



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA

SHEYLA CAETANO HAACK

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DOS DEJETOS
DE CAPRINOS EM BIODIGESTORES NO SEMIARIDO BAIANO**

SALVADOR

2009

SHEYLA CAETANO HAACK

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DOS DEJETOS
DE CAPRINOS EM BIODIGESTORES NO SEMIARIDO BAIANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia Regional e do Meio Ambiente

Orientadora: Prof.^ª Dra. Gilca Garcia de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Danilo Gusmão de Quadros

SALVADOR

2009

Ficha catalográfica elaborada por Vânia Magalhães CRB5-960

Haack, Sheyla Caetano

H118 Avaliação técnica e econômica para aproveitamento da biomassa caprina em biodigestores no Semi-Árido Baiano./ Sheyla Caetano Haack. - Salvador, 2009.

209 f. il. ; fig.; tab.

Dissertação (Mestrado em Economia) Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Ciências Econômicas, 2009.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gilca Garcia de Oliveira.

Co-Orientador: Prof. Dr. Danilo Gusmão de Quadros.

1. Biomassa – Energia – Bahia 2. Caprinos 3. Energia renovável 4. Biogás 5. Desenvolvimento sustentável 6. Energia - Fontes alternativas
I. Oliveira, Gilca Garcia de II. Quadros, Danilo Gusmão de III. Título

CDD – 333.79098142



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
FUNDADA EM 07.02.1905



CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA



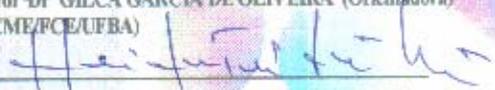
TERMO DE APROVAÇÃO

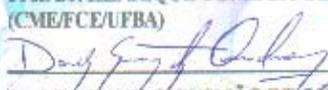
SHEYLA CAETANO HAACK

**ANALISE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA O APROVEITAMENTO DE
DEJETOS DE CAPRINOS EM BIODIGESTORES NO SEMIÁRIDO BAIANO**
Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Economia pela seguinte Banca Examinadora:

Aprovada em 22 de dezembro de 2009


Prof. Dr.ª GILCA GARCIA DE OLIVEIRA (Orientadora)
(CME/FCE/UFBA)


Prof. Dr. HENRIQUE TOMÉ DA COSTA MATA
(CME/FCE/UFBA)


Prof. Dr. DANILÃO GUSMÃO DE QUÁDROS
(UNEB)

A meus pais, Henrique e Francinete que, desde minha infância, me incentivaram a estudar.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Bahia, por oferecer este curso de mestrado à comunidade.

A minha orientadora, professora Dra Gilca, por todo o apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Danilo Gusmão, por todas as informações e esclarecimentos sobre o assunto abordado nesta dissertação.

Ao Senai-Cimatec, pelo apoio recebido durante a realização do mestrado.

Ao professor Dr. Jorge de Lucas, por toda a atenção e informações dos seus trabalhos sobre biodigestores realizados na UNESP de Botucatu / SP.

À Fazenda Santa Rosa, SP, por permitir a visita e inspeção às instalações de biodigestores, em Embu, SP.

À Sansuy, por todas as informações fornecidas sobre os biodigestores de PVC flexível que fabrica.

À Seagri-BA, através dos Srs: Kátia, Carla Pascoal e Edmilson, que cedeu informações sobre a produção caprina.

Ao Instituto Ingá, através dos Srs. Elba, Gustavo e Rosani, que disponibilizaram dados sobre monitoramento de águas nos municípios do semi-árido bahiano.

À EBDA, através do Eng. Agrônomo Fernando Moura, pelas informações sobre o processo de biodigestão, durante a visita à Estação Experimental de Pilar (Jaguarari).

À empresa Águas do Imperador, de Petrópolis/RJ, pelas informações fornecidas e a atenção brindada na visita às estações de biodigestão de efluentes dessa cidade.

À Cerb – Companhia de Engenharia Ambiental da Bahia, através do Dr. Cícero de Carvalho, pelos dados de poços de água implantados no semi-árido bahiano.

À Manuel Alpire, meu companheiro nesta trajetória, pela ajuda em todas as fases do trabalho e pelo incentivo à pesquisa e à reflexão.

À minha amiga Jaqueline Lê, que ajudou-me na tradução desse material.

À Luana e Nícia, colegas e amigas do mestrado, pela ajuda e estímulo recebido durante o curso e pelos momentos de descontração que tivemos fora de aula.

A Rui, da secretaria do curso de Economia, por todo o apoio recebido na solicitação de dados às instituições acima mencionadas.

E a todas as pessoas que de uma forma ou outra me ajudaram na realização do curso e trabalho de dissertação.

RESUMO

O esgotamento de algumas fontes de energia de origem fóssil gerado pelo aumento da demanda dos últimos anos, e a conscientização mundial quanto às questões ambientais, têm levado a uma busca contínua por novas formas sustentáveis de produção. Nesse novo contexto a tecnologia da biodigestão representa uma possibilidade na geração de energia limpa e, ao mesmo tempo, de redução dos impactos ambientais. O estado da Bahia possui o maior rebanho de caprino do Brasil, cuja geração de dejetos pode propiciar problemas de ordem sanitária. O aproveitamento desses resíduos, através do processo de biodigestão, além de tratar esses agentes poluentes, gera biogás, energia renovável e limpa, e biofertilizante, uma grade fonte de nutrientes para o solo. Este estudo avalia a viabilidade técnica e econômica para implantação de biodigestores no semiárido baiano, tendo como base o aproveitamento dos dejetos de caprinos. A metodologia aplicada partiu do processo de biodigestão e dos conceitos de sustentabilidade. Para tanto, foi realizado um mapeamento dos municípios baianos selecionados de acordo com critérios de regiões com rebanhos de caprinos, disponibilidade e qualidade da água. Foram caracterizados os dejetos caprinos para a geração de energia (biogás) e dos efluentes (biofertilizante), quantificando-se os resíduos e a produção de biogás e de biofertilizantes. Posteriormente foram calculados indicadores técnicos como: volume de biogás gerado, composição química, equivalência energética como GLP, a conversão do biogás em eletricidade, o volume de biofertilizante, equivalência ao fertilizante sintético e o crédito de carbono. A viabilidade técnica e econômica envolveu a análise do desempenho do processo de biodigestão, sua conversão em valores econômicos e os cálculos B/C, VPL, TIR e *Payback*. Para tanto, estimaram-se investimentos para implantação de biodigestores em função da quantidade de caprinos, incluindo ou não, os custos de mão de obra. Os resultados encontrados evidenciam que em certas condições, a implantação não é viável para o horizonte de vida útil do biodigestor e para tamanhos reduzidos de rebanho. Os principais aspectos encontrados estiveram vinculados aos casos de incorporação da mão de obra e do crédito de carbono. Os estudos também evidenciaram forte viabilidade para o uso em unidades de agricultura familiar em que a mão de obra não está incorporada, principalmente quando há aproveitamento dos dejetos na geração de biogás para uso como GLP e geração de eletricidade e do biofertilizante, chegando a apresentar um *payback* menor que dois anos e taxas de retorno TIR de até 66% para o aproveitamento combinado de GLP e biofertilizante.

Palavras chave: Biodigestor. Caprinos. Fontes alternativas de energia. Semiárido. Viabilidade técnica e econômica.

ABSTRACT

The exhaustion of some fossil energy sources, caused by the increasing demand in the last years, as well as the worldwide consciousness about the environment issues, has brought a continuous quest for new sustainable means of production. In this new context, the biogas technology represents a real possibility of generating clean energy and, at the same time, the reduction of environmental impacts. At Bahia state in Brazil there is a big caprine livestock whose wastes may cause serious sanitary problems. The management of this residues in the biogas process make possible the reduction the pollutants and, besides that, the generation of methane or biogas, and biofertilizer that is a big source of nutrients for the soil. This study analyses the technical and economical viability of implanting biogas in the bahian semiarid region, using a mechanism based on the employment of the caprine wastes. The methodology applied in this research was related, thus, to the biogas process and the concepts of sustainability. It was made a survey of the bahian cities that were selected according to three relevant aspects: existence of caprine livestock in the districts, availability and water quality. First, These were characterized the caprine wastes for the generating of energy (biogas) and effluents (biofertilizer) by quantifying the residues as well the biogas and biofertilizer production. Afterwards, these were considered some technical indicators such as the biogas volume, the chemical composition, energetic equality to the LPG (Liquefied petroleum gás), the biogas conversion to electricity, the biofertilizer volume, equivalence to the sintetic fertilizer and the carbon credit. The technical and economical viability has involved the analysis of the biogas performance, its conversion into economical values and the computing of benefits vs costs, Net Present Value (NPV), Internal Rate (IRR) and Payback. In order to doing so, some investments estimated for the use of biogas were based on the caprines quantity, including or not the costs of workforce. The found results evidenced that, in certain conditions, the implantation is not workable for the durability of the biogas and for the reduced size of livestock. The main reasons were related to the incorporation of workforce and carbon credit. On the other hand, this study also indicates the viability for the use of biogas in smallholder farms in which the workforce is not incorporated, mainly if there is the management of wastes in the generation of biogas for use as LPG and the generation of electricity and biofertilizer. In these cases, the payback is lesser than two years and the TIR reaches to 66% for the combined management of GLP and biofertilizer.

Keywords: Biogas. Caprines. Alternative energy sources. Semiarid soil. Technical and economical viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Atividades Humanas X Sistema Natural.	22
Figura 02	Processamento padrão do modelo mundial – Curva de Resultados apresentado no relatório de Meadows, 1978.	27
Figura 03	Relação das atividades humanas e o direito ambiental.	33
Figura 04	Consumo Mundial de Energia Primária, 1981 a 2005.	39
Figura.05	Energia Elétrica – Geração Mundial (bilhão kWh), 1984 a 2005.	40
Figura 06	Estágios da biodigestão.	46
Figura.07	Modelos de biodigestores chineses e indianos.	50
Figura 08	Modelo de biodigestor canadense.	50
Figura 09	Biodigestor Industrial, modelo canadense, para produção de biogás, fertilizante e venda de créditos de carbono. Fazenda Santa Rosa, Embu, São Paulo, 2009.	51
Figura10	Lagoa de biofertilizante e sistema de irrigação. Fazenda Santa Rosa, Embu(S.P.), 2009.	51
Figura11	Lagoa de biofertilizante e sistema de irrigação. Fazenda Santa Rosa, Embu(S.P.), 2009.	51
Figura 12	Medição do biogás para venda de créditos de carbono na Fazenda Santa Rita, Embu (SP), 2009.	51
Figura 13	Medição do biogás para venda de créditos de carbono na Fazenda Santa Rita, Embu (SP), 2009.	51
Figura 14	Biodigestor da Estação Experimental de Pilar da EBDA, Jaguarari (BA), 2009.	52
Figura 15	Caixa em entrada de estrume caprino.	53
Figura 16	Caixa em entrada de estrume caprino.	53
Figura 17	Pilão para amassar o estrume. A caixa recebe o estrume amassado dissolvido em água.	53
Figura 18	Pilão para amassar o estrume. A caixa recebe o estrume amassado dissolvido em água.	53
Figura 19	Piso ripado, menor contaminação.	54
Figura 20	Piso ripado, menor contaminação.	54
Figura 21	Curral com terra batida, estrume contaminado.	54
Figura 22	Curral com terra batida, estrume contaminado.	54
Figura 23	Curral com terra batida, estrume contaminado.	54

Figura 24	Curral com terra batida, estrume contaminado.	54
Figura 25	Saída do biogás acoplado a um sistema de controle de pressão no biodigestor.	55
Figura 26	Saída do biogás acoplado a um sistema de controle de pressão no biodigestor.	55
Figura 27	Uso do biogás para cocção e geração de eletricidade.	55
Figura 28	Uso do biogás para cocção e geração de eletricidade.	55
Figura 29	Saída do efluente – biofertilizante.	55
Figura 30	Evolução do rebanho de caprinos na Bahia, no Nordeste e no Brasil, 1974 a 2006.	57
Figura 31	Rebanho caprino dos estados do nordeste. Participação no rebanho brasileiro, 2007.	58
Figura 32	Unidades de caprinos por áreas de estabelecimentos rurais.	59
Figura 33	Modelo proposto do uso do biodigestor na caprinocultura no semiárido baiano.	61
Figura 34	Caprinocultura no semiárido – Mapeamento dos municípios, 2009.	64
Figura 35	Efetivos de rebanhos por municípios, Bahia, 2007.	65
Figura 36	Esquema de ligação das fontes hídricas.	69
Figura 37	Recursos Hídricos classificados por RPGA – principais rios, barragens e açudes, 2009.	70
Figura 38	Mapa pluviométrico do estado da Bahia, 2003.	72
Figura 39	Mapeamento hidroquímico dos mananciais de superfície – Região Nordeste, 2003.	80
Figura 40	Unidade Experimental da Universidade Estadual Paulista. Biodigestores Indiano. UNESP, Jaboticabal, 2009.	88
Figura 41	Biodigestores experimentais. Motor movido à biogás. UNESP, Jaboticabal.	88
Figura 42	Biodigestores e reservatório de biogás. Sistema de Tratamento de dejetos urbanos da empresa Águas do Imperador, Petrópolis, Rio de Janeiro. 2009.	89
Figura 43	Biodigestores e reservatório de biogás. Sistema de Tratamento de dejetos urbanos da empresa Águas do Imperador, Petrópolis, Rio de Janeiro. 2009.	89
Figura 44	Municípios com potencialidade para a implantação de biodigestores no semiárido baiano	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Dados gerais de infra-estrutura hídrica – qualidade da água, 2003	81
Quadro 2	Resultado de análise de uso de qualidade da água, 2009	84
Quadro 03	Produção diária de dejetos por animal.	92
Quadro 04	Aspectos bioquímicos e microbiológicos dos dejetos e biofertilizante, 150 caprinos.	94
Quadro 05	Equivalência energética do biogás.	99
Quadro 06	Consumo de biogás por aparelho.	100
Quadro 07	Cálculo de consumo da família de biogás para cocção.	101
Quadro 08	Cálculo de conversão de biogás em energia elétrica.	105
Quadro 09	Consumo específico de água para irrigação.	107
Quadro 10	Concentração e produção de nutrientes presentes no biofertilizante.	108
Quadro 11	Produção de biofertilizante para um rebanho de 150 caprinos.	109
Quadro 12	Potencial de aquecimento.	111
Quadro 13	Valores de conversibilidade de gases gerados em crédito de carbono.	112
Quadro 14	Parâmetros para análise econômico financeiro	115
Quadro 15	Investimento para implantação de um biodigestor	117
Quadro 16	Cálculo da substituição do gás de cozinha (GLP) por biogás.	122
Quadro 17	Ganho do biogás em substituição ao GLP, ano	122
Quadro 18	Conversão de biogás em energia elétrica convencional	123
Quadro 19	Ganho na substituição de energia elétrica pelo biogás gerado	124
Quadro 20	Cálculo de ganhos da substituição combinada do gás de cozinha e energia elétrica para um rebanho de 150 animais	125
Quadro 21	Consumo mensal de energia elétrica por uma família	126
Quadro 22	Ganho do biogás em substituição do GLP e energia gerada	127
Quadro 23	Custo de Implantação de Biodigestores	128
Quadro 24	Investimentos realizados e a realizar do programa Luz para Todos	129
Quadro 25	Custo do Biogás com mão-de-obra incorporada e não incorporada	133
Quadro 26	Ganho de Substituição do fertilizante convencional pelo	134

	Biofertilizante	
Quadro 27	Custo da produção de biogás e energia elétrica considerando os ganhos em biofertilizante	135
Quadro 28	Cálculo de conversão de emissões evitadas	137
Quadro 29	Análise da relação B/C do biodigestor com e sem mão-de-obra para uma unidade com 150 caprinos	138
Quadro 30	Relação B/C do biodigestor – média de caprinos 50 a 400 mão-de-obra incorporada e não incorporada	139
Quadro 31	Fluxo de caixa operacional (com e sem a incorporação de mão-de-obra), unidade com 150 caprinos	141
Quadro 32	Fluxo de caixa operacional (com e sem a incorporação de mão-de-obra), unidades entre 50 a 400 caprinos	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Distribuição das atividades MDL por tipo de projeto, Brasil, 2008.	37
Tabela 02	Efetivos de rebanhos (cabeças) de caprinos nas principais regiões do país, 2007.	57
Tabela 03	Caprinocultura no semiárido baiano – dados dos municípios selecionados.	66
Tabela 04	Dados gerais de infra-estrutura hídrica – rios, barragens açudes, cálculos pluviométricos e outorgas.	73
Tabela 05	Dados gerais de infra-estrutura hídrica - sistemas de abastecimento e cisternas.	76
Tabela 06	Aspectos bioquímicos e microbiológicos do dejetos e biofertilizante.	90
Tabela 07	Biogás de caprinos – Análise dos teores de gases presentes.	96
Tabela 08	Consumo de eletricidade e unidades com acesso a rede elétrica, 2008.	102
Tabela 09	Composição dos fertilizantes convencionais.	108
Tabela 10	Consolidação de valores VPL, TIR, payback e B/C para 150 caprinos – mão de obra não incorporada	145
Tabela 11	Consolidação de valores VPL, TIR, payback e benefícios versus custos para 150 caprinos – mão de obra incorporada	146
Tabela 12	Resultados de VPL, TIR e Payback não considerando a incorporação de custo de adesão ao mercado de carbono – Mão de obra não inclusa	148
Tabela 13	Resultados de VPL, TIR e Payback não considerando a incorporação de custo de adesão ao mercado de carbono – Mão de obra não inclusa	149

LISTA DE SIGLAS

C.V.	Coeficiente de variação (média/desvio padrão), em percentual
CC	Crédito de Carbono
CERs	Reduções Certificadas de Emissões
CFCs	Clorofluorcarbonos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
EBDA	Empresa Bahiana de Desenvolvimento Agrícola
EOD	Entidade Operacional Designada
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHC	Greenhouse Gases
INGA	Instituto de Gestão das Águas
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
OIA	O Instituto Ambiental
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONGS	Organizações Não Governamentais.
ONU	Organização das Nações Unidas
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Brasil
SEAGRI	Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia
UNEB	Universidade do Estado da Bahia
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do clima
USAID	United States Agency for International Development
WWF	Fundo Mundial para a Vida Selvagem
UNEP	Programa para o Meio Ambiente das Nações Unidas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	18
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	DESENVOLVIMENTO ECONOMICO – SISTEMA ANTROPICO x SISTEMA NATURAL	20
2.2	ENTROPIA E IMPACTO AMBIENTAL	23
2.3	DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL – A EVOLUCAO DE UM CONCEITO	26
2.4	PROTOCOLO DE KYOTO E MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO	33
2.5	FONTES ALTERNATIVAS – RECURSOS RENOVAVEIS	38
3	TECNOLOGIA DA BIODIGESTÃO	44
3.1	HISTÓRICO	44
3.2	CONCEITUAÇÃO DE BIODIGESTÃO	46
3.3	BIOGÁS	47
3.4	BIOFERTILIZANTE	48
3.5	BIODIGESTOR	49
4	CAPRINOCULTURA – PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL	56
4.1	HISTÓRICO E PANORAMA MUNDIAL DA CAPRINOCULTURA	56
4.2	A CAPRINOCULTURA NO BRASIL	57
4.3	A CAPRINOCULTURA NA BAHIA E O SEMIÁRIDO	59
4.4	O USO DE BIODIGESTORES NA CAPRINOCULTURA DO SEMIÁRIDO BAIANO	60
5	MATERIAIS E MÉTODOS	62
5.1	MAPEAMENTO DOS MUNICÍPIOS	63
5.2	RECURSOS HÍDRICOS	68

5.3	QUALIDADE DA ÁGUA E O MANEJO ADEQUADO	79
5.4	LEVANTAMENTO TÉCNICO DA BIODIGESTÃO	88
5.5	CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS DE ORIGEM CAPRINA	89
5.5.1	Aspectos Bioquímicos Microbiológicos e Parasitários do Afluente e Efluente	89
5.5.2	Coliformes Fecais e Totais	91
5.5.3	Geração de Resíduos Agropecuários	92
5.5.4	Influência da alimentação nas características dos dejetos	93
5.5.5	Manejo de Dejetos Caprinos	93
5.6	DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR	95
5.7	ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS	95
5.8	TEMPERATURA	97
5.9	PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO BIOGÁS - PODER CALORÍFICO E DENSIDADE DO BIOGÁS	97
5.10	PRODUÇÃO DO BIOGÁS	98
5.10.1	Determinação do volume de biogás e calculo dos potenciais de produção	99
5.10.2	Uso do biogás como alternativa das fontes energéticas convencionais	100
5.11	PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE	107
5.11.1	Concentração de Nutrientes (NPK) nos biofertilizantes	107
5.11.2	Fatores que interferem o uso do biofertilizante no solo	110
5.12	CRÉDITO DE CARBONO NA CAPRINOCULTURA	111
5.13	LEVANTAMENTO DE DADOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS	113
5.13.1	Análise da relação benefício vs custo	113
5.13.2	Valor Presente Líquido (VPL)	114
5.13.3	Método <i>Payback</i>	114
5.13.4	Taxa Interna de Retorno (TIR)	114
5.14	PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA	115
6	RESULTADO E DISCUSSÃO	118

6.1	MUNICÍPIOS SELECIONADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES	118
6.2	ESTUDO DE VIABILIDADE	121
6.2.1	Análise técnica	121
6.2.1.1	Produção de biogás em substituição ao GLP (gás de cozinha)	121
6.2.1.2	Geração de energia elétrica em substituição a energia elétrica convencional	123
6.2.1.3	Substituição combinada do gás de cozinha (glp) e eletricidade por biogás	125
6.2.1.4	Custo de implantação do biodigestor	127
6.2.1.5	Custo de produção do biogás e de energia elétrica gerada com biogás	131
6.2.1.6	Produção de biofertilizante – substituição dos fertilizantes convencionais	134
6.2.1.7	Custo de produção do biogás e de energia elétrica combinados com ganhos em biofertilizante	134
6.2.1.8	Aspectos ambientais – crédito de carbono	136
6.3	ANÁLISE B/C, VPL, TIR E <i>PAYBACK</i>	137
6.3.1	Análise da relação Benefício versus Custo (B/C)	137
6.3.2	Determinação dos VPL, TIR e <i>Payback</i>	141
6.3.3	Resultados apresentados para VPL, TIR e <i>Payback</i>	144
7	CONCLUSÕES	150
	REFERÊNCIAS	154
	APÊNDICES	161

1 INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento das chamadas energias alternativas limpas tem propiciado a substituição do uso de algumas fontes esgotáveis por renováveis. Considerada como uma das alternativas renováveis, a biodigestão torna-se uma solução para o aproveitamento adequado de resíduos, com geração de energia (biogás) e de biofertilizante.

