data da Visita	06/09/12
4. Instalações (Galpões)			
	Quesito Inspeccionado		
1	Qual é o Tipo de Produção?		
2	Quais são as fases de produção existentes?		
3	Qual o tipo de beiral do telhado? Curto ou alongado? Evita a entrada de águas da chuva no sistema de canaletas para biodigestor?		
4	A fazenda possui um sistema de by-pass, podendo ser possível desviar a água da lavagem dos galpões (com desinfetantes) do biodigestor?		
5	As características gerais do efluente encaminhado à lagoa secundária demonstram que os processos de formação de metano estão ocorrendo dentro do biodigestor?		
6	Existem canaletas abertas de dejetos? Parcial, Total.		
7	Existem aberturas (caixas de passagem sem tampas, rupturas) na tubulação que conduz os dejetos dos galpões ao biodigestor?		
8	Manejo de limpeza: Qual é a frequência de lavagem e desinfecção dos galpões em cada fase de produção?		
9	Como é realizada esta limpeza e sua frequência?		
10	É utilizado algum equipamento para limpeza dos galpões? Pegar vazão do equipamento e pressão do jato.		
11	Como é realizado o manejo dos dejetos? Sistema de valas, lâmina d'água, flushing, o que produz é enviado?		
12	Qual a capacidade de armazenamento dos resíduos no caso de valas e lâmina d'água (dias).		
13	Qual a frequência de envio dos dejetos para o biodigestor?		
14	Existem bebedouros com vazamentos? Se sim qual o grau de criticidade?		
15	Qual é o tipo de bebedouro para cada fase de produção? (crescimento e terminação: 25 a 50 kg: nipple ou nível - 50 a 100kg - taça, nipple ou nível); (leitões lactentes: taça); (creche: taça ou nipple); (porcas em lactação/gestação: taça ou nipple);		
16	Existe controle de temperatura das instalações? Qual é a temperatura ambiente das instalações de cada fase animal? (Temp ideal ao redor de 22 C) (Temp água: 11 C)		
17	Qual a origem da água?		
18	Existem hidrômetros nos galpões?		
19	Verificar gastos de água nos últimos meses.		
20	Verificar gastos mensais (2011) em kWh da propriedade.		
21	Qual a potência nominal do gerador orçado, preço.		
22	Qual o regime de funcionamento pretendido ao se adquirir o grupo moto-gerador?		

ANEXO 1 – TABELA DE RENDIMENTO DO GRUPO MOTOGERADOR

Tabela de Rendimentos Geradores de Energia - Aviserra - Parisotto														
Nº Série	Uso Normal			Uso Emergencial - (Desliga o sistema)					Consumo (m ³ /h)	Peso (kg)	Dimensões			
	Prime			Emergência	Motor						Comp.	Larg.	Alt.	
Modelo	kVA	PERDA	kW	kVA	kW	Marca	Modelo	cv	CIL.					
G1	25	22	18	27.5	22	GM	4.1	115 cv	6 CC	10	550	220 mm	75 mm	155 mm
G2	35	31	22.4	38.5	31	GM	4.1	115 cv	6 CC	13	550	220 mm	75 mm	155 mm
G3	50	45	36	55	44	GM	4.1	115 cv	6 CC	18	550	220 mm	75 mm	155 mm
G4	60	50	40	66	53	GM	261	135 cv	6 CC	18	550	220 mm	75 mm	155 mm
G80	80	72	57.6	88	70	GM	261	135 cv	6 CC	21	550	220 mm	75 mm	155 mm
G110	110	99	79.2	121	97	PERKINS	6357	145 cv	6 CC	25	1.500	220 mm	75 mm	155 mm
G125	125	112	90	137.5	110	PERKINS	6357	145 cv	6 CC	30	1.500	220 mm	75 mm	155 mm
G150	150	135	108	165	132	MWM	Série 10	180 cv	6 CC	36	1.500	220 mm	75 mm	155 mm

ANEXO 2 – ORÇAMENTO GRUPO MOTOGERADOR*Grupo Gerador a Biogás
Orçamento nº 382/2012**Grupo Gerador de Energia movido a biogás*

Instalação de 02 grupos geradores de energia movidos a biogás de 110 KVA cada, com sistema de filtros, e instalação elétrica completa.

- Instalação de todos os equipamentos elétricos para conexão do gerador na rede elétrica;
- Caixa de câmbio automatizada;
- Motor modelo a diesel MWM;
- Quadro de comando 60 x 80 automatizado com ligação para rampa;
- Chave de duas funções 150 KVA;
- Instalação da tubulação de condução do biogás até o local em que será instalado o grupo gerador;
- Grupo gerador com certificado de garantia de 5.000 horas;
- O cliente irá receber um manual de uso do gerador e o certificado de garantia. Será realizada a entrega técnica com todas as orientações de uso e manutenção do grupo gerador.

TABELA DE RENDIMENTO DO GERADOR

Modelo	Sistema Mecânico	Sistema Elétrico	Consumo m ³ /h
G110	MWM	Alternador 110 KVA	9

Valor Total de cada grupo gerador - R\$ 127.000,00

VALOR TOTAL DO ORÇAMENTO: R\$ 254.000,00

Prazo de Entrega e Instalação: 30 dias

Prazo de Pagamento: 30% no pedido e 70% à vista, após a instalação

Frete: CIF

OBRIGAÇÕES DO FORNECEDOR:

Constituem-se Obrigações do fornecedor:

- a) Fornecimento de toda a mão de obra necessária para execução dos serviços e instalação do produto;
- b) Instalação da tubulação de biogás do biodigestor existente até o local em que será instalado o grupo gerador.

OBRIGAÇÕES DO CLIENTE:

Constituem-se Obrigações do Cliente:

- a) Fornecimento de local coberto para instalação do gerador e da parte elétrica, com espaço mínimo de 4,00 x 5,00m x 2,70 m de altura, (não é necessário o fechamento das paredes laterais) com rede de energia no local de 380 V;
- b) Fornecer energia elétrica trifásica com neutro no local em que será instalado o gerador;

Atenciosamente.