Sob o ponto de vista do aproveitamento integral de energia, a transformação destes resíduos, através do uso da tecnologia de biodigestão contribui para a sustentabilidade, aumentando a oferta energética, possibilitando assim, que unidades domiciliares ou industriais, com difíceis acesso, possam usufruir da energia gerada, através do uso do biogás, como fonte de calor (cocção de alimentos) e de geração de eletricidade, além do efluente gerado no processo ser material orgânico útil para fertilização do solo.

O uso de biodigestores para a produção de biogás já vem sendo bastante utilizado em alguns países, principalmente no meio rural, pois propicia à população uma forma barata e não poluidora de obtenção de energia e tratamento de efluente.

Apesar do potencial de instalação de biodigestores no Brasil, a sua utilização ainda é pouco frequente. A grande quantidade de resíduo orgânico produzido no meio rural nas criações de animais, matéria-prima do biodigestor, poderia ser melhor aproveitada com a utilização deste processo.

Uma oportunidade de implantação de biodigestores está no semiárido baiano, região onde a caprinocultura tem sido considerada como uma das alternativas mais adequadas para o desenvolvimento das pequenas propriedades rurais. As populações residentes nessa região ou que dela se originam, têm forte identidade social e cultural com esse tipo de atividade. A implantação dos biodigestores poderia, de fato, contribuir para o desenvolvimento desta região, considerada uma das áreas mais pobres da Bahia.

O semiárido baiano por apresentar condições climáticas, em termos de temperatura, para a instalação do biodigestor, tem potencial de produção do biogás praticamente o ano todo. Isso pode significar possíveis soluções de acesso à energia e ao mesmo tempo, ganhos econômicos.

Dados do IBGE (2007) apontaram que o Brasil possui cerca de 270 milhões de animais em áreas de pastagem, sendo deste total, cerca de 10 milhões são de caprinos, o que corresponde ao maior rebanho deste tipo de ruminante na América do Sul.

Além disso, recentes estudos mostram que o mercado dos produtos derivados da caprinocultura no Nordeste tenderá a crescer nos próximos anos, por conta da crescente demanda nacional e internacional (SEBRAE, 2005).

Com base nas tendências deste setor, faz-se necessário um levantamento investigativo para identificar, possíveis potencialidades para o aproveitamento do resíduo gerado, através do uso de biodigestor, objetivando assim, a dinamização econômica nos segmentos produtivos e, conseqüentemente, o desenvolvimento da região. Observando-se o contexto, foi realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica do uso dos biodigestores localizados no semiárido do estado da Bahia, por meio de dados já validados em estudos realizados em plantas em escala piloto e industrial.

Este trabalho investiga a viabilidade da implantação dos biodigestores que poderá contribuir à sociedade no incremento das atividades econômicas, conseqüentemente, melhoria da renda, preservação do meio-ambiente, incorporação de outras fontes de energia na matriz energética e possíveis geração de créditos de carbono.

Para as comunidades, os benefícios estão relacionados à oportunidade de uso de energia em localidades onde a eletricidade e o gás de cozinha convencional ainda são de difícil acesso, assim como a produção de biofertilizante que proporcionam diminuição dos agentes patogênicos no pasto que contaminam o solo. Além disso, proporciona redução de gastos no orçamento familiar para a compra do gás de cozinha, fertilizantes, pilhas de baterias, além de combustíveis e velas para iluminação.

O estudo ainda poderá servir como um instrumento para a formatação de políticas públicas voltadas para o setor de caprinocultura no semiárido baiano, possibilitando a melhoria de qualidade de vida do agricultor familiar, do ponto de vista agro ecológico, econômico e social.

O trabalho foi estruturado em capítulos. No início foi desenvolvida a revisão de literatura, trazendo como abordagem principal a temática do desenvolvimento sustentável e as bases conceituais que definem os principais passos de validação do estudo. Foram apresentadas a relação entre as atividades

humanas e a segunda lei da termodinâmica, ou seja, o conceito da entropia do desenvolvimento. Em seguida, fez-se um levantamento do panorama mundial dos recursos energéticos, suas tendências, focando principalmente, o uso de fontes alternativas renováveis no Brasil.

No terceiro capítulo explanam-se o processo de biodigestão, tipos, modelo e a situação histórica do uso de biodigestores no Brasil e no Mundo. A caprinocultura foi tratada no quarto capítulo. No quinto capítulo apresentaram-se os materiais e métodos utilizados. A fim de definir os potenciais municípios para a implantação dos biodigestores, inicialmente realizou-se um mapeamento, dando-se enfoque aos municípios onde a concentração do rebanho ocorre sob alguns aspectos quantitativos e qualitativos. Além disso, foram estabelecidos critérios, segundo disponibilidades e qualidade dos recursos hídricos. Logo depois, foram apresentados dados técnicos da biodigestão na caprinocultura. O tema aborda os principais parâmetros qualitativos e quantitativos do processo de biodigestão, com base na literatura existente e em testes e ensaios realizados em unidades experimentais no semiárido baiano. Tais informações serviram de base para a realização do estudo de viabilidade do ponto de vista técnico e econômico.

Por fim, os resultados e a conclusão do trabalho. A análise, além de constatar o potencial técnico e econômico de implantação, possibilitou a geração de informações necessárias para viabilizar melhorias tecnológicas e de infra-estrutura no processo de criação e produção da caprinocultura, assim como, no aproveitamento dos dejetos de caprinos com o uso do biodigestor.

1.1 OBJETIVO

Esta dissertação objetiva realizar uma análise técnica, econômica da implantação de biodigestores, especificamente em locais onde a caprinocultura se faz presente. Este estudo tem como foco, os principais municípios das microrregiões geográficas do semiárido baiano.

O trabalho testará a viabilidade da implantação de biodigestores, para o aproveitamento dos dejetos oriundos do rebanho caprino para a geração de energia, fertilizantes e futuros créditos de carbono, como um meio de contribuir para o desenvolvimento sustentável dos pequenos produtores e comunidades rurais.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

As indagações investigadas neste estudo partiram dos seguintes questionamentos:

Haveria viabilidade de implantação e uso dos biodigestores nas propriedades rurais de caprinocultura no semiárido baiano? Em quais municípios? E quais seriam os benefícios que essa implantação poderia gerar?

Estas questões foram analisadas e estudadas através de pesquisas bibliográficas, visitas em campo, entrevistas com especialistas da área, levantamentos exploratórios, análises de viabilidade técnica-financeira e análise documental (legislação, convênios, termos de parcerias, relatórios, trabalhos técnicos, entre outros).

Para a realização da viabilidade técnica e financeira foram verificados e confrontados, dados técnicos obtidos de estudos científicos já realizados sobre biodigestores, sendo os mesmos, convertidos em ganhos financeiros e econômicos, para em seguida, serem calculados os valores de VPL, TIR e *Payback*.

Ainda, no presente trabalho, foi pontuado alguns resultados do ponto de vista ambiental. Foram tratados os benefícios gerados pelo aproveitamento dos resíduos com o uso do biodigestor. Do ponto de vista qualitativo, redução de alguns aspectos causadores dos impactos ambientais, como contaminantes no solo, uso da lenha, pilhas de baterias e combustíveis. Quanto aos aspectos quantitativos, os ganhos financeiros gerados com a redução da emissão de gases poluidores, através da conversão em créditos de carbono.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fim de proporcionar o crescimento das nações, o mundo atual tem enfrentado uma série de obstáculos, dentre eles, a capacidade de gerar energia, para a realização das atividades econômicas, e, ao mesmo tempo, a de reduzir tais impactos provocados por essa geração e pelo próprio sistema.

Nota-se que para esse crescimento, as relações humanas com o meio-ambiente são essenciais, e evoluem ao longo do tempo. As mudanças têm propiciado dúvidas e anseios quanto às formas de produção sustentáveis, e provocado, nos últimos tempos, a formação de instituições de controle nos aspectos de ordem social, econômico e ambiental.

A essa nova ordem, a incorporação de tecnologias tem sido muito importante, tanto para a geração de fontes de energias alternativas, quanto para a produção mais limpa, com menores danos à sociedade e ao meio-ambiente. Assim, pode-se dizer que a tecnologia da biodigestão, através do aproveitamento dos resíduos gerados, torna-se uma das possibilidades de boas práticas no âmbito energético e produtivo.

2.1 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - SISTEMA ANTRÓPICO x SISTEMA NATURAL

No século XVIII, a revolução industrial, através da produção de fibras têxteis, aço, produtos químicos, da evolução do transporte e uso do vapor, propiciou para a humanidade grande crescimento econômico. Todavia, aliada a essa evolução, uma série de dúvidas também se inicia. Preocupado com a limitação dos recursos naturais, Malthus, através da lei dos rendimentos decrescentes, demonstrava o colapso da sociedade, devido a um crescimento aritmético da produção e geométrico da população. Por sua vez, Ricardo, seguidor de Malthus, refinava os conceitos afirmando que a noção de crescimento econômico deveria eventualmente se esgotar devido à escassez desses recursos.

No século XIX, com os avanços da medicina, houve uma redução da mortalidade e aumento da expectativa de vida, conseqüentemente, crescimento da população mundial. Partindo-se desses fatos, algumas análises se iniciam cujo objetivo visa identificar possibilidades de garantia do sistema para as futuras gerações, sobretudo, nos aspectos alimentar e de recursos.

Já na segunda metade do século passado, o estudo da estabilidade e da unicidade do equilíbrio estabelecido pela economia clássica, tornou-se o principal cerne econômico. Seu princípio básico era condicionado a um sistema meramente fechado e em perfeito equilíbrio (oferta versus demanda), em que o fluxo da riqueza apenas consistia na produção e obtenção de produtos (venda/consumo) e aferições dos ganhos (lucro/salários). Nesta teoria, vale apenas produzir e vender, sem se preocupar com a garantia do equilíbrio dos demais sistemas (homem versus recursos ambientais), uma visão fraca de sustentabilidade segundo Harris (2003), ao tratar as relações sócio-econômicas desconsiderando sua interação com o ecossistema. Nela, as matérias-primas, antes de se tornarem mercadorias ou objetos de necessidades e desejos, são apenas recursos naturais e os produtos, quando produzidos e consumidos geram dejetos e resíduos, ambos extraídos e eliminados no meio-ambiente.

Hoje, o entendimento da expressão sustentabilidade tem servido de base para uma série de estudos acadêmicos e empresariais. Em princípio, o significado não envolve apenas um conceito econômico, mas a capacidade de compreender as partes como um todo. Na construção desta teoria, a garantia do equilíbrio do mundo atual deve ser tratada com uma visão holística envolvendo o social, econômico e ambiental, ou seja, um sistema de caráter sistêmico e multidisciplinar. Para Harris (2003), quando se trata de desenvolvimento econômico sustentável, esses três elementos apresentam algumas complicações, pois os mecanismos de mercado não necessariamente operam de forma eficiente, podendo causar degradação ambiental e desigualdades sociais.

Coral (2002, apud JUSTI, 2007) analisando a relação do homem com o meio-ambiente, aponta, através do modelo da Figura 1, que a expansão das atividades humanas e a rapidez com que os sistemas produtivos extraem os recursos naturais geram impactos que propiciam desequilíbrios dos ecossistemas.

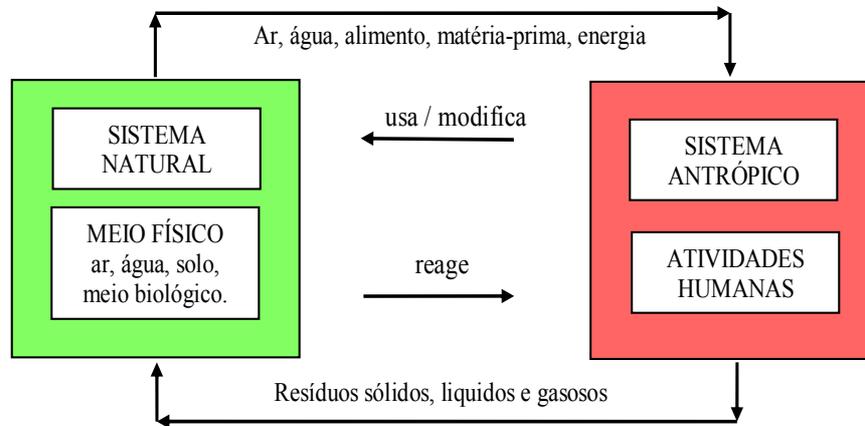


Figura 1-Sistema Natural x Atividades Humanas
 Fonte: Adaptado de MOTA, 1997 apud JUSTI, 2007

Derani (1997, apud CUNHA, 2005) ainda destaca que o papel destas atividades antrópicas, causadoras das mudanças ambientais (sistema natural), possibilita a geração de conflitos de imensuráveis proporções, entre o equilíbrio do planeta e do próprio sistema de produção. Na tentativa de estabilizar essas forças em conflito, se faz necessário uma importante transformação que perpassa pela esfera social, econômica e ambiental.

Do ponto de vista social, Harris (2003) afirma que o sistema sustentável deve ser justo na distribuição, oportunidades e na melhoria da qualidade de vida. Economicamente, o sistema deve produzir produtos e serviços para manter em equilíbrio as dívidas externas e internas governamentais e evitar desequilíbrios que afetem a agricultura e a produção industrial. Além disso, manter os diferentes tipos de capital (natural, industrial, humano e social) controlados. Quanto ao meio-ambiente, o sistema deve manter certa estabilidade sobre os recursos, evitando uma sobre exploração, que incluem manutenção da biodiversidade, estabilidade atmosférica e da população humana, além de outros. Isso também inclui estabelecimento de metas de crescimento econômico, assim como a escolha de produtos e tecnologias orientadas para a integridade do ecossistema, diversidade das espécies e metas sociais. Em fim, uma alocação eficiente dos recursos para maximização da utilidade (consumo), conceito já bem definido na economia.

Assim, tomando como base tais mudanças, o setor produtivo, sendo o maior consumidor de recursos naturais e, portanto o causador desse desequilíbrio deve absorver a responsabilidade

de produzir de forma sustentável, passando a incorporar nos seus processos o tratamento dos aspectos causadores de impactos ambientais. Para tanto, terá que modificar a forma de gerir, utilizar novas tecnologias e, principalmente, inovar (CORAL 2002, *apud* JUSTI, 2007).

Para a energia, Harris (2003) aponta que se devem adaptar as condições locais e absorver vantagens de oportunidades de fontes alternativas limpas, principalmente nos países em expansão de seus sistemas energéticos, sem necessidade de maior mobilização de recursos de capital. Na indústria, reestruturar os setores, de forma a reduzir os níveis de emissão de gases poluidores e aproveitar materiais pós-uso gerados nos ciclos produtivos.

Seguindo as regras de abordagem da sustentabilidade forte, em que medidas específicas de mercado e de produção econômica são essenciais para a garantia do capital natural, Daly (1994, *apud* HARRIS, 2003) apontam que a condição de sustentabilidade pode ser expressa pela conservação desse capital, que inclui duas regras, uma para os recursos renováveis e outra para os não renováveis. Tratando-se dos renováveis, a regra é limitar o consumo a fim de equilibrar os níveis de produção no campo. Para os não-renováveis, a regra está em reinvestir nesses processos em parceria com os renováveis.

Entretanto, algumas implicações existem. Tratando-se do uso das fontes de energias não poluidoras, Harris (2003) levanta questionamentos de como utilizá-las, se são geralmente mais caras e comprometem o orçamento dos mais pobres, dos quais representam a maioria da população.

Nesta indagação, os biodigestores apresentam como uma possível solução de fonte renovável, especialmente por não necessitar de regras de consumo para controle produtivo no campo, haja vista tratar-se de um processo de aproveitamento de resíduos, podendo, além de atuar como bem substituto ou complementar de energia, reduzir os impactos ambientais. Além disso, é uma fonte alternativa de energia barata e de fácil acesso à população do campo, o que pode possibilitar melhoria da qualidade de vida. Assim, o uso dessa tecnologia poderá representar um modelo de equilíbrio entre os aspectos citados.

2.2 ENTROPIA E IMPACTO AMBIENTAL

A energia se manifesta nas formas de calor, de trabalho, de energia química, nuclear; elétrica e radiações eletromagnética que raramente satisfazem diretamente as necessidades humanas. Alguns tipos de energia, encontrados na natureza, normalmente precisam de um trabalho adicional para se converter em uma energia útil, adequada para seu uso final.

A primeira lei da termodinâmica, utilizada para explicar a lei da conservação da energia, trata que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Isso significa que a soma da energia de qualquer sistema isolado permanece constante, ou seja, a quantidade de energia que entra em cada processo é igual à que sai mais as perdas ocorridas.

Contudo, para explicar os efeitos da transformação da energia em alguns processos, como a queima de um combustível fóssil ou de um processo de produção industrial, a segunda lei da termodinâmica, ou lei da entropia deve ser empregada. Essa lei trata que a qualidade da energia envolvida em cada processo se degrada de forma irreversível, envolvendo um aumento da entropia ou desordem do sistema.

Para Veiga (2006), apesar da existência de algumas formas de energia de uso direto, como a energia solar, é impossível contrariar a segunda lei da termodinâmica em que para gerar trabalho, a energia resultante dos processos sempre é mais entrópica e de menor qualidade. Isso significa que esse aumento de entropia corresponde à transformação de formas úteis de energia em formas que a humanidade não consegue mais utilizar. Seguindo essa tendência, Veiga (2006) aponta que a sociedade moderna capitalista chegará a um limite, podendo ser obrigada a abandonar o crescimento econômico.

Roegen (1971), primeiro economista a compreender a segunda lei da termodinâmica, afirma que a lei da entropia impõe limites no processo econômico. O sistema utiliza energia e materiais de baixa entropia, para produzir e consumir produtos, e, liberam resíduos e materiais de alta entropia no meio ambiente. Assim, ele aponta a lei da entropia como uma metáfora que leva ao declínio inevitável do sistema, em que todo ato de produção e consumo leva a economia à condenação do insucesso, especificamente por conta da geração de calor não aproveitável.

O conceito da entropia tem sido utilizado para medir a capacidade de um sistema em realizar trabalho (trabalho disponível), ou seja, a sua eficiência energética. Nessas condições, a lei da termodinâmica estabelece a possibilidade dessa quantificação, através de uma função termodinâmica denominada exergia (BAUMGARTNER, 2003).

A exergia, num determinado sistema, é a mínima quantidade teórica de trabalho necessário para a produção, em relação a um estado de referência que representa os recursos que a natureza coloca à disposição, a um custo considerado zero (LOZANO, 1993, *apud* PINTO, 1999).

Rosen (1997 *apud* PINTO, 1999) afirma que a exergia é a melhor maneira de associar a segunda lei da termodinâmica ao impacto ambiental, já que se considera como uma medida de referência para a realização do balanço exergetico.

Por sua vez, este balanço de exergia permite calcular as irreversibilidades no processo de produção e também identificar os processos que afetem a eficiência global, através da conversão dos fatores de produção em equivalentes energéticos. Para que esse balanço não seja desfavorável, entende-se que deve-se buscar o máximo de rendimento, tanto em termos energéticos, quanto em termos econômicos, e ao mesmo tempo, com menor agressão ao meio ambiente. Uma unidade industrial de processamento, por exemplo, pode ser considerada como um sistema energético, que interage com o meio ambiente, com propósitos de auferir valor econômico, consumindo recursos externos que são transformados em produtos e resíduos.

Uma análise econômica, do ponto de vista da exergia, pode ser realizada, através do processo de formação de custo de fluxos internos e produtos de um sistema. Entende-se como custo exergetico, a quantidade de exergia necessária para produzir, sendo que a sua eficiência estará condicionada ao mínimo custo exergetico unitário do processo. Isso implica que a formação desse custo depende da estrutura do sistema e da eficiência energética, considerando ainda preço de mercado e custo de manutenção e de depreciação de equipamentos. Uma má condução energética pode significar aumento de poluição. Ao contrário, um aumento na eficiência energética pode reduzir o impacto ambiental (PINTO, 1999).

Sabendo-se que as forças geradas pela ação humana e o uso de recursos disponibilizados na natureza causam mudanças ambientais, uma degradação cada vez menor da exergia necessária em um determinado processo, reduz cada vez mais, o dano ambiental. Para o descarte de rejeitos, a exergia representa um potencial causador de transformações, ou melhor, de impacto ambiental (destruição da flora; poluição do ar, água e solo).

O benefício potencial gerado pela contenção desta exergia pode significar redução à entrada das emissões no meio ambiente (menos impacto ambiental) ou geração de valor econômico. O

biogás é um exemplo dessa contenção. Através da geração do biogás, a tecnologia da biodigestão abre novas e melhores possibilidades de obtenção de energia que contribuem para a diminuição dos custos exergéticos de um sistema.

2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – A EVOLUÇÃO DE UM CONCEITO

Para definir uma nova proposta de desenvolvimento, a palavra “ecodesenvolvimento”, usada pela primeira vez em 1973, impulsionou o surgimento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Formado inicialmente pelos princípios de sustentabilidade econômico, social e ambiental, o conceito foi amplamente divulgado pelo relatório “Nosso Futuro Comum” elaborado pela Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas, em 1987, o qual ficou conhecido como Relatório de Brundtland (FGV, 1991).

Ignacy Sachs, precursor dos princípios básicos para o desenvolvimento sustentável, aponta que para garantia das gerações futuras, a sustentabilidade social e econômica deve basear-se nas relações entre a sociedade e biosfera. Ele observa que, do ponto de vista ambiental, o custo elevado das externalidades negativas¹ poderá anular o crescimento. Além disso, as ações realizadas à curto prazo, apesar de proporcionarem benefícios à sociedade moderna, podem acarretar a destruição do meio-ambiente. Portanto, a sustentabilidade dependerá da capacidade de submeter às ações de preservação ambiental, fazendo-se por via do bom uso da natureza, como redução da poluição, racionalização do consumo energético e da água, e, principalmente do aproveitamento dos resíduos.

Conejero (2006) destaca que a degradação ambiental representa uma perda significativa da capacidade produtiva, com ocorrência de escassez, alta de preços, queda na renda real, desemprego, aumento da pobreza, desigualdades na distribuição de renda e riqueza, aumento do número de conflitos e da violência em geral, perda dos direitos em usufruírem de um meio ambiente saudável.

¹ Entende-se como externalidade negativa a perda do bem-estar muitas vezes ocasionado por falhas inerentes do próprio mercado e que não se podem impor pagamento pelas compensações àqueles que se oneram destes custos externos. Como, por exemplo, a poluição.

Apesar dos debates anteriores sobre as questões de produção e meio ambiente, o trabalho que mais contribuiu na sustentação do planeta, foi o Relatório de Meadows publicado em 1972 pelo Clube de Roma² (PINTO, 1999).

Inspirado no modelo malthusiano da lei dos rendimentos decrescentes, o Relatório aponta cinco grandes variáveis sujeitas a ciclos positivamente realimentados e capazes de evidenciar grandes tendências. São eles: o estoque de capital industrial, a população, a poluição, a oferta de alimentos e a disponibilidade de recursos naturais não renováveis. Todas as variáveis apresentaram a mesma tendência insustentável, pois mesmo com a hipótese de recursos ilimitados, a poluição mostrou-se preocupante sendo, portanto, necessária uma profunda mudança no modelo de desenvolvimento.

De acordo com a curva de resultados apresentada no Relatório de Meadows, as variações históricas entre 1900 a 2000 da produção de alimentos, da produção industrial e da população crescem exponencialmente, até que uma brusca diminuição force a queda no crescimento industrial. Entretanto, tanto a população como a poluição continuam a crescer (FIGURA 2). O crescimento da população é interrompido pela taxa de mortalidade por conta da redução de alimentos e de serviços médicos (MEADOWS, 1992).

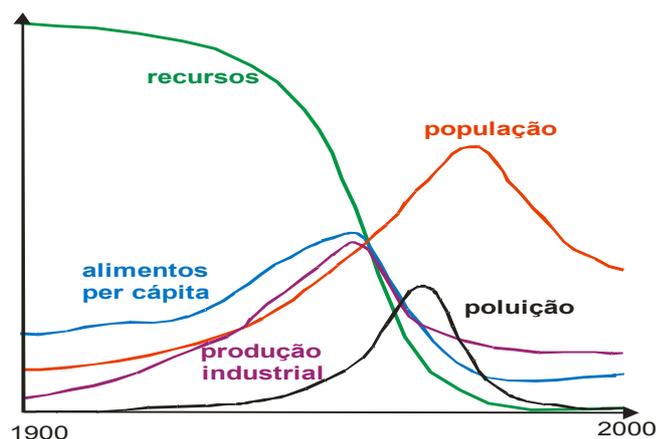


Figura 2-Processamento padrão do modelo mundial – Curva de Resultados apresentado no relatório de Meadows, 1978.

² O Clube de Roma foi um grupo formado por 30 indivíduos de 10 países, constituído por economistas, cientistas naturais, matemáticos, executivos e educadores que produziram vários documentos, dentre eles, o relatório de Meadows ou Limites do Crescimento. Os autores elaboraram um modelo matemático para evidenciar grandes tendências, construindo por sistemas computacionais possíveis cenários futuros do sistema mundial.

Fonte: PINTO, 1999

Apesar das observações apontadas nos relatórios, em 1982, os próprios autores rejeitaram a teoria de limites físicos ao crescimento. Em seguida chamaram a atenção para a qualidade do crescimento e para os problemas enfrentados, principalmente, pelos países pobres. Kula (1992 *apud* PINTO, 1999), em crítica ao Relatório, contesta a forma homogênea como foram tratadas as variáveis no mundo e a omissão das transformações do sistema econômico geradas com os avanços tecnológicos promovido pelo homem. Apesar das críticas, o Relatório significou o ponto de partida para a consciência dos problemas ambientais, tornando-se uma importante variável na definição do modelo de desenvolvimento.

Ainda, na década de 1970, o contínuo crescimento resultante da industrialização e o acúmulo irreversível de danos à biosfera terrestre acarretaram a formação de novos organismos burocráticos para cuidar da qualidade de vida, do bem-estar e de outros fatores sociais, econômicos e ambientais. Além disso, as crises do petróleo ocorridas em 1973 e 1979 despertaram preocupações de ordem econômica atreladas às questões energéticas mundiais.

A conferência em Estocolmo, em 1972, centrou-se nos aspectos técnicos da contaminação provocada pela industrialização, crescimento populacional e urbanização. Esta conferência foi considerada como a primeira discussão internacional sobre o futuro do desenvolvimento sócio-econômico e da degradação ambiental, dando origem à formação de grandes órgãos governamentais de controle ambiental. McCormick (1992 *apud* ROSA, 2007) aponta que a Declaração da Conferência de Estocolmo não visava a definição de normas obrigatórias, mas buscava servir como base inspiradora na conscientização ambiental, por meio de princípios, metas e objetivos.

Em 1980, foi publicado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o Fundo Mundial para a Vida Selvagem (WWF), o Programa para o Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP), e o documento de Estratégia Mundial para a Conservação (WCS), enfatizando pela primeira vez que o futuro da humanidade está atrelado à sua conservação.

Os elementos deste desenvolvimento sustentável foram enunciados no Relatório Brundtland, de 1987, apresentado à Assembleia Geral da ONU, como resultado do trabalho encomendado à Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O Relatório aponta que desenvolvimento e meio ambiente devem ser tratados de forma conjunta, ou seja, deve-se tratar, além dos problemas ambientais, a pobreza mundial.

É, portanto, fútil tentar lidar com problemas ambientais sem uma perspectiva [...] que inclua os fatores da pobreza mundial e desigualdade internacional [...]. Muitas formas de desenvolvimento desgastam os recursos ambientais [...] e a deterioração do meio ambiente pode prejudicar o desenvolvimento econômico. (BRUNDTLAND, 1991, p.3).

Entre as preocupações, o Relatório aponta como premissas a necessidade da manutenção do nível populacional, a conservação da base de recursos, emprego, alimentação, energia, água e saneamento, além de reorientação tecnológica (VEIGA, 2006).

No que se diz respeito às questões energéticas, o Relatório ainda traz análises sobre a importância do mesmo para o desenvolvimento sustentável, delineando discussões quanto ao desperdício de energia, o uso ainda intensivo das fontes primárias não-renováveis como é o caso do petróleo, gás natural, carvão, turfa e energia nuclear.

Apesar das novas alternativas tecnológicas para a geração de energia, como é o caso do domínio da fissão e fusão nuclear, aproveitamento da energia solar, eólica e biomassa, ainda se consome cada vez mais minérios e combustíveis, e observa-se a crescente extinção de espécies de animais e a perda contínua da vegetação nativa do planeta.

Segundo Rosa (2007), o sistema energético consta de três partes: 1) o meio ambiente, do qual se retira a energia primária sob a forma de calor e poluentes, 2) a sociedade que faz uso dessa energia para satisfazer suas necessidades, e 3) o sistema internacional, transacionando bens que utilizam energia e tecnologia. Dentre as principais variáveis que se relacionam estão os fluxos físicos de energia, as cadeias energéticas, os preços e a qualidade energética.

Tomando como base o consumo de energia mundial, o relatório de Brundtland mostra a forte tendência de elevação do consumo para os próximos anos, o que leva a inquietações dos riscos e incertezas ambientais, como: alterações climáticas, poluição urbana causada principalmente pelo uso dos combustíveis fósseis, acidificação do meio-ambiente, além de acidentes nucleares. Desta forma, nota-se que a energia é muito importante e deve ser tratada de forma a garantir o progresso da humanidade. Assim sendo, as fontes renováveis de energia tornam-se um grande potencial a ser ainda explorado.

[...], o importante é que se dê máxima prioridade à promoção de práticas que conduzam ao rendimento energético em todos os setores ligados à energia [...] para um uso seguro e não devastador do meio ambiente e de todas as

fontes supridoras de energia, especialmente as renováveis. (BRUNDTLAND, 1991, p.209).

Contudo Goodland (1996, *apud* PINTO, 1999) critica as propostas do relatório de Brundtland. Ele considera que o mundo já atingiu seus limites de crescimento e apresenta como evidência: a apropriação humana da biomassa, o aquecimento global³, a ruptura da camada de ozônio, a degradação do solo e a diminuição da biodiversidade.

Apesar das críticas, os trabalhos da Comissão de Brundtland fizeram surgir outros importantes documentos, dentre eles: a Carta da Terra, instrumento tratado pela Reunião de Cúpula da Terra das Nações Unidas, no Rio de Janeiro, cujas questões atrelam-se ao desenvolvimento sustentável, como limitações de consumo aos países industrializados, eficiência energética, redução da poluição e da exaustão dos recursos naturais; o Protocolo de Montreal, sobre a camada de ozônio e a Agenda 21, um protocolo de intenções que enfatiza a erradicação da miséria no mundo e formula o princípio de que os países ricos poluidores assumam responsabilidades pela despoluição, auxiliando os países pobres a melhorar a qualidade de vida, com um cronograma de objetivos e metas a serem cumpridas. Todos firmados na Conferência Rio-92.

Para tratar dos problemas ambientais, a ONU criou em 1992, na Cúpula da Terra, denominada Eco 92, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). A CQNUMC entrou em vigor em 1994. Seu papel está focado na elaboração de estratégias globais de proteção do sistema climático. A Convenção apontou os países desenvolvidos, como os principais responsáveis pelas emissões históricas, devendo os mesmos adotar ações para combater a estas mudanças. Os 186 países signatários da Convenção se comprometeram em atingir as metas de estabilização das concentrações de gases de efeito estufa (GEE), (BRASIL, 2004).

A CQNUMC é instituída por uma série de órgãos, dentre os principais; a Conferência das Partes (COP), órgão supremo responsável por promover o intercâmbio de informações sobre medidas de enfrentamento das mudanças climáticas, o Painel Intergovernamental sobre

³ Aumento da temperatura entre 0,3° C e 0,6° C indicado no Painel Intergovernamental em Mudança Climática da ONU que geraria o desaparecimento de um percentual de cerca de 8% da capa de gelo ártico nos próximos 30 anos.

Mudanças do Clima (IPCC) que auxilia como fonte de informação técnico científica sobre mudanças climáticas, preparando os relatórios quinqüenais e o Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), o qual possui o papel de captar fundos para os países desenvolvidos (BRASIL, 2004).

Os estudos sobre a intensificação do efeito estufa e do aquecimento global, embora já iniciados a partir dos anos 70, foram instituídos em 1998, por iniciativa da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) na criação IPCC.

A principal atribuição do IPCC é analisar de forma ampla e objetiva, as informações científicas, técnicas e sócio-econômicas disponíveis no mundo acadêmico. O Painel foi dividido em três grupos de trabalho, sendo o primeiro, responsável por investigar os aspectos científicos do sistema e das mudanças climáticas. O segundo, analisar a vulnerabilidade das sociedades humanas e dos sistemas naturais, as suas conseqüências positivas e negativas. O último grupo, em estudar as opções de limitação das emissões de GEE, medidas de mitigação e questões econômicas.

Até 2005, foram publicados três relatórios, nos anos de 1990, 1995 e 2001, sendo o último de maior notoriedade, pois levantou dados quanto ao aumento das temperaturas média do planeta, diminuição das geleiras nas regiões polares, diminuição da cobertura da neve em torno de 10% desde os anos 60 e o aumento do nível dos oceanos em 0,1 a 0,2 metros (IPCC, 2001). Em 2007, o IPCC lançou o seu quarto relatório, cujo texto conclui que os países desenvolvidos devem cortar suas emissões de GEE em 40% até 2020, a fim de manter a temperatura do planeta no limite de variação de 2°C (IPCC, 2007). Isso significaria uma redução de 3% do PIB Mundial, ou 0,12% do crescimento até 2030. Foi nesse relatório que pela primeira vez indicou-se que mudanças no estilo de vida podem ajudar no combate do aquecimento global (FAPESP, 2007).

Segundo UNEP (2010), os impactos sociais, econômicos e ambientais, decorrente do aquecimento global, afetarão os países de maneira diferenciada. Na América Latina, o impacto decorrente poderá ser a diminuição da produção agrícola, aumento dos vetores de diversas doenças e extinção de animais e plantas.

Nas últimas décadas, o efeito estufa começou a gerar aumentos no seu índice de concentração, sendo o dióxido de carbono, o gás responsável por mais de 60% da emissão. Segundo UNEP e UNFCC (2001), nos próximos cem anos, estas alterações poderão acarretar, um aumento da temperatura média do planeta entre 1,4 e 5,8 °C. O metano, por sua vez, contribui com 20% do aumento do efeito estufa. Estudos indicam que as principais fontes antrópicas de geração de GEE estão ligadas principalmente às atividades agrícolas e à criação de gado. Dados da UNFCC revelam que nos últimos 150 anos o crescimento das emissões de metano foi de 100%.

O óxido nitroso, além de outros gases industriais e o ozônio, contribuem com os 20% restantes para aumento do efeito estufa. O controle de emissões previsto pelo Protocolo de Montreal⁴ propiciou a estabilização dos clorofluorcarbonos (CFCs), um dos maiores causadores da destruição da camada de ozônio. Entretanto, as concentrações dos gases de longa duração como os hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF₆), que têm o mesmo efeito, também estão aumentando (UNEP; UNFCC, 2001).

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente, com seus fins e mecanismos de formulação e aplicação foi fundamentada pelo artigo 8º da Constituição Federal Brasileira. A Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento sócio-econômico, à segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

Para o Sistema Nacional do Meio Ambiente, a lei apresenta como órgão superior, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e os órgãos locais responsáveis pelo controle e pela fiscalização dessas atividades nos estados e municípios, podendo elaborar normas e padrões relacionados com o meio ambiente, observados os que forem estabelecidos pelo Conselho.

Assim, a questão ambiental constitui-se num elemento essencial para a ampliação do emprego de novas alternativas de uso adequado dos recursos naturais. Desde as primeiras discussões referentes aos impactos do desenvolvimento sobre o meio ambiente, realizadas pela ONU, a conscientização em relação às conseqüências devastadoras da poluição atmosférica se

⁴ O Protocolo de Montreal é um tratado internacional em que os países signatários se comprometem a substituir as substâncias que empobrecem a camada de ozônio e que se demonstrou estarem reagindo com o ozônio.

intensificou. Como resposta a tal conscientização, o Protocolo de Kyoto foi assinado, em 1997, por líderes de 84 nações.

Portanto, CQNUMC e Protocolo de Kyoto fornecem a base de sustentação de toda a política internacional de enfrentamento às mudanças climáticas. As normas e os instrumentos conhecidos como “Regime Climático” centram-se no avanço das pesquisas, nas medidas de adaptação e nas ações mitigadoras. A Figura 3 apresenta essa relação.

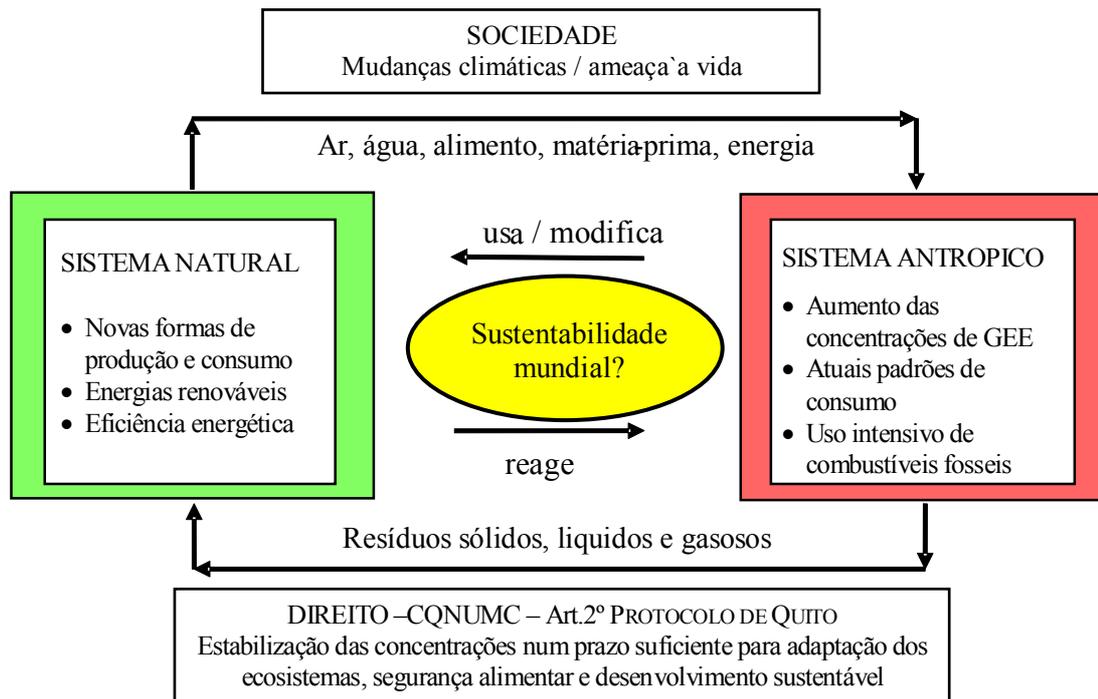


Figura 3-Relação das atividades humanas e o direito ambiental
Fonte: Adaptado de CUNHA, 2005

2.4 PROTOCOLO DE KYOTO E MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

A principal norma do Protocolo é a redução da emissão total em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012, dos gases formadores do efeito estufa⁵ e do

⁵ Os gases de efeito estufa (GEE), ou em inglês Greenhouse Gases (GHG), são compostos de moléculas que se encontram naturalmente na atmosfera e os mais relevantes são: dióxido de carbono (CO₂); vapor de água (H₂O); metano (CH₄); ozônio (O₃) e óxido nitroso (N₂O). Esses gases têm propriedade de reter calor (IPCC, 1990).

aquecimento global⁶. Entretanto tal meta é distribuída de forma desigual entre as nações, cabendo 8% para a União Européia, 7% para os EUA e 6% para o Japão. Para países em desenvolvimento não foram atribuídas metas (ALVES, 2005, p.72).

O protocolo de Kyoto estabeleceu, através do acordo de Marrakesh⁷ em 2001, o mecanismo de flexibilização. Esse mecanismo estabelece que as partes (países) não incluídas no Anexo I, que inclui o Brasil, poderão beneficiar-se de atividades que resultem reduções certificadas de emissões (RCEs), oferecendo grandes oportunidades para a implantação de tecnologias limpas, com recursos oriundos de países desenvolvidos (BRASIL, 2008).

Este acordo contempla uma série de decisões sobre os mecanismos de flexibilização, em especial sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Tais decisões direcionam não somente o procedimento de certificação como também institui os órgãos e entidades responsáveis pela operação. A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de dióxido de carbono deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada entre os países desenvolvidos signatários do Protocolo.

As instituições de certificado de emissão de dióxido de carbono, além de assumirem o papel de negociadoras internacionais, possibilitam que países com dificuldade na redução desse gás, realizem projetos em parceria com países em condições mais vantajosas em relação às metas de redução, para compartilhar de tais direitos em poluir (JUSTI, 2007).

Assim, o Protocolo possibilita a criação de um mercado internacional para a comercialização destas reduções certificadas, através da conversão de emissões evitadas em crédito de carbono (CC), possibilitando empresas ou países a venderem esses créditos para outras empresas ou países que não conseguem reduzir o seu índice. Criada em 2002, a Chicago Climate Exchange (CCX) é uma organização que tem papel de intermediar as negociações destas emissões.

⁶ Cojenero (2006) destaca que o aquecimento global é caracterizado como um resultado gerado pela elevação do nível dos oceanos, derretimento das geleiras e calotas polares, perda de biodiversidade, aumento da incidência de doenças transmissíveis por mosquitos e outros vetores, mudanças nos regimes de chuvas, intensificação de fenômenos extremos (secas, inundações, ciclones e tempestades tropicais), desertificação e perda de áreas agricultáveis, acirramento dos problemas relacionados ao abastecimento de água doce e aumento de fluxos migratórios.

⁷ O "Acordo de Marrakesh Constitutivo da Organização Mundial do Comércio", foi firmado em 15 de abril de 1994.

Percebe-se então que o Protocolo possibilita atrair novos investimentos para países em desenvolvimento, principalmente no incremento do uso de fontes renováveis não causadoras de emissões. Cunha (2005) admite que o MDL, além ser o único instrumento de flexibilização que permite países em desenvolvimento a participarem diretamente da dinâmica de mitigação criada pelo Protocolo de Kyoto, também possibilita para os mesmos, a transferência de tecnologia e assistência à adaptação.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), para que um projeto, ou melhor, uma determinada atividade entre no sistema do MDL é necessário que o mesmo seja submetido a um ciclo de validação, aprovação e registro por uma Entidade Operacional Designada (EOD). Os projetos podem ser de pequena ou de larga escala e ter duração no máximo de 10 anos para período fixo e de sete anos para os renováveis, podendo ser renovados até o máximo de 21 anos (BRASIL, 2008)⁸.

Para que o projeto de MDL seja creditado e possa emitir as RCEs, deve-se comprovar a contribuição adicional, ou seja, comparar, de acordo com a referência dada para a redução das emissões ou para o seqüestro de carbono na atmosfera. Essa comprovação deverá atrelar-se às emissões da atividade do projeto de MDL, ou melhor, as emissões que ocorreriam na presença ou ausência do projeto. A diferença entre essas emissões é tecnicamente denominada de linha de base.

Apesar das vantagens que o MDL apresenta, ainda há obstáculos a serem enfrentados. A necessidade de garantir a transparência e a integridade do processo do MDL ao Protocolo de Kyoto tornou a certificação cara e complexa. A transação envolve custos de pesquisas, negociação, documentação de projeto, aprovação, validação, registro, monitoramento, verificação, certificação, custos de não cumprimento, transferência e registro, totalizando aproximadamente o valor mínimo fixado de 150.000 euros. Reconhecendo o risco de pequenos projetos de MDL ficarem à margem da certificação, o Acordo de Marrakesh prevê projetos de pequena escala (CUNHA, 2005).

De acordo com o esse acordo, os projetos de pequena escala estão condicionados a atividades de energia renovável com capacidade de até 15 megawatts, melhoria de eficiência energética de redução de energia até 15 gigawatt-hora/ano, além de outras atividades que proponham

⁸ As atividades de projeto somente são consideradas submetidas após a verificação pela Secretaria Executiva (todos os documentos em conformidade com as resoluções da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima - CIMGC), (CUNHA, 2005).

reduzir as emissões antrópicas menores que 15 quilotoneladas equivalentes de dióxido de carbono por ano. As demais atividades serão classificadas de larga escala⁹(CUNHA,2005).

Springer (2003 apud CUNHA 2005) demonstra que o comércio de permissões ou reduções de emissões tende a gerar economias de custos e volumes de transações, em aproximadamente, US\$16.600 milhões, prevendo variação de preço entre US\$1 a US\$22 por tonelada de dióxido de carbono e reduções de emissões transacionáveis entre 1.200 a 3.400 milhões de toneladas de dióxido de carbono.

Ainda informações do Brasil (2008), o Brasil ocupa o 3º lugar no ranking de projetos MDL com 416 projetos (8% do total mundial), sendo o primeiro a China com 2.010 (37% do total mundial) e em seguida a Índia com 1.438 (27% do total mundial). Tratando-se das reduções de emissões projetadas, o Brasil está na 3ª posição, com redução de 367,11 milhões de t de dióxido de carbono. A China ocupa o primeiro lugar com 2.956,8 milhões de t de dióxido de carbono, em seguida a Índia com 1.373,3 milhões de t de dióxido de carbono.

Dos projetos apresentados, a maior contribuição de redução de gases está no gás carbônico (64%), em seguida o metano (35%) e em terceiro, o óxido nitroso (1,2%).

A Tabela 1 demonstra a distribuição das atividades de MDL no Brasil por tipo de projeto. A maioria das atividades de projeto MDL realizada no Brasil está vinculada ao setor energético, especialmente de energia renovável (49%) e na suinocultura (16%) para a geração elétrica e de coogeração de biomassa, respectivamente. Juntos, estes projetos reduzem, anualmente, aproximadamente 45% de emissões.

Apesar de não serem projetos de MDL, os principais programas do setor de energia instituído pelo governo federal têm contribuído, de forma indireta, para a mitigação das mudanças climáticas. É o caso do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia), do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), do CONPET

⁹ Devido aos altos custos para compor o ciclo de projetos, a maioria dos projetos registrados no Brasil são de larga escala (CUNHA, 2005).

(Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural e o Luz para Todos (BRASIL, 2008).

Tabela 1. Distribuição das atividades de MDL por tipo de projeto, Brasil, 2008

Tipo de projeto em Validação/Aprovação	Nº de projetos	Redução anual de emissão	Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito	% de projetos	Redução anual de emissão (%)	Redução emissão no 1º período obtenção de crédito (%)
Energia renovável	204	1.776.585	130.305.995	49	38	35,0
Aterro sanitário	36	11.327.606	84.210.095	9	24	23,0
Redução de N ₂ O	5	6.373.896	44.617.272	1	14	12,0
Suinocultura	67	3.913.156	36.348.405	16	8	10,0
Troca de combust. fóssil	43	3.246.186	27.129.190	10	7	7,0
Eficiência energética	27	1.940.889	18.990.418	6	4	5,0
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140	1	1	4,0
Processos industriais	14	1.002.940	7.449.083	3	2	2,0
Resíduos	17	646.833	5.002.110	4	1	1,0
Emissões fugitivas	2	42.336	296.352	1	0	0,1

Fonte: BRASIL, 2008

Justi (2007) defende que os países devem adotar políticas que promovam eficiência energética e o uso de tecnologias mais limpas, reduzir as emissões do setor agrícola e desenvolver programas e pesquisas para redução dos impactos climáticos.

Assim, a tecnologia dos biodigestores é dita como de tecnologia limpa, porque possui características que auxiliam no aproveitamento do resíduo vegetal ou animal, de maneira mais eficiente, diminuindo o desperdício de energia e contribuindo para o aumento dessa oferta, sendo bastante adequada na redução de emissões de poluentes do setor agropecuário.

2.5 FONTES ALTERNATIVAS - RECURSOS RENOVÁVEIS

Há vários séculos que os recursos energéticos têm sido a base estratégica em diversos países, pois para atingirem níveis de crescimento, fez-se necessário desenvolver suas economias, incentivando atividades industriais e comerciais, o que requer, um aumento do consumo de energia. Entretanto, estudos apontam possibilidades do esgotamento das fontes convencionais de energia e, por conta desta escassez, há riscos de conflitos, inclusive guerras, e tensões internacionais.

Rathmann e outros (2005) considerando o petróleo como principal combustível, comentaram que as reservas mundiais totalizam 1.147,80 bilhões de barris e o consumo anual está estimado em 80 milhões de barris/dia, o que representaria aproximadamente 39 anos de consumo. A possibilidade de esgotamento das reservas de petróleo causaria uma elevação dos preços, a tal ponto que, sua utilização como combustível, não seria mais interessante, denotando a necessidade do uso de alternativas energéticas.

O uso intensivo de combustíveis fósseis teria provocado mudanças climáticas que ameaçam as condições de manutenção do planeta. Contudo, o grande desafio dos tempos atuais está em promover o desenvolvimento dos países emergentes, sem causar os mesmos efeitos gerados pelo modelo aplicado nos países desenvolvidos. Este grande paradoxo revela não somente a energia como elemento indispensável, como também o principal fator antrópico do efeito estufa e do aquecimento global. Na Figura 4 é possível visualizar o resultado do consumo mundial de energia primária entre o período de 1981 a 2005, apresentado no Relatório emitido pela EIA (2008).

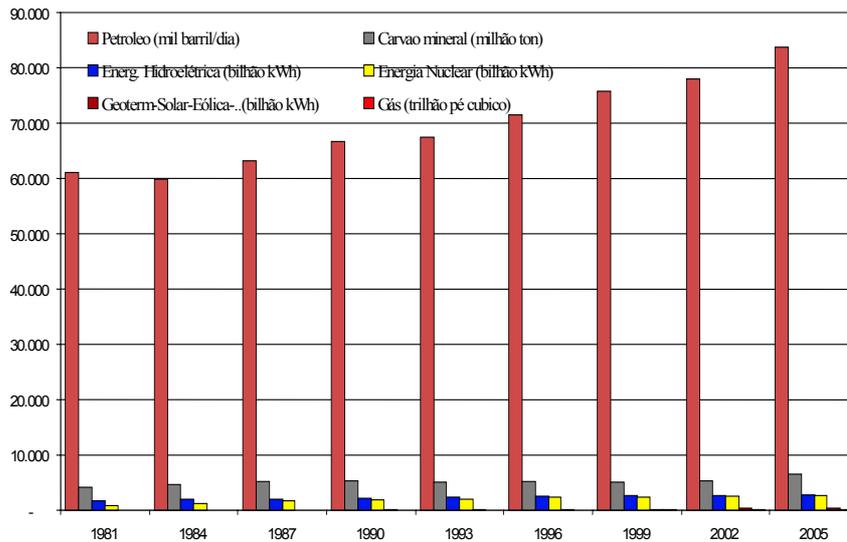


Figura 4-Consumo Mundial de Energia Primária, 1981 a 2005

Fonte : Adaptado de International Energy Annual 2005

Segundo os dados do Relatório, o consumo de energia primária mundial atingiu em 2008, 11,3 bilhões de toneladas de óleo equivalente, com destaque para o petróleo, no decorrer de mais de duas décadas. A figura ainda revela que apesar da participação muito tímida, as fontes de energias alternativas já são evidências na matriz energética mundial.

No Brasil, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2008), o consumo de energia primária, atingiu em 2008, 256 milhões de Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP). O Relatório ainda reporta que o consumo de energia elétrica mundial constitui aproximadamente 15% do consumo total de energia. Estima-se que, até o ano de 2030, a geração de eletricidade mundial chegará a 33,3 trilhões de kilowatt-hora, quase o dobro, em relação ao ano de 2005, que era de 17,3 trilhões de kilowatt-hora. A mais forte projeção está nos países ditos em desenvolvimento, geralmente aqueles que crescem aproximadamente 4% ao ano. Contudo, nota-se que aproximadamente 32% da população nestes países, ou seja, quase 1,6 bilhões de pessoas, ainda não têm acesso à eletricidade.

Na Figura 5 mostra-se a produção mundial de energia elétrica entre os continentes. De acordo com o período apresentado, nota-se um crescimento acentuado na América do Norte, Europa, Ásia e Oceania, destacando-se a Ásia e Oceania, por apresentarem um crescimento contínuo para geração de eletricidade. Os países que estão contidos na América do Sul, como é o caso do Brasil, apesar da pequena participação em relação aos demais continentes citados anteriormente, apresentaram um crescimento moderado.

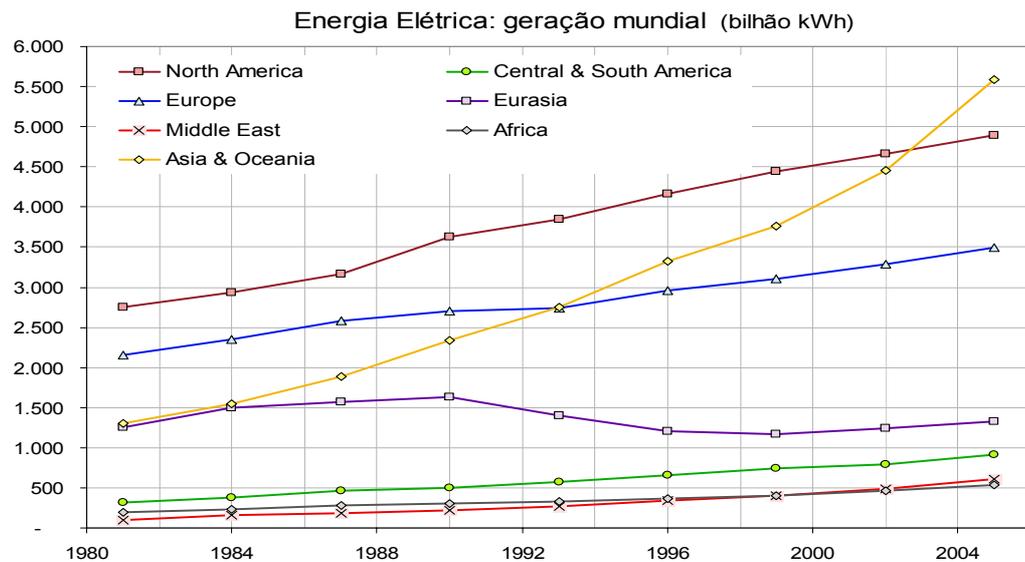


Figura 5-Energia Elétrica – Geração Mundial (bilhão kWh), 1984 a 2005
 Fonte: Adaptado de EIA *Energy International Administration*, 2005

Segundo a Eletrobrás (2008b), no Brasil o consumo total de energia elétrica, nas últimas décadas, cresceu a uma taxa anual média de 7%. O consumo passou de 23 mil GWh, em 1963, para 497,4 TWh. Apesar do crescimento significativo, esse consumo no País pode ser visto ainda com desigualdades.

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2008), estima-se que mais que 20 milhões de pessoas, vivam sem acesso à energia elétrica. Essa população majoritariamente vive no meio rural e em comunidades isoladas do País, ou seja, cerca de 60% das propriedades rurais não tem acesso à eletricidade.

Tratando-se do setor residencial, há forte desigualdade entre as regiões brasileiras. No Nordeste, local onde se concentra a maior parcela das famílias pobres do País, nota-se um menor consumo em relação à região Sul. Apesar de compreender quase 28% da população brasileira, a região Nordeste detém menos de 13% da renda nacional e menos de 16% do consumo residencial de eletricidade (EPE, 2008).

Rosa (2007) argumentou que essas comunidades denominadas de “excluídos elétricos”, têm sido reconhecidas pelas políticas públicas notadamente a partir da edição da Lei nº 10.438/02 que dispôs, entre outras coisas, sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, e do Decreto nº 4.873/03, que criou o Programa Luz para Todos.

O Programa Luz para Todos tem priorizado o atendimento à população do meio rural. A Agência Reguladora - Aneel fixou áreas progressivas, aplicando o atendimento tradicional de implantação do sistema de distribuição de eletrificação.

Para comunidades cuja localização e concentração populacional se tornam de complexa distribuição, resta apenas a aplicação de soluções não-triviais e critérios especiais de atendimento. As concessionárias, nos seus planos de atendimento, têm priorizado para estas comunidades a aplicação de tecnologias de menor custo, de modo a fazer parte de um pacote de ações para redução da pobreza local, com a geração e distribuição de energia elétrica em pequena escala, redução de impactos ambientais, melhoria das condições de saúde, habitação, educação, lazer e geração de renda. Pelas razões apresentadas, a proposta de utilização de formas renováveis de energia, através da biomassa, poderá ser mais vantajosa, considerando-se os demais ganhos externos associados. No Brasil, segundo dados da Eletrobrás (2008a), a oferta de energia renovável já representa aproximadamente 45% do total da oferta de energia.

O PROINFA, instituído pela lei 10438/02, é um programa que contempla a instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa e energia eólica. Este Programa estabelece valores diferenciados de tarifas. Além de ser considerado o único Programa brasileiro focado na redução das mudanças climáticas a partir da diminuição das emissões dos GEE em conformidade com a CQNUMC, possibilita o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira.

Coldebella (2006) menciona que, para a escolha correta de uma ou mais formas de energias alternativas, alguns parâmetros devem ser levado em conta, dentre eles: a distância da rede elétrica principal, a disponibilidade de recursos energéticos, a competitividade da fonte renovável em relação à energia tradicional, a relação que a forma renovável possa estabelecer com as atividades locais a fim de se aproveitar resíduos, recursos e mão de obra local e, principalmente, a cultura regional, sendo fator básico para que se obtenha sucesso e aceitação local.

Vários projetos de implantação de sistemas de geração de eletricidade às comunidades isoladas, a partir de fontes renováveis de energia, já foram realizados no Brasil, tanto por iniciativa do governo quanto por empresas particulares de energia elétrica e ONGs. São projetos com sistemas fotovoltaicos, eólicos e PCHs. Contudo, pouco foi feito quanto o uso de sistemas baseados em biomassa. Entretanto, percebe-se que ainda é preciso avançar no

desenvolvimento das tecnologias de biodigestão para que esses sistemas sejam confiáveis e competitivos (WALTER, 2000 apud ALMEIDA, 2007).

Rosa (2007) apresenta experiências de modelos de eletrificação rural da China e Índia, tendo destaque no uso de fontes alternativa renováveis.

O governo da China, a partir de 1958, começou a desempenhar uma política na promoção da eletrificação rural, inicialmente para irrigação, prevenção de inundações e outras atividades produtivas, dentre as tecnologias empregadas tinha-se como principais as microcentrais hidrelétricas e o biogás. Dados de Un-Habitat (1993), nos anos 1990, aproximadamente 25 milhões de chineses usavam biogás para cocção e iluminação, ademais, cerca de 10 mil biodigestores de grande e médio porte estavam em operação em fábricas de alimentos e fazendas de criação de animais.

Enquanto que na Índia, a eletrificação rural é de responsabilidade do Ministério de Energia Elétrica e do Ministério de Fontes Não Convencionais de Energia (MNES) que busca o atendimento por meio de fontes renováveis, como PCHs, solar, eólica, biomassa, energia das marés e geotérmica, não somente para eletrificação, mas também para o uso do biogás para cocção de alimentos, além da geração de renda para comunidades rurais por meio dos projetos de energia. A aplicação das tecnologias para eletrificação rural foi feita de acordo com as estratégias de curto, médio e longo prazo. No curto prazo, a dinâmica envolvia a implantação de painéis solares fotovoltaicos, biomassa e microturbinas.

O uso do biogás na Índia é evidenciado desde o ano de 1937. Em 1950, foi desenvolvido e aperfeiçoado um biodigestor com tampa flutuante que ficou conhecido como modelo indiano ou KVIC. Em 1984¹⁰, a Índia chegou a possuir quase 1,5 milhões de plantas a biogás implantadas (UN-HABITAT, 1993 *apud* ROSA, 2007), porém, muitas foram desativadas. As unidades que permaneceram operando continuamente foram aquelas localizadas em áreas onde a disponibilidade de excrementos sólidos de animais eram mais significantes.

¹⁰ Devido à política de subsídio do governo ao uso do biogás (cobrança da tarifa de energia em um quinto do custo real nas unidades rurais).

Um caso de sucesso e de referência internacional de implantação de biodigestores está na Planta de Pura, situada na região semiárida da Índia, que foi construída com o objetivo de promover o uso do biogás em substituição à lenha e, principalmente, a conversão do gás em eletricidade para abastecimento da água e iluminação. O desejo em obter água limpa fez com que o sistema de biogás fosse utilizado para atender às casas, por meio de micro-redes, e à moto-bomba de poços artesianos.

Apesar dos dados do Ministério de Energia da Índia apontar ainda a existência de mais de 50% unidades rurais sem energia, ou seja, 78 milhões de casas, o governo indiano considera o programa de eletrificação rural, vital para o desenvolvimento sócio-econômico das comunidades. Portanto, para o Brasil, o uso do biodigestor poderá tornar-se uma boa solução de acesso à energia especialmente para locais como o sertão nordestino, servindo de substituto ao gás de cozinha e ao uso da lenha para cocção e alternativa à eletricidade convencional. Além disso, proporciona outros benefícios, como maior participação do gás na matriz energética reconhecidamente menos poluente, a substituição dos fertilizantes convencionais e ganhos financeiros com os créditos de carbono.

3 TECNOLOGIA DA BIODIGESTÃO

3.1 HISTÓRICO

Os primeiros registros da tecnologia da biodigestão são encontrados no início do sec. XIX. Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais. Contudo, apenas em 1857, em Bombaim, Índia, foi construída a primeira unidade operacional de biodigestão para servir de combustível (biogás) ao hospital de hansenianos. Nessa época, pesquisadores como Fisher e Schrader, na Alemanha e Grayon, na França, apontaram teorias e experimentos da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica de digestão anaeróbica na cidade de Exeter, Inglaterra, para tratamento de esgoto e, também, para a utilização do biogás na iluminação pública. Quanto ao uso do gás para acionamento de motores e o uso de efluentes no solo, as primeiras cidades a utilizarem foram Bombaim, na Índia, Birmighan, no Reino Unido e Baltimore, nos EUA (NOGUEIRA, 1986).

Segundo Nogueira (1986), em 1939, no Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, foi desenvolvida a primeira usina de gás utilizando como material o esterco. Os resultados positivos possibilitaram a formação do centro de pesquisas Gobar Gás Institute em 1950. As pesquisas permitiram a difusão da metodologia de biodigestores no tratamento dos dejetos animais, obtenção do biogás e ainda conservação do efeito fertilizante do produto final. Esse trabalho pioneiro foi realizado na região de Ajitmal (Norte da Índia), o que permitiu a construção de quase meio milhão de unidades de biodigestores no interior do País.

No período da segunda Guerra Mundial, o gás gerado pelo sistema de biodigestão foi bastante utilizado em substituição aos combustíveis derivados de petróleo para uso em veículos. Apesar do uso desta tecnologia reduzir significativamente com o pós-guerra, Índia, China e África do Sul, continuaram a difusão em propriedades de pequeno porte.

Sendo um país continental e populoso, a China buscou, durante o período da Guerra Fria, alternativas de descentralização energética. A implantação de biodigestores tornou-se uma solução vital, pois seria um meio para evitar a destruição das centrais energéticas. Em 1958, a

China incorporou a tecnologia em sua matriz de energia. Com o uso dos biodigestores, os chineses tornaram-se um país de destaque para este tipo de fonte alternativa. Até 1972, já haviam sido instalados 7,2 milhões de biodigestores na região do Rio Amarelo (GASPAR, 2003). Também países como Taiwan, Coreia, Tanzânia, Uganda, Bangladesh, Fiji, Nova Guiné e México, adotaram a utilização de pequenos biodigestores (SGANZERLA , 1983).

No Brasil, a maior parte das aplicações do processo de biodigestão anaeróbia foi direcionada no meio rural para aproveitamento dos dejetos animais. Durante as décadas de 70 e 80, houve considerável interesse na produção de energia a partir desta tecnologia, devido à alta de preços do petróleo em 1973. O segundo choque de preços do petróleo ocorrido em 1979 propiciou a adoção de medidas pelo governo, a exemplo, o amplo programa de investimento voltado para substituição e conservação de derivados de petróleo, denominado de Programa de Mobilização Energética (PME). Em 1979, a Emater instalou o primeiro biodigestor modelo chinês. No País chegaram a ser instalados cerca de 3.000 biodigestores na zona rural. Foram utilizadas diversas formas de estímulo à implantação, por meio de doações de recursos e financiamentos. Contudo, devido aos erros de projeto e ao desconhecimento da tecnologia, o programa de implantação de biodigestores no Brasil, não obteve êxito. Muitos produtores que investiram na instalação de biodigestores, neste período, aos poucos foram abandonando o sistema (GASPAR, 2003).

A segunda crise energética no Brasil, ocorrida em 2001, fez surgir novas perspectivas de uso do biodigestor, principalmente pela disponibilidade de novos materiais e seu barateamento para a instalação. O crescimento da população mundial que, por conseguinte, gera aumento do consumo de energia e de alimentos, são razões que justificam o uso do sistema. Além disso, as exigências ambientais e a comercialização dos créditos de carbono propiciam a busca por novas fontes de energia limpa para a garantia dos rendimentos econômicos.

Atualmente, o uso do biodigestor tem sido considerado como uma tecnologia que, além de ser um redutor de impactos ambientais, gera ganhos econômicos, como a substituição da energia convencional, do gás de cozinha, dos fertilizantes sintéticos e, pela venda dos créditos de carbono. Este último, apesar do alto custo de registro, há possibilidade em tornar-se um grande incentivo para a ampliação do seu uso no Brasil. Uma das vantagens das energias renováveis é que o custo de redução de emissão de poluentes é absorvido de forma imediata, enquanto que nas energias não-renováveis o custo da poluição é transferido para as gerações futuras.

Sabe-se que os resíduos agropecuários constituem-se numa considerável carga de biomassa e seu aproveitamento é essencial, do ponto de vista socioeconômico e ambiental. Portanto, a biodigestão tornar-se-á uma das principais tecnologias alternativas para o tratamento desses materiais.

3.2 CONCEITUAÇÃO DE BIODIGESTÃO

Baseada nos princípios de sustentabilidade, a biodigestão consiste em um tipo de MDL, que possibilita o aproveitamento dos resíduos para a geração de energia limpa, créditos de carbono e outros subprodutos.

Segundo Douglas (1932, apud TEIXEIRA, 1985), a biodigestão é um processo biológico natural que ocorre da decomposição anaeróbia¹¹ da matéria orgânica. A digestão anaeróbica ocorre em três estágios: o primeiro, a hidrólise, quando as bactérias anaeróbicas quebram os compostos orgânicos complexos em orgânicos simples, no segundo estágio, a produção de ácidos orgânicos, e no terceiro estágio a conversão em gases (WINROCK, 2008). A Figura 6 apresenta um esquema destes estágios que se refere a uma solubilização de matéria orgânica por ação enzimática, podendo incluir reações químicas sintetizadas para a formação de ácidos e gases como: ácidos acético, burítico e propiônico, dióxido de carbono, hidrogênio e metano.

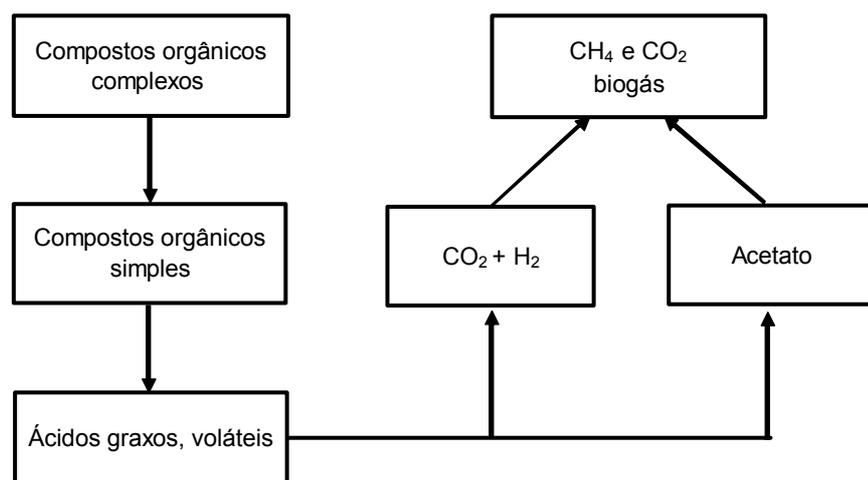


Figura 6-Estágios da biodigestão

Fonte: Adaptado de BITTON, 2005 *apud* NISHIMURA, 2009

¹¹ Ausência de oxigênio.

A reação simplificada da biodigestão anaeróbica seria:



Ressalta-se que vários fatores podem interferir na eficiência da biodigestão, tais como: temperatura, potencial de hidrogênio, pH, alcalinidade, ácido voláteis, tempo de retenção hidráulica¹², sólidos totais e voláteis, material de alimentação, taxa de carga, concentração de nutrientes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), relação C/N, substâncias tóxicas e outros.

3.3 BIOGÁS

O biogás é uma real fonte atrativa de energia limpa. A produção deste elemento a partir de diversos resíduos orgânicos, como dejetos de animais, culturas agrícola, efluentes industriais, plantas aquáticas, lodo de esgoto e lixos domésticos, possibilita a promoção do desenvolvimento regional sustentável, com proteção ambiental e melhoria sócio-econômica. Silva (1997) aponta que o biogás pode ser queimado diretamente em lampiões para servir de iluminação, fornalhas para aquecimento de água, secadores de produtos agropecuários, ou ser um substituto do gás de cozinha e da eletricidade convencional.

Nos países, em que a dificuldade de obtenção de energia existe, os estudos e pesquisas do processo de biodigestão para fins energéticos são largamente desenvolvidos. A conversão em energia elétrica é considerada como uma das alternativas mais prática de utilização dos biodigestores, apesar do rendimento ser ainda baixo¹³.

Embora a energia do biogás não seja auto-suficiente para a substituição do petróleo, pode-se notar o grande efeito do seu uso na preservação ambiental, pois garante a preservação da vegetação local, melhora a qualidade do solo, reduz a poluição do ar e as condições sanitárias domésticas.

O biogás tem na sua constituição os gases metano, dióxido de carbono e pequenas quantidades de nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e sulfeto de hidrogênio. A sua composição

¹² Entende-se como tempo de retenção hidráulica, o tempo que o substrato deve permanecer no biodigestor para que seja digerido pelas bactérias anaeróbias.

¹³ Eficiência abaixo de 50%.

varia de acordo com a matéria-prima ao longo do processo de fermentação. Assim sendo, os teores encontram-se entre: 50 a 70% para o metano, 30 a 40% para o dióxido de carbono, 0 a 10% para nitrogênio, 0 a 5% para hidrogênio e 0 a 1% para o oxigênio e gás sulfídrico.

O metano, o principal gás gerado pela biodigestão, foi descoberto no século XVII. Ele é classificado como um gás incolor, sem cheiro, sem sabor e altamente combustível. Por se tratar de um gás liquefeito, é classificado como gás permanente.

Dentre as vantagens para o uso do metano é possível apontar que sob pressão de 140 atm e 0°C liquefaz-se enquanto que os gases que compõe o gás de cozinha como butano, isoctano e propano necessitam pressões de 2,2 atm; 3,2 atm e 8,7 atm, respectivamente. Além disso, o metano possui maior poder calorífico que o petróleo ($10,3 \times 10^6$ kcal/t do metano para $9,3 \times 10^6$ kcal/m³ de petróleo, aproximadamente). Cada tonelada de metano tem energia correspondente a nove barris ou 1.431 litros de petróleo.

O metano quando queimado, libera à atmosfera cinco vezes menos hidrocarbonetos, cerca de 25% menos de monóxido de carbono e 33% menos de óxido de nitrogênio, além de não produzir aldeídos. Por ser mais leve que o ar¹⁴, o gás sobe mais rapidamente, e por ter uma elevada temperatura de ignição (700° C), o risco de inflamação por contato com superfícies quentes são reduzidos (TEIXEIRA, 1985).

3.4 BIOFERTILIZANTE

O efluente do biodigestor denominado de biofertilizante é tido como fertilizante nobre, não somente pelo seu valor intrínseco, realçada pelos teores médios dos macronutrientes, de 1,5 a 2,0% de nitrogênio (N), 1,0 a 1,5% de fósforo (P) e 0,5 a 1,0% de potássio (K), mas pela potencialidade de substituição total ou parcial dos fertilizantes sintéticos.

¹⁴ O metano é pouco mais da metade do peso do ar.

Dentre suas características, o biofertilizante é inodoro, não propicia o desenvolvimento de moscas e não contém agentes patogênicos¹⁵. Apresenta alta qualidade, pois funciona como um corretor de acidez do solo por possuir pH em torno de 7,5; reduz o teor de carbono do material, devido a liberação em forma de metano, aumentando por sua vez o teor de nitrogênio e demais nutrientes. Além disso, propicia uma diminuição da relação carbono/nitrogênio (C/N) que melhora o uso no solo pela maior facilidade de decomposição e absorção às plantas e podem ser utilizados no controle de pragas e doenças de culturas agrícolas.

Outra vantagem do uso do biofertilizante está na sua capacidade de ser uma medida preventiva de preservação do solo e dos mananciais de água, pois o processo da biodigestão melhora a qualidade microbiológica, reduzindo os valores médios de coliformes totais e fecais do estrume que seria jogado diretamente ao solo.

3.5 BIODIGESTOR

O biodigestor, digestor ou reator é caracterizado por um recipiente de fermentação anaeróbia de substrato diluído em água, destinado a formação de gases (biogás) e de biofertilizante.

Há diversos tipos de biodigestores. Segundo a forma de alimentação, podem ser divididos em contínuos ou batelada. Os modelos de biodigestores mais difundidos são os chineses; e os indianos, que incorporam um gasômetro. Ambos podem ser construídos de aço ou alvenaria ou em plástico flexível (alguns modelos indianos). A Figura 7 apresenta os modelos de biodigestores chinês e indiano.

¹⁵ Segundo Quadros (2009b), 98% dos agentes patogênicos são destruídos na biodigestão com um tempo de retenção de 35 a 45 dias.

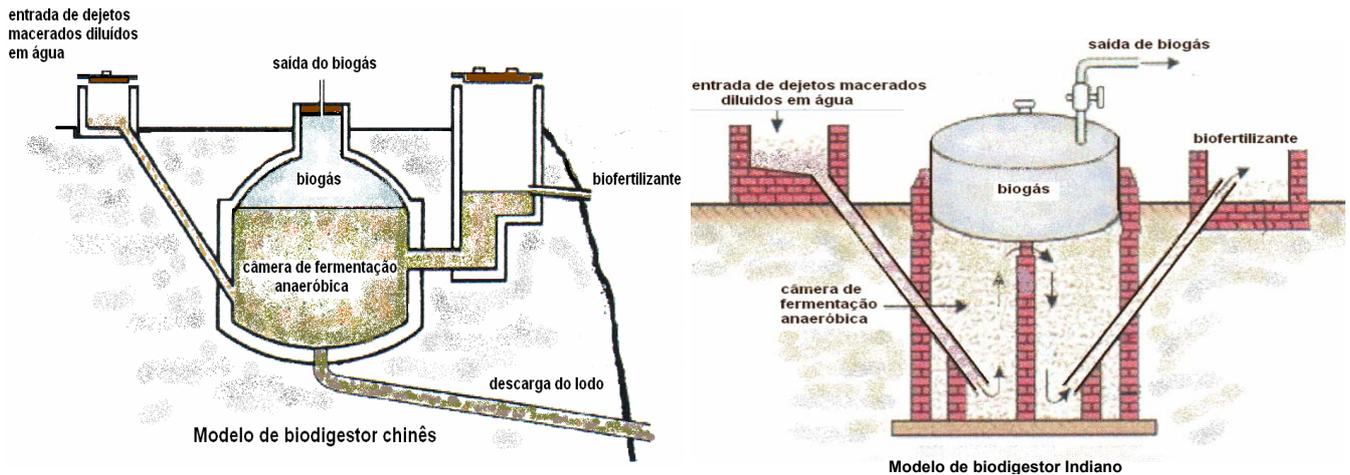


Figura 7-Modelos de biodigestores chineses e indianos.
Fonte: WINROCK, 2008

Atualmente, no Brasil, o modelo de biodigestor mais utilizado é o modelo canadense, fabricado em manta flexível de PVC, de menor custo e fácil instalação, podendo ser usado tanto em pequenas, quanto em grandes propriedades (FIGURA 8).

As Figuras 09, 10 e 11 apresentam um biodigestor, em escala industrial, da fazenda Santa Rosa, Embu (SP), visitada durante a pesquisa de campo. Trata-se de dois biodigestores de 1.000m³, localizados em um frigorífico de suínos, para tratamento dos dejetos. Opera em um sistema produtivo de abate de 500 animais/dia e aproveitam-se o biofertilizante e o biogás para fertirrigação e produção de energia elétrica. O biogás também é utilizado para aquecimento dos alimentos dos animais e para venda de créditos de carbono.

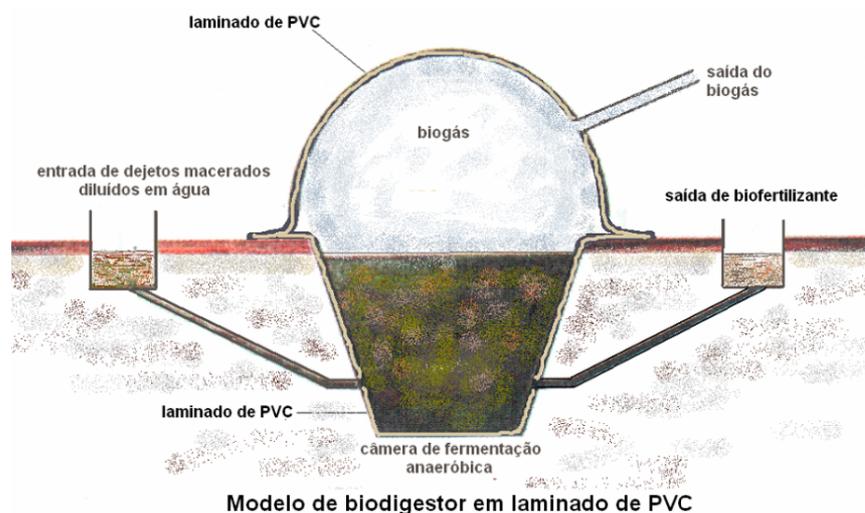


Figura 8-Modelo de biodigestor canadense.
Fonte: WINROCK, 2008



Fig. 09-Biodigestor industrial, modelo canadense, para produção de biogás, biofertilizante e venda de créditos de carbono. Fazenda Santa Rosa, Embu (S.P.), 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009



Figuras 10 e 11 - Lagoa de biofertilizante e sistema de irrigação Fazenda Santa Rosa, Embu (S.P.), 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009

As Figuras 12 e 13 apresentam o sistema de medição da produção de biogás.



Figura 12 e 13 - Medição do biogás para venda de créditos de carbono na Fazenda Santa Rosa, Embu, (S.P.), 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Os biodigestores para pequenas propriedades rurais são menores e mais simples, para facilitar sua manutenção, principalmente pelo baixo nível de conhecimento técnico da maioria dos operadores. Geralmente são construídos e adaptados às necessidades e condições locais.

A escolha do tipo de biodigestor a ser utilizado dependerá do tipo de substrato, disponibilidade, frequência e forma de manipulação do material, geotopografia do local, clima, disponibilidade dos materiais de construção, pressão para utilização necessária do biogás; e, nível técnico-cultural dos manipuladores. Além disso, é importante considerar, entre outras variáveis, o capital de investimento, custo de manutenção e operação, eficiência do sistema e a necessidade energética ou de biofertilizante da propriedade (WINROCK, 2008). Para tanto, considera-se que somente um estudo de viabilidade técnica e econômica é capaz de especificar o melhor modelo de biodigestor a ser implantado.

No semiárido baiano, a falta de energia elétrica convencional gerada pelo afastamento das unidades rurais dos centros de distribuição de eletricidade e a dificuldade de obtenção do botijão de gás de cozinha, foram identificados como oportunidades para o uso de biodigestores, mediante o processo anaeróbico de dejetos caprinos.

Um modelo de biodigestor canadense construído em laminados de PVC, com vida útil de vinte anos foi instalado na estação experimental da EBDA, município de Jaguarari (BA), para a realização de testes e ensaios laboratoriais com dejetos caprinos. A Figura 14 mostra o biodigestor de 13 m³, constituído por uma caixa de alvenaria onde é colocado o estrume do gado caprino, um reservatório de lona de PVC e uma caixa de alvenaria por onde sai o chorume dos dejetos fermentados.



Figura 14-Biodigestor da Estação Experimental da EBDA, Jaguarari, (BA), 2009.
Fonte: Elaboração própria, 2009

O processo de biodigestão anaeróbica na unidade experimental de Jaguarari (BA), acontece em etapas. Primeiramente o estrume é depositado na caixa de alimentação onde sofre uma masseração, como mostram as Figuras 15 e 16.



Figura 15 e 16 - Caixa em entrada de estrume caprino.
Fonte: Elaboração própria, 2009

A masseração é necessária para poder dissolver o estrume em água. O estrume tem uma superfície externa mais dura que não permite a entrada da água. É feita uma mistura de 1 parte de estrume para 4 partes de água, conforme apresentados nas Figuras 17 e 18.



Figuras 17 e 18 - Pilão para amassar o estrume. A caixa recebe o estrume amassado dissolvido em água.
Fonte: Elaboração própria, 2009

Existem alguns cuidados que são observados para a coleta do estrume. É importante que o estrume não esteja contaminado com outros materiais tais como pêlos de animal, terra e pedras. Quando as cabras dormem em currais com piso ripado (FIGURAS 19 e 20), o estrume pode ser recolhido, sob o piso, com menor contaminação.



Figuras 19 e 20 - Piso ripado, menor contaminação.
Fonte: Elaboração própria, 2009

Em currais de piso de terra batida há mais chances de haver contaminação com outros materiais, conforme Figuras 21, 22, 23 e 24.



Figuras 21, 22, 23 e 24 - Curral com terra batida, estrume contaminado.
Fonte: Elaboração própria, 2009

O biodigestor é alimentado com esta mistura de estrume em água. Inicialmente o espaço livre do biodigestor tem ar e a digestão vai ser aeróbica gerando dióxido de carbono e água e deslocando o ar (oxigênio e nitrogênio). Posteriormente, ocorre uma digestão anaeróbica gerando o metano, gás combustível que será o produto desejado deste processo. Pelo corpo do biodigestor existe uma tubulação que permite a saída do biogás. Antes de chegar ao destino final o biogás passa por um sistema para drenar o vapor d'água. Existe uma garrafa com uma

coluna de água de 3 cm que trabalha como uma válvula de alívio. As Figuras 25 e 26 mostram a tubulação de saída do biogás com o sistema adaptado de controle de pressão no biodigestor.

O biogás gerado no biodigestor é canalizado por uma tubulação de PVC rígido que pode ser utilizado em fogão doméstico ou para alimentar um motor gerador de energia elétrica (FIGURAS 27 e 28).



Figuras 25 e 26 - Saída do biogás acoplado a um sistema de controle de pressão no biodigestor.

Fonte: Elaboração própria, 2009



Figuras 27 e 28 - Uso do biogás para cocção e geração de eletricidade.

Fonte: Elaboração própria, 2009

No biodigestor encontra-se uma saída, no nível do solo, por onde o biofertilizante, após a biodigestão anaeróbia é retirado para ser utilizado como fertilizante no cultivo de capim (FIGURA 29).



Figura 29. Saída do efluente- biofertilizante.

Fonte: Elaboração própria, 2009

4 A CAPRINOCULTURA - PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

O crescimento da população mundial e a abertura de mercado são os principais fatores que têm proporcionado o aumento na produção e a comercialização de produtos, principalmente de origem animal. A FAO¹⁶ (2007) espera que o consumo se duplique nas próximas décadas e, para atender essa crescente demanda, a agropecuária vem se desenvolvendo. Dentre os diversos setores, a caprinocultura merece destaque.

4.1 HISTÓRICO E PANORAMA MUNDIAL DA CAPRINOCULTURA

Sobre suas origens primordiais, estimativas indicam que a domesticação de caprinos iniciou-se há cerca de dez mil anos (POMPONET, 2008). Atualmente, a população mundial desse rebanho se aproxima a 1 bilhão de cabeças e cerca de 94,2% desses animais encontram-se nos países em desenvolvimento (CONAB, 2006). China e Índia se destacam por serem os países de maiores rebanhos, chegando a 40% do efetivo mundial.

Um estudo do Sebrae (2005) revelou que o mercado mundial dos produtos ligados a caprinocultura tem se mostrado altamente comprador, com maior agregação de valor em relação à carne bovina, por se tratar de um produto classificado na pauta de exportação como exótico. Além disso, a importância na especificidade dos demais subprodutos como é o caso do leite de cabra e seus derivados, considerado como alimento nobre e de características funcionais, apresentando maiores teores de cálcio biodisponível, facilidade de absorção e inexistência de fatores alergênicos. Tratando-se do mercado de peles, há um forte potencial de comercialização principalmente para Itália, considerado o maior centro processador de peles e couros do mundo e para Espanha.

¹⁶ Os dados revelam que mais que 50% desses ganhos deve-se ao crescimento da Ásia, o restante para os demais países em desenvolvimento. Além disso, o ritmo de crescimento da população mundial é um dos fatores que geram o aumento da demanda por alimentos. Até 2050, o planeta abrigará 2,4 bilhões de pessoas a mais, totalizando a população mundial em 9,2 bilhões.

4.2 A CAPRINOCULTURA NO BRASIL

O Brasil tem o 9º maior rebanho de caprino do mundo com aproximadamente 10 milhões de cabeças FAO (2007). Esses índices vêm apresentando um significativo crescimento, como é mostrada na Figura 30 a evolução do rebanho de caprinos no Brasil, no Nordeste e na Bahia.

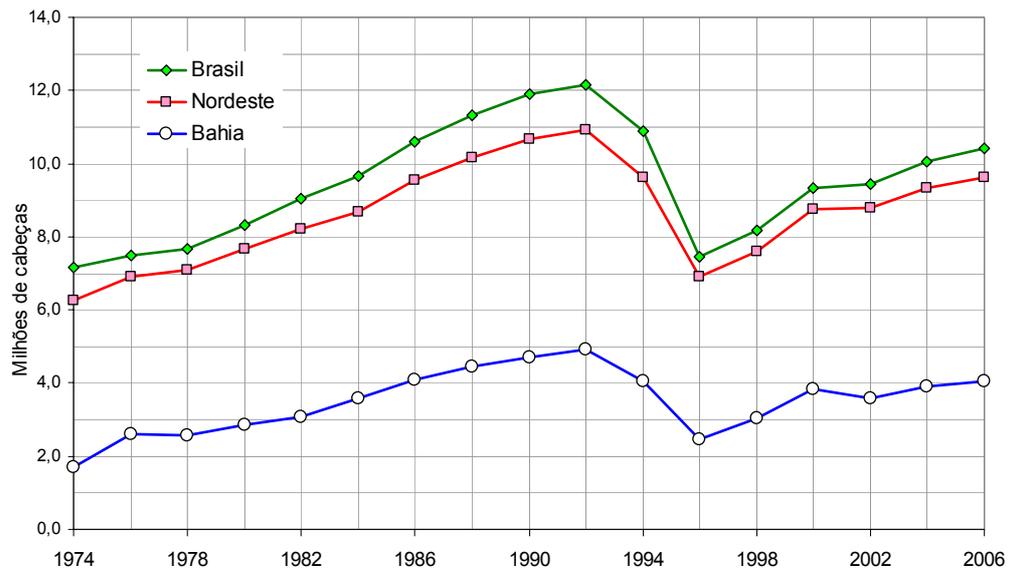


Figura 30-Evolução do rebanho de caprinos na Bahia, no Nordeste e no Brasil, 1974 a 2006.

Fonte: Elaboração própria, 2009 com base em IBGE, 2007

O estudo do IBGE (2007) ainda apontou o Nordeste como a principal região criadora deste rebanho, com produção leiteira, corte e extração da pele. Entretanto, os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro concentram-se os laticínios, enquanto que cerca de 90% do corte está na região Nordeste. A Tabela 2 apresenta os rebanhos de caprinos nas principais regiões do país.

Tabela 2. Efetivos de rebanhos (cabeças) de caprinos nas principais regiões do país, 2007

REGIÕES	Quantidade de Caprinos (cabeças)	Participação no Rebanho Nacional (%)
Nordeste	8.633.722	91
Sul	279.924	3

Cont. Tabela 2. Efetivos de rebanhos (cabeças) de caprinos nas principais regiões do país, 2007

REGIÕES	Quantidade de Caprinos (cabeças)	Participação no Rebanho Nacional (%)
Sudeste	253.294	3
Norte	167.326	2
Centro-Oeste	116.046	1
Totais	9.450.312	100

Fonte: Elaboração própria, 2009 com base em IBGE, 2007

De acordo com o IBGE (2007) o Nordeste, região que abrange uma área superior a 160 milhões de hectares, concentra mais de 90% do rebanho de caprinos no País dos quais 57% estão inseridos no semiárido, que ocupa 90 milhões de hectares. A Figura 31 apresenta os efetivos de rebanhos (cabeças) de caprinos nos principais estados do nordeste.

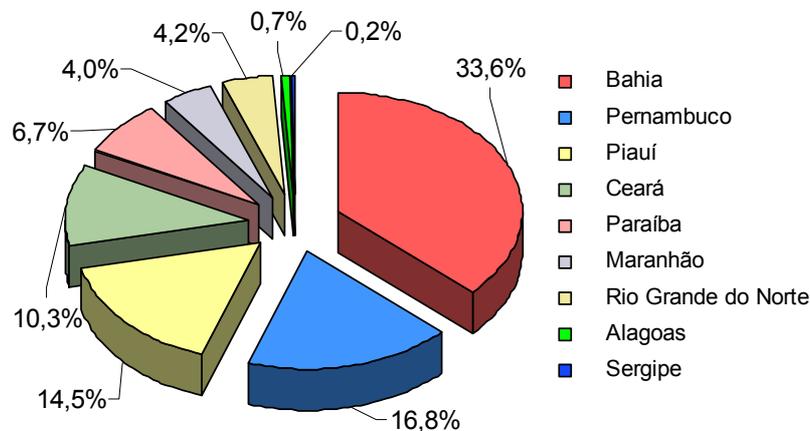


Figura 31. Rebanho caprino dos estados do nordeste. Participação no rebanho brasileiro, 2007.

Fonte: Elaboração própria, 2009 com base em IBGE, 2007

Algumas razões fazem com que o semiárido se destaque pela criação, dentre elas, a adaptação da espécie às condições climáticas da região, o baixo nível de investimento para a criação, além da disponibilidade do mercado consumidor local. As principais microrregiões geográficas estão localizadas nos estados da Bahia, Piauí, Pernambuco e Ceará. A Bahia se destaca, dentre os demais estados, com aproximadamente 34% do efetivo nacional, ou seja, 3,2 milhões de cabeças.

4.3 A CAPRINOCULTURA NA BAHIA E O SEMIÁRIDO

Dados da Companhia Nacional de Abastecimento CONAB (2006), em relatório, informa que a caprinocultura na Bahia se concentra principalmente na região do semiárido. Por ser bem adaptável à caatinga, a caprinocultura de corte mostra potencial na oferta de produtos, tendendo a consolidar-se no mercado, junto aos demais tipos de carnes.

A caprinocultura no semiárido baiano constitui uma das principais atividades de subsistência vinculadas à agricultura familiar, destacando-se pela baixa utilização de mão de obra contratada e pela predominância de criadores com pequenas propriedades de até 100 hectares, conforme pode ser observado na Figura 32.

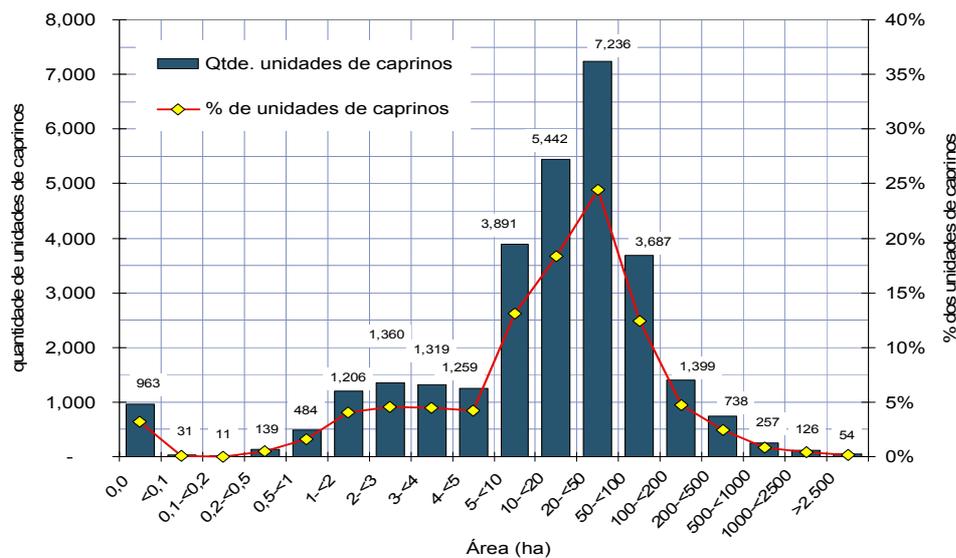


Figura 32. Unidades de caprinos por áreas de estabelecimentos rurais¹⁷
 Fonte: Elaboração própria, 2009 com base em IBGE, 2006

Dentre os principais produtos da caprinocultura comercializados na Bahia, destacam-se a carne e a pele. A Bahia tem forte potencial de comercialização nacional e internacional da carne, por ser considerada zona livre de aftosa com vacinação reconhecida pela Organização Internacional de Epizotias (OIE). Na produção de pele, a Bahia tem investido com objetivos

¹⁷ Para a elaboração do gráfico tomaram-se como amostra os 34 municípios considerados como os principais em criação e produção de caprinos.

de aumentar a produção e exportação que ainda é baixa¹⁸ CONAB (2006).

Apesar dos fatores positivos apresentados, ainda são requeridas profundas modificações no manejo dos rebanhos e um contínuo aporte tecnológico, a fim de permitir que o agricultor venha a garantir a sustentabilidade e ao mesmo tempo, contribuir com os avanços no setor.

4.4 O USO DE BIODIGESTORES NA CAPRINOCULTURA DO SEMIÁRIDO BAIANO

A caprinocultura no semiárido baiano é caracterizada pelo sistema extensivo, geralmente sem adoção de práticas adequadas de manejo alimentar e sanitário. Sabe-se que o resíduo quando manejado inadequadamente, pode colocar em risco a saúde das pessoas e dos animais, além dos impactos ambientais. Sem o tratamento adequado, esse rebanho geraria aproximadamente 1,7 milhões de toneladas/ano de resíduos¹⁹.

A Figura 33 apresenta o modelo proposto do uso do biodigestor na caprinocultura no semiárido baiano.

O modelo mostra um fluxo que, de um lado tem-se os ganhos pelo consumo dos bens processados na caprinocultura, do outro, aqueles devido aos ganhos no aproveitamento desses resíduos.

Partindo da análise inicial, sabe-se que toda criação de caprinos, quer seja para sustento familiar ou para processamento de produtos, gera resíduos orgânicos. Os dejetos, por sua vez, através do biodigestor, produzem biogás que pode ser usado como gás de cozinha ou convertido em energia elétrica para iluminação, acionamento de bombas de irrigação e demais equipamentos elétricos.

¹⁸ Sabe-se que os maiores curtumes exportadores do Brasil estão no Nordeste.

¹⁹ Quantidade total de dejetos gerados anualmente por 3,2 milhões de animais, considerando que cada animal produz aproximadamente 1,5kg de esterco diariamente.

O efluente gerado pode ser usado como fertilizante natural, substituindo os convencionais. Isso propicia ganhos na produção de alimentos para consumo próprio ou comercialização no mercado nacional ou internacional, como também nas pastagens do rebanho. Esse processo ainda gera ganhos na redução do impacto ambiental e possibilidades de comercialização da energia elétrica e de créditos de carbono. Assim, há um fluxo contínuo e sustentável no aproveitamento de resíduos da caprinocultura com o uso do biodigestor.

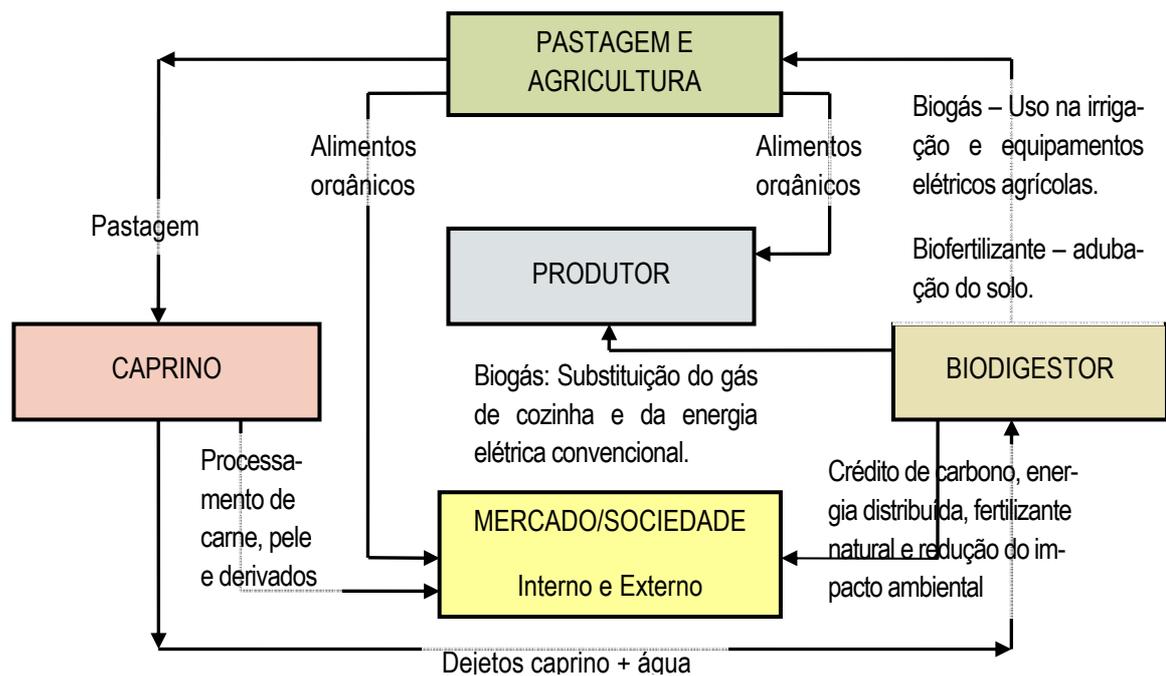


Figura 33. Modelo proposto do uso do biodigestor na caprinocultura no semiárido baiano
Fonte: Elaboração da autora, 2009

Embora sejam evidentes os ganhos proporcionados, é importante verificar a eficácia desse processo. Alguns fatores são essenciais, dentre eles, o tamanho do rebanho a disponibilidade de água, além dos aspectos técnicos, econômicos, financeiros e ambientais.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de obter as principais informações para a análise técnica e econômica, este estudo adotou a metodologia descritiva exploratória baseada na análise documental. Inicialmente realizou-se um mapeamento dos municípios do semiárido baiano, produtores de caprinos, e seus respectivos recursos hídricos.

Em seguida foram coletados dados técnicos pertinentes ao processo de biodigestão. Tratando-se do aproveitamento dos dejetos caprinos, foram coletadas informações de caracterização quantitativas e qualitativas cujo objetivo visou levantar os índices de conversão desse material em energia, biofertilizante e créditos de carbono.

Este trabalho também se baseou em artigos e livros de economia e meio-ambiente, desenvolvimento sustentável, agricultura familiar, caprinocultura e biodigestão, entre outros, confrontando diversas opiniões e estudo de casos.

Além disso, foram empregadas visitas e entrevistas direcionadas a especialistas da área como coordenadores de programas sociais ligado à caprinocultura e a agricultura familiar, fabricantes de biodigestores, engenheiros agrônomos, professores e especialistas em biodigestores, instituições ligadas a projetos de preservação ao meio ambiente, agências de compra e venda de créditos de carbono, prefeituras, entre outros.

Dentre as visitas realizadas destacam-se:

- Estação Experimental da EBDA – Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola do Estado da Bahia localizada em Jaguarari, BA, Julho de 2009.
- Departamento de Engenharia Agrícola (Unidade Experimental de Biodigestores) da UNESP – Universidade Estadual de Jaboticabal, SP, Agosto de 2009.
- Unidade para tratamento de biodigestores de resíduos de suinocultura gerados de frigorífico de suíno para crédito de carbono, da empresa Santa Rosa, localizado em Embu, SP, Agosto de 2009.
- Visita a Sansuy, fabricante de biodigestores, localizada em Embu, SP, Agosto de 2009.

- Unidade de biodigestores para tratamento de resíduos de esgoto da Companhia de tratamento de rede de esgoto “Águas do Imperador” – Petrópolis, RJ, Agosto de 2009.
- Organização não governamental – ONG, OIA – O Instituto Ambiental – Petrópolis, RJ, Agosto de 2009.
- Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária – SEAGRI, para coleta de dados estatístico, Agosto a outubro de 2009.
- Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA, para coleta de dados estatísticos, Outubro de 2009.
- EBDA para coleta de dados estatísticos, Julho de 2009.
- Instituto INGÁ para coleta de dados estatísticos, Julho de 2009.

5.1 MAPEAMENTO DOS MUNICÍPIOS

No mapeamento dos municípios algumas premissas foram estabelecidas. Visando o aproveitamento adequado de resíduos nos biodigestores, foram elencados alguns municípios, com base na criação de caprinos (municípios com maiores quantidades de rebanho) e no processamento. Além disso, verificaram-se informações sobre as principais ações estratégicas para os municípios com esse tipo de atividade, segundo dados da Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia (SECTI-BA), através do planejamento estratégico elaborado para o Arranjo Produtivo Local da Caprinocultura - APL e de demais programas de apoio do setor. Assim, na Figura 34 é possível visualizar os municípios selecionados para este estudo que se situam em sua maioria na região Nordeste, Baixo Médio São Francisco e Piemonte da Diamantina. Em seguida, determinou-se a média mínima de rebanhos por unidades rurais em cada município que é de aproximadamente 50 caprinos/unidade e a disponibilidade e qualidade de água.

Seguindo a classificação por região econômica, os seguintes municípios foram analisados:

1. RG 06 – Nordeste: Cansanção, Canudos, Euclides da Cunha, Jeremoabo, Monte Santo, Paulo Afonso
2. RG 07– Paraguaçu: Feira de Santana e Pintadas.
3. RG 08 – Sudoeste: Anagé, Vitória da Conquista e Jequié.
4. RG 09 – Baixo Médio São Francisco: Campo Alegre de Lourdes, Casa Nova, Curaçá, Juazeiro, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé e Sobradinho.

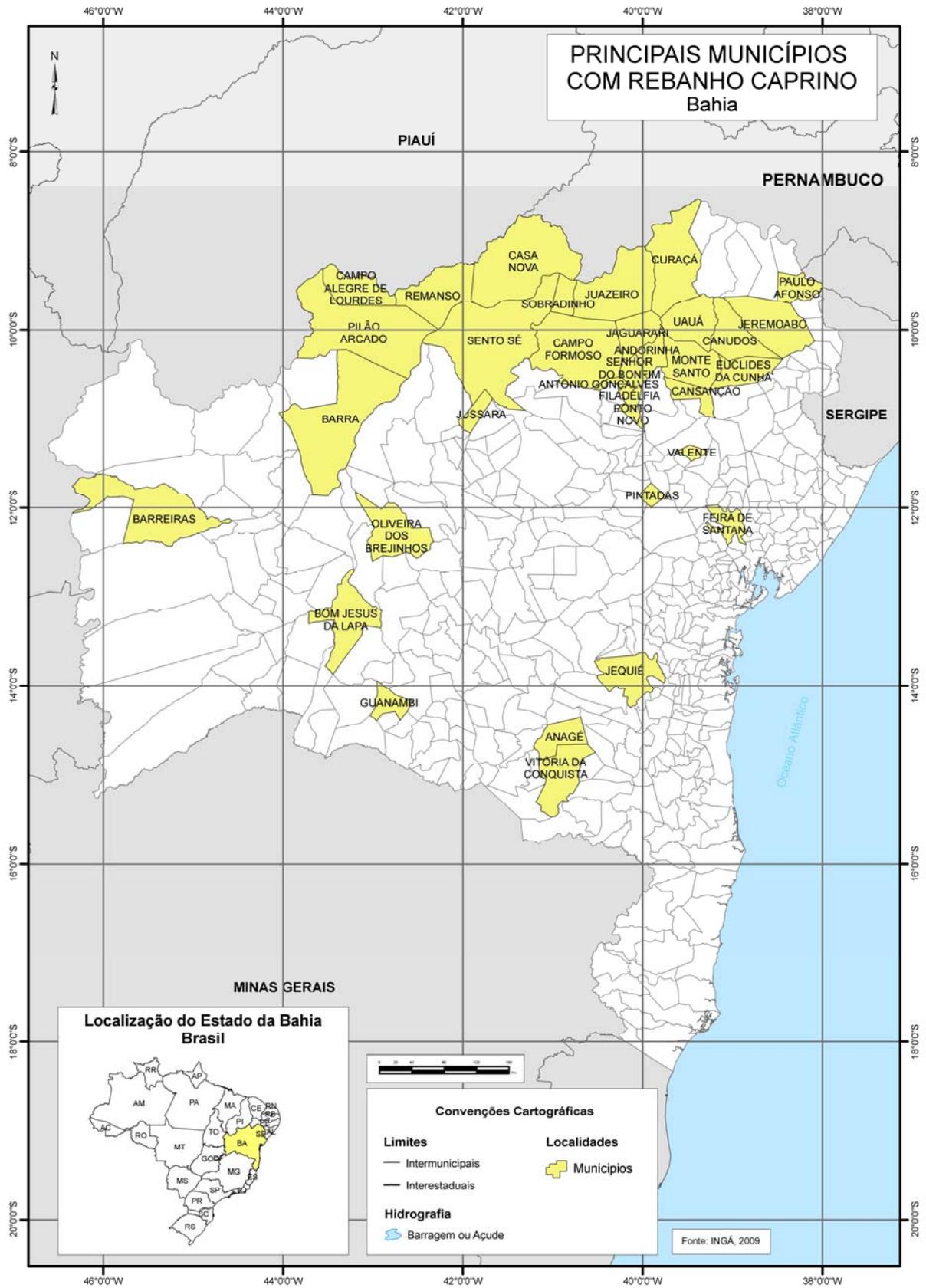


Figura 34-Caprinocultura no semiárido – Mapeamento dos Municípios, 2009
 Fonte: Elaboração da autora, 2009

5. RG 10 – Piemonte da Diamantina: Andorinha, Antonio Gonçalves, Campo Formoso, Filadélfia, Jaguarari, Senhor do Bonfim, Ponto Novo, Uauá e Valente.
6. RG 11 – Irecê: Jussara.
7. RG 12 – Chapada Diamantina: Oliveira dos Brejinhos
8. RG 13 – Serra Geral: Guanambi
9. RG 14 – Médio São Francisco: Barra e Bom Jesus da Lapa
10. RG 15 – Oeste: Barreiras.

Dentre os municípios, destacam-se Juazeiro, Casa Nova, Uauá, Curaçá, Remanso, Campo Alegre de Lourdes, Monte Santo, Pilão Arcado e Campo Formoso, com os maiores rebanhos de caprino, representando aproximadamente 70% da população total conforme apresenta a Figura 35.

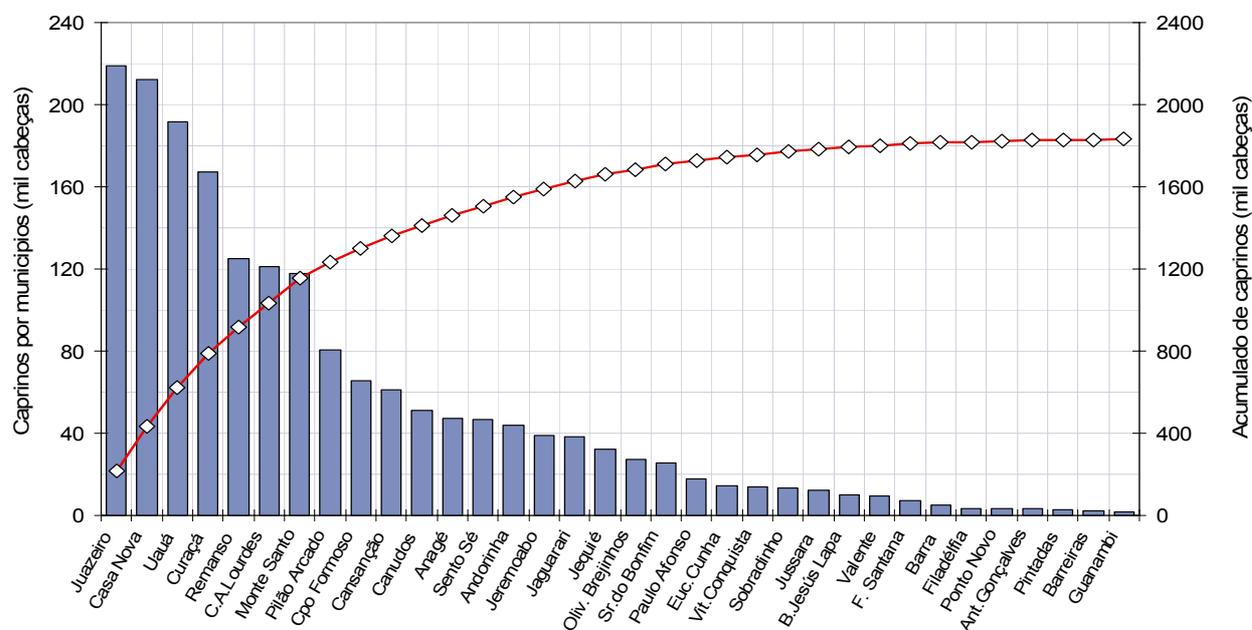


Figura 35-Efetivos de rebanhos por municípios, Bahia, 2007.

Fonte: BAHIA, 2007

Foram tabeladas as informações dos municípios, incluindo rebanhos e estabelecimentos rurais de caprino. Os dados apresentado na Tabela 3 mostram que os 34 municípios representam uma população superior a 2,5 milhão de habitantes, com PIB de aproximadamente R\$ 15 bilhões e renda per capita cerca de R\$ 5.000,00. Ainda revela que 29% da área total (127.046 km²) é zona rural, composta por mais de 98.000 estabelecimentos rurais, dos quais 30% possuem rebanhos caprinos, totalizando aproximadamente 1,8 milhões de animais, ou seja, 57% do rebanho do estado da Bahia.

Tabela 3. Caprinocultura no semiárido baiano - dados dos municípios selecionados

Município	PIB		Área		Unidades Rurais		Rebanho Caprino (cabeça)				
	População (1)	IDH (2)	Total (R\$ Milhões) (3)	Per Capita (R\$) (4)	Total (km ²) (5)	Rural (km ²) (6)	Rural (%) (7)	Total (8)	Com Caprino (9)	Total (10)	Por unidade rural c/ caprino
Anagé	25.823	0,59	53,6	2.296	1.853	764	41	3190	411	47.146	115
Andorinha	14.359	0,57	50,9	3.455	1.208	516	43	864	587	43.762	75
Antônio Gonçalves	11.107	0,62	19,55	3.007	316	218	69	933	8	3.384	423
Barra	49.705	0,59	101,96	2.149	11.333	264	2	872	10	4.800	480
Barreiras	135.650	0,72	1187	8.599	7.895	3.606	46	1.694	45	2.100	47
Bom Jesus da Lapa	65.148	0,65	249,6	4.268	3.951	1.459	37	2.688	81	9.811	121
Campo Alegre Lourdes	27.686	0,58	64,4	2.245	2.754	789	29	3.109	1.908	120.965	63
Campo Formoso	67.582	0,61	241,9	3.913	6.806	2.202	32	3.802	841	65.393	78
Cansanção	33.920	0,54	84,7	2.588	1.319	773	59	4.949	660	61.139	93
Canudos	15.229	0,6	35,6	2.586	2.985	1.200	40	1.101	906	51.300	57
Casa Nova	65.747	0,61	271,1	4.354	9.658	2.538	26	6.537	4.849	212.399	44
Curaçá	33.929	0,63	124,6	3.925	6.442	1.341	21	3.177	2.775	167.453	60
Euclides da Cunha	58.746	0,6	161,4	2.913	2.325	1.194	51	6.564	438	14.321	33
Feira de Santana	584.497	0,74	3853,4	7.191	1.363	587	43	7.824	250	7.474	30
Filadélfia	16.319	0,59	41,5	2.392	564	413	73	1.611	45	3.522	78
Guanambi	79.190	0,7	343	4.499	1.302	963	74	3.822	68	1.800	26
Jaguarari	30.222	0,65	193,2	7.831	2.567	414	16	1.353	797	38.269	48
Jequié	150.351	0,69	1133	7.604	3.035	2.015	66	1.852	79	32.327	409
Jeremoabo	13.771	0,56	90,6	2.802	4.761	1.578	33	2.775	353	38.915	110

Cont. Tabela 3. Caprinocultura no semiárido baiano - dados dos municípios selecionados

Município	PIB		Área			Unidades Rurais		Rebanho Caprino (cabeça)			
	População (1)	IDH (2)	Total (R\$ Milhões) (3)	Per Capita (R\$) (4)	Total (km ²) (5)	Rural (km ²) (6)	Rural (%) (7)	Total (8)	Com Caprino (9)	Total (10)	Por unidade rural c/ caprino
Juazeiro	237.627	0,68	1313,5	6.306	6.390	2.452	38	4.045	2.214	218.951	99
Jussara	15.229	0,57	33,1	2.025	886	457	52	1.804	192	12.000	63
Monte Santo	53.577	0,53	128,4	2.253	3.285	1.359	41	8.041	2.938	117.600	40
Oliveira dos Brejinhos	23.436	0,65	56,7	2.567	3.564	1.239	35	2.692	535	27.000	50
Paulo Afonso	105.837	0,72	1544,6	14.884	1.574	567	36	2.211	395	17.600	45
Pilão Arcado	34.144	0,55	71	2.381	11.700	1.190	10	4.619	2.365	80.488	34
Pintadas	10.831	0,63	23,9	2.109	529	484	92	1.461	52	2.999	58
Ponto Novo	14.974	0,6	40,6	2.359	465	209	45	656	68	3.455	51
Remanso	39.415	0,62	113,1	3.006	4.694	1.230	26	2.688	1.987	124.829	63
Senhor do Bonfim	75.393	0,69	275,1	4.898	817	362	44	848	71	25.719	362
Sento Sé	38.181	0,6	114,8	3.237	12.871	2.030	16	2.135	691	46.639	67
Sobradinho	21.978	0,68	357,6	16.704	1.323	201	15	370	130	13.352	103
Uauá	25.257	0,62	71,2	2.616	2.950	977	33	2.896	2.286	191.485	84
Valente	22.489	0,66	78,4	3.900	357	307	86	1.512	356	9.600	27
Vitória da Conquista	313.898	0,71	1994,8	6.878	3.204	1.816	57	3.550	229	14.121	62
Total	2.511.247	0,63	14.518	4.551	127.046	37.714	30	98.245	29.620	1.832.11	

Obs.: Dados coletados: 1, SEI (2008); 2 a 7, e 10, sistema SIGBAHIA SEAGRI (2009); 8 e 9, IBGE Censo Agropecuário (2006).

Fonte: Elaboração da autora, 2009

Analisando a relação de caprinos por unidade de estabelecimento, a Tabela 3 evidencia que apesar da média entre o total dos municípios estudados ser de 62 animais por estabelecimento rural, essa relação varia, chegando a ser superior a 400 animais por estabelecimento, como ocorre nos municípios de Jequié, Antônio Gonçalves e Senhor do Bonfim, ou inferior a 40 animais por estabelecimento, como em Euclides da Cunha, Feira de Santana, Pilão Arcado, Valente e Guanambi. Outro dado apontado é que embora alguns municípios apresentem números de animais significativos, a média de animais por estabelecimento calculado é menor que 50 animais, fato este evidenciado nos municípios de Monte Santo e Pilão Arcado. Assim sendo, observa-se, que a média de rebanhos por estabelecimento, de cada município, varia-entre 50 a 500 animais.

Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano²⁰ (IDH), todos os municípios apresentam valores na faixa entre 0,53 a 0,74, considerados de médio desenvolvimento humano. Apesar desses índices serem razoáveis, é importante apontar da necessidade de potencializar alguns aspectos sócio ambientais ainda considerados críticos no semiárido e que, de certa forma, influenciam na melhoria da qualidade de vida da população.

Sob o principal aspecto críticos da região que é a escassez da água e, da necessidade de validar a viabilidade do modelo apresentado como o uso do biodigestor, também foi realizado uma análise dos recursos hídricos disponíveis no município

5.2 RECURSOS HÍDRICOS

Sabe-se que para a utilização dos dejetos caprinos nos biodigestores, a água é um insumo essencial. Contudo, um dos entraves que afligem todo o semiárido está no acesso e na qualidade à água.

Por caracterizar-se pela marcante presença da seca, a ausência de infra-estrutura hídrica pode tornar vulnerável o modelo proposto. Na figura 36 apresenta-se esquematicamente o processo de produção de um biodigestor e sua interação com as diversas fontes hídricas. Assim, buscou-se analisar os recursos hídricos disponíveis nos municípios selecionados.

²⁰ O IDH foi criado para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de educação, longevidade e renda. Os países com IDH até 0,499 são considerados de baixo nível de desenvolvimento humano.

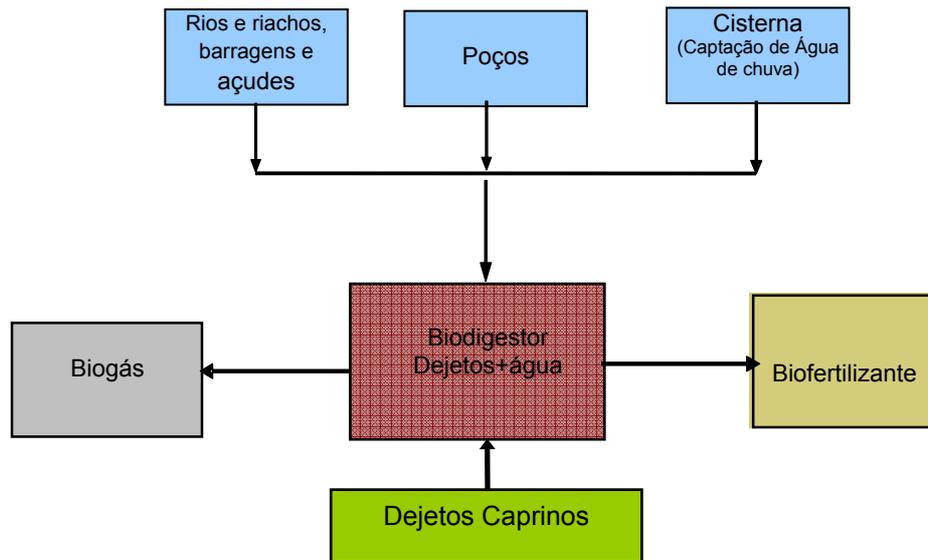


Figura 36-Esquema de ligação das fontes hídricas
Fonte: Elaboração da autora, 2009

O esquema propõe a construção de um modelo de gestão integrada de recursos hídricos onde cada município possa atuar de forma descentralizada²¹, através da criação de um sistema automatizado de informação. Ele parte da premissa de que rios e riachos, barragens, açudes, poços e cisternas são as principais opções de captação para o suprimento de água na região. Assim, foi feito um estudo sobre essas fontes de recursos e realizou-se uma pesquisa cartográfica identificando as Bacias Hidrográficas²² que abrangem os municípios selecionados para verificar a potencialidade de implantação de biodigestores relacionando à perspectiva hídrica. A Figura 37 apresenta o mapa cartográfico de acordo com as Regiões de Planejamento de Gestão Hídrica (RPGA) contendo os principais rios, barragens e açudes existentes nestas áreas.

Entre os principais rios foram identificados: São Francisco, Vaza Barris, Várzea do Pilão, Itapicuru, Pardo, Contas, Macalé, Mucururé, Vermelho, Paraguaçu, Pintubaçu, Ondas, Grande, Paramirim, Verde, Jacaré, dos Porcos, Carnaíba de Dentro, Salitre e Subaé. Entre as barragens e açudes destacaram-se: Sobradinho, Itaparica, Pedra do Cavalo e das pedras. E os açudes, de Valente e de Cocorobó.

²¹ A descentralização considera que as decisões deverão ser tomadas localmente.

²² A lei nº 9.433 de janeiro de 1997 instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial para atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas e a definição dos instrumentos para a gestão dos recursos hídricos.

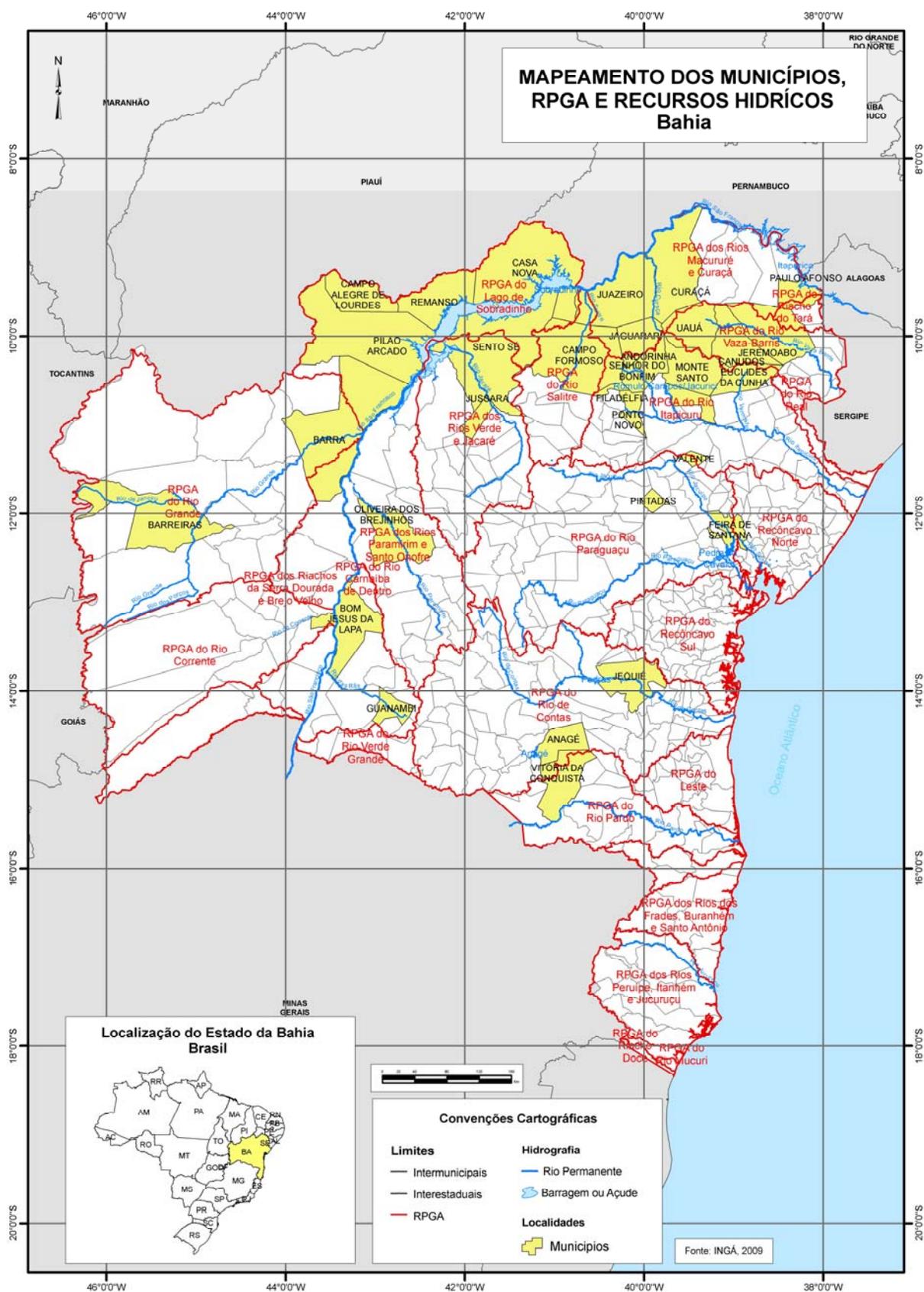


Figura 37-Recursos Hídricos classificados por RPGA - principais rios, barragens e açudes, 2009
 Fonte: Elaboração da autora, 2009

Os recursos hídricos de superfície têm como um dos principais representantes o rio São Francisco. Esse rio possui uma média de vazão de 2.800 m³/s, dos quais, anualmente aproximadamente 28 milhões de m³ são utilizados para abastecimento urbano, 9 milhões de m³ pelas as indústrias, 1,076 bilhão para irrigação e 9 milhões de m³ para a aquicultura (SUASSUNA, 2008). Além do Rio São Francisco é possível citar, o Paraguaçu e o de Contas, que correm por todo o território baiano. Os demais rios são caracterizados por sua intermitência.

Uma dos indicadores para mensuração da capacidade volumétrica e acesso à água dos rios é a determinação da vazão, pois através dela é possível determinar sua disponibilidade. No entanto, não foram fornecidos os valores de vazão dos rios intermitentes, que são bastante relevantes no semiárido.

Em razão da inexistência de medidores de índices fluviométricos nos rios que percorrem a maioria dos municípios em estudo, não foi possível levantar o valor da vazão para quase a totalidade dos municípios. Assim, tomou-se o índice pluviométrico como uma medida de oferta de água que poderia compor o volume de água dos rios ou da captação em cisternas e, assim, ser utilizado no processo de biodigestão. A Figura 38 apresenta o mapa pluviométrico do Estado da Bahia. Além disso, as outorgas²³ liberadas nessas localidades, também foram utilizadas como indicador de disponibilidade de água.

Em seguida tem-se a Tabela 4 que trata das descrições dos rios, os índices pluviométricos e sua capacidade volumétrica, assim como, as quantidades de outorgas já emitidas em cada município. Analisando-se a tabela nota-se que 20 rios, quatro barragens e dois açudes, abrangem os 34 municípios, sendo que 30% dos municípios estão cobertos pelos Rios São Francisco e pela Barragem de Sobradinho; 18% pelo Rio Itapicuru e 26% pelos Rios de Contas, Grande, Paramirim e Paraguaçu.

²³ Entende-se por outorga, o direito de uso de determinada quantidade de recurso hídrico disponível. Por ser de caráter disciplinar, representa o controle racional dos recursos hídricos.

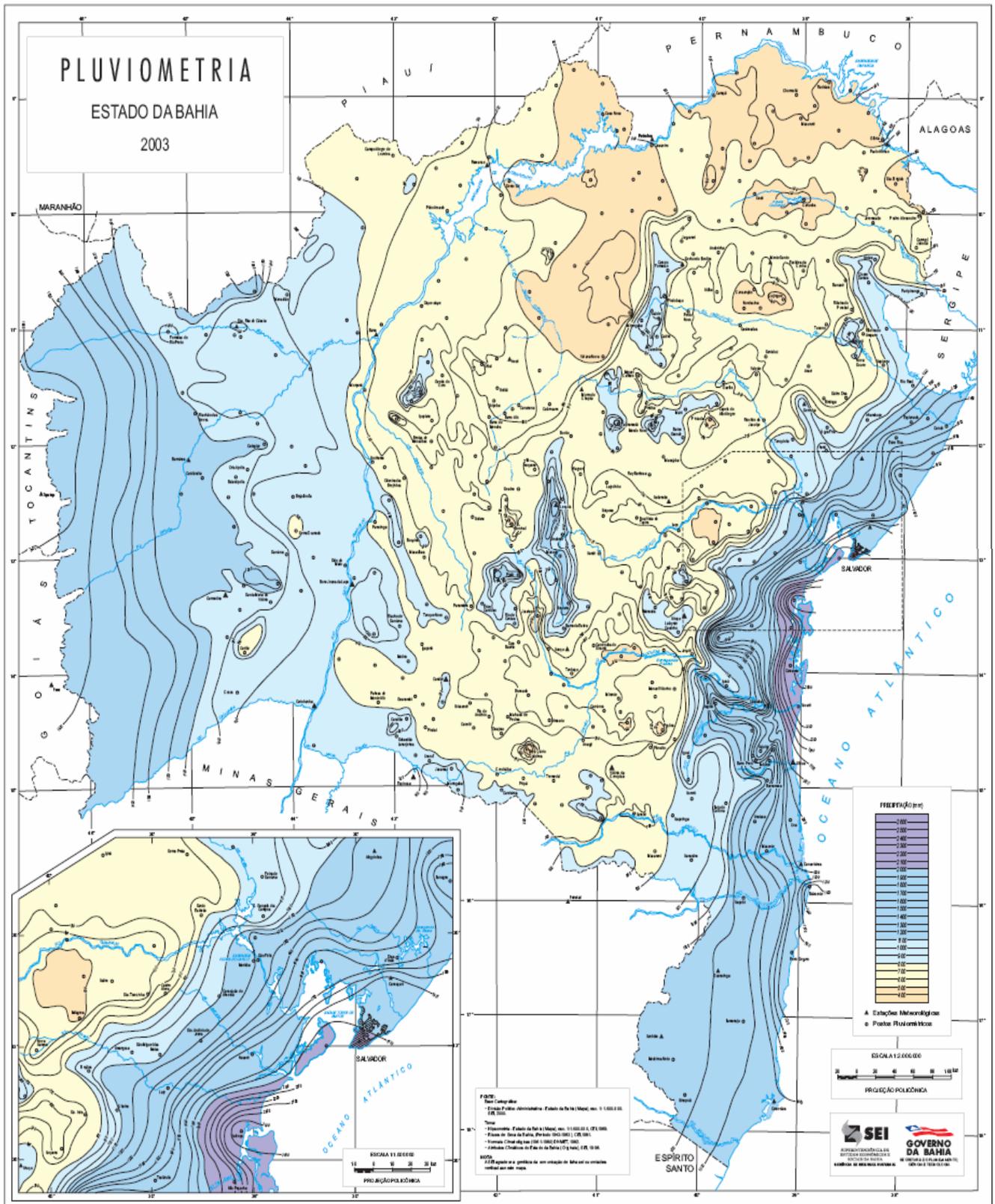


Figura 38-Mapa pluviométrico do Estado da Bahia, 2003.
Fonte: SEI, 2003

Tabela 4. Dados gerais de infra-estrutura hídrica – rios barragens e açudes

Município	Rios/Barragens e Açudes (1)	Índice Pluviométrico (mm) (2)	Vol. diário/km ² de chuva / área rural (m ³) (3)	Consumo diário de água por rebanho (m ³ /cabeça/dia) (4)	% do volume diário de consumo/rebanho (%) (5)	Unid. Rurais Otor-gadas (6)	Tipo de abastecimento na outorga* (7)
Anagé	rio de Contas	600-700	1.256.548	188,6	0,008	7	H e Irr
Andorinha	rio Itapicuru	600-700	848.367	175	0,010	13	H e Ind
Antônio Gonçalves	rio Itapicuru	600-700	357.863	13,5	0,002	1	H
Barra	rio Grande e rio São Francisco	600-700	433.627	19,2	0,002	21	H, Ind e Irr
Barreiras	rio Grande, rio dos Porcos e rio de janeiro	1100-2000	10.865.981	8,4	0,000	272	H, A, Ind e Irr
Bom Jesus da Lapa	rio São Francisco	800-1100	3.197.392	39,2	0,001	10	H e Ind
Cpo Alegre de Lourdes	barragem do Sobradinho/Várzea do Pilão	600-700	1.297.726	483,9	0,019	ND	
Campo Formoso	rio Salitre	800-1100	4.825.381	261,6	0,003	25	Ind, H e Irr
Cansanção	rio Itapicuru	400-500	846.696	244,6	0,014	ND	
Canudos	açude Cocorobó rio Vaza Barris	400-500	1.315.068	205,2	0,008	ND	
Casa Nova	repressa do Sobradinho/rio São Francisco	400-500	2.781.655	849,6	0,015	ND	
Curaçá	rio São Francisco, rio Curaçá , rio Macururé e Itaparica	400-500	1.470.093	669,8	0,023	2	H
Euclides da Cunha	rio Macale e Rio Vermelho	600-700	1.963.249	57,3	0,001	6	H e Irr
Feira de Santana	rio Paraguaçu, rio Subaé e barragem Pedra do Cavalo	800-1100	1.286.005	29,9	0,001	82	H, A, Ind e Irr
Filadélfia	rio Itapicuru	600-700	678.148	14,1	0,001	8	H, Ind e Irr
Guanambi	rio Carnaíba de Dentro, rio das Rãs e rio Verde Pequeno	600-700	1.582.225	7,2	0,000	6	H e Irr
Jaguarari	rio Mucuré	600-700	680.877	153,1	0,011	7	H
Jequié	Barragem das Pedras e rio de Contas	600-700	3.312.477	129,3	0,002	32	Ind e Irr

Cont. Tabela 4. Dados gerais de infra-estrutura hídrica – rios barragens e açudes

Município	Rios/Barragens e Açudes (1)	Índice Pluviométrico (mm) (2)	Vol. diário de chuva área rural (m ³) (3)	Consumo diário de água por rebanho (m ³ /cabe- ça/dia) (4)	% do volume diário de consumo por rebanho (%) (5)	Unid. Rurais Outor- gadas (6)	Tipo de abastecimento na outorga* (7)
Jeremoabo	rio Vaza Barris	600-700	2.593.184	155,7	0,003	9	Ind, H e Irr
Juazeiro	rio São Francisco	400-500	2.686.948	875,8	0,016	19	Irr
Jussara	rio Verde e Jacaré	600-700	750.904	48	0,003	29	H, A e Irr
Monte Santo	rio Itapicuru	600-700	2.233.414	470,4	0,011	4	H e Irr
Oliveira dos Brejinhos	rio Paramirim	600-700	2.036.416	108	0,003	2	H e Irr
Paulo Afonso	rio São Francisco/barragem de Itaparica	600-700	931.315	70,4	0,004	1	Irr
Pilão Arcado	Várzea do Pilão e represa do Sobradinho	600-700	1.955.392	322	0,008	1	H
Pintadas	rio Paraguaçu	400-500	530.849	12	0,001	ND	
Ponto Novo	rio Pintubaçu	600-700	342.822	13,8	0,002	12	H e Irr
Remanso	rio São Francisco/Sobradinho	600-700	2.021.573	499,3	0,012	5	H
Senhor do Bonfim	rio Itapicuru	600-700	595.397	102,9	0,009	7	H e Irr
Sento Sé	rio São Francisco	400-500	2.225.096	186,6	0,004	4	Ind
Sobradinho	rio São Francisco	600-700	330.427	53,4	0,008	1	H
Uauá	açude Cocorobó, rio Vaza Barris	400-500	1.070.203	765,9	0,036	1	H
Valente	Açude Valente	600-700	504.263	38,4	0,004	ND	
Vitória da Conquista	rio Pardo	600-700	2.984.827	56,5	0,001	61	Ind e Irr

Obs.: 1, 6 e 7 são dados fornecidos pelo INGÁ(2009); 2 são dados da base cartográfica, SEI (2003); 3, 4 e 5 cálculos detalhados no apêndice.

* As siglas H, Ind, A e Irr significam: humano, industrial, animal e irrigação, respectivamente.

ND – Não disponível.

Fonte: Elaboração da autora, 2009

Em termos de dados pluviométricos, 24% dos municípios apresentam os menores índices entre 400mm-500mm (destacados no norte do mapa em laranja) são Campo Formoso, Cansanção, Canudos, Casa Nova, Juazeiro, Sento Sé e Uáua, 64% apresentam uma média entre 600-700mm e os 12% entre 800 a 2000mm, dos quais destaca-se Barreiras por apresentar um índice superior a 1100mm. Os cálculos de volume de água realizados através do índice pluviométrico²⁴ revelam em percentuais que esse volume atenderia todas as unidades rurais de rebanho. Entretanto, a evaporação na região nordeste é altíssima, principalmente porque os raios solares incidem perpendicularmente ao solo. (MELO FILHO; SOUZA, 2006) apontam que a evaporação na região é de 2000 mm. Isso significa que toda a água de chuva dessa região evaporaria, causando um balanço hídrico negativo.

As outorgas emitidas sobre os municípios equivalem a 1% das unidades existentes. Das 648 outorgas, 60% são para irrigação, 34% para indústria, 17% para uso humano e apenas 5% para uso animal. Das águas outorgadas, 53% são oriundas de mananciais subterrâneos e as demais, de mananciais superficiais, das quais 84% foram outorgadas para irrigação. Dos municípios listados, 50% deles foram outorgados para irrigação, o que permite validar, por conta dos critérios estabelecidos de outorga, o nível adequado de qualidade da água para uso na irrigação, em pelo menos da metade dos municípios pesquisados.

A verificação da disponibilidade da água, através da oferta hídrica apresentada pelos rios, barragens e açudes, subsidiou a identificação dos problemas relacionados à carência de recursos hídricos, visto que nas Bacias, os usuários exploram, além dos mananciais subterrâneos, os mananciais superficiais. Outra evidência apresentada foi nos cálculos volumétricos realizados, através dos índices pluviométricos. Assim sendo, o estudo aponta a necessidade em observar a realidade apresentada, pois o uso do biofertilizante natural gerado pelo biodigestor, somente funcionará se for possível garantir a disponibilidade da água. Para tanto, faz-se necessário preservar os recursos e ao mesmo tempo incorporar tecnologias adequadas para captação e manejo adequado da água.

Um dos exemplos dessa tecnologia está na construção de cisternas de placas para abastecimento de famílias ou para a produção agrícola, visando à captação de água proveniente da chuva. A justificativa de ampliação dessa tecnologia deve-se ao índice pluviométrico do semiárido baiano

²⁴ O Cálculo do volume diário de água de chuva na área rural foi estimado através do índice pluviométrico mínimo dividido por 365 dias e multiplicado pelo total da área rural por município (valores em km²). Sendo que 1mm de coluna de água em 1km², corresponde a 1000m³ de água.

que se caracteriza por ser mais elevado em relação à média mundial²⁵. Além dessa tecnologia, também merecem destaque, aquelas desenvolvidas em perfurações de poços para captação de água em mananciais subterrâneos e os sistemas simplificados e convencionais de abastecimento.

A Tabela 5 apresenta dados gerais dos sistemas de abastecimento de água, através das quantidades de poços perfurados, cisternas e dos sistemas simplificados e convencionais de abastecimentos. Certamente, a disponibilidade dessas fontes alternativas tende a identificar os potenciais de sustentabilidade técnica e ambiental ao modelo proposto.

De acordo com os dados apresentados é possível identificar que, do total de poços, cisternas e sistemas de abastecimento existentes nos municípios, (aproximadamente 33.000 unidades), apenas 34% atendem os estabelecimentos rurais. Por outro lado, alguns municípios, apresentam índices de estabelecimento rurais com cisternas e poços superiores a 45%, dentre eles: Jaguarari, Andorinha, Sento Sé, Anagé, Canudos, Campo Alegre de Lourdes, Remanso, Curaçá, Casa Nova, Senhor do Bonfim, Sobradinho, Juazeiro, Ponto Novo e Bom Jesus da Lapa. Nos municípios de Jeremoabo, Cansanção, Monte Santo, Euclides da Cunha, Barreiras, Jequié, Feira de Santana e Barra, esse índice é abaixo de 20%. Assim sendo, essas opções tecnológicas significam novas fontes alternativas de acesso à água, e, por conseguinte, possibilidades de viabilidade para a implantação de biodigestores.

Tabela 5. Dados gerais de infraestrutura hídrica - sistemas de abastecimentos e cisternas, 2009

Sistemas de abastecimento				Cisternas			Oferta Hídrica		
Município	Poços (1)	Sistema convenc abastec Água (2)	Sistema simplif. abastec água (3)	Demanda bruta	Existente	Cobertura (%)	Total	Unid. Rurais	Oferta hídrica por Unid.Rurais (%)
Anagé	31	13	0	4.377	2.270	52	2.314	3.190	73
Andorinha	43	17	17	2.118	580	27	657	864	76
Antônio Gonçalves	16	4	0	629	180	29	200	933	21

²⁵ Enquanto a média anual de precipitação mundial está entre 80 a 250 mm, no semiárido baiano, essa média é de 750 mm (MELO FILHO; SOUZA, 2006, p.50-60).

Cont. Tabela 5. Dados gerais de infraestrutura hídrica - sistemas de abastecimentos e cisternas, 2009

Sistemas de abastecimento				Cisternas			Oferta Hídrica		
Município	Poços (1)	Sistema convenc abastec Água (2)	Sistema simplif. abastec água (3)	Demanda bruta	Existente	Cobertura (%)	Total	Unid. Rurais	Oferta hídrica por Unid.Rurais (%)
Barra	123	46	0	ND	ND	ND	169	872	19
Barreiras	72	39	0	ND	ND	-	111	1.694	7
Bom Jesus da Lapa	163	43	0	3.525	1.001	28	1.207	2.688	45
Campo Alegre de Lourdes	194	70	32	4.026	2.132	53	2.428	3.109	78
Campo Formoso	235	71	2	3.918	1.009	26	1.317	3.802	35
Cansanção	37	16	4	4.336	802	18	859	4.949	17
Canudos	63	45	8	1.135	413	36	529	1.101	48
Casa Nova	214	55	53	5.078	3.053	60	3.375	6.537	52
Curaçá	165	71	25	2.027	1.345	66	1.606	3.177	51
Euclides da Cunha	201	75	9	3.800	464	12	749	6.564	11
Feira de Santana	210	33	0	6.475	631	10	874	7.824	11
Filadélfia	24	11	0	1.452	328	23	363	1.611	23
Guanambi	144	38	0	2.704	593	22	775	3.822	20
Jaguarari	131	35	26	2.246	632	28	824	1.353	61
Jequié	56	8	0	2.297	0	0	64	1.852	3
Jeremoabo	78	62	0	ND	ND	ND	140	2.775	5
Juazeiro	231	128	48	2.836	1.572	55	1.979	4.045	49
Jussara	206	41	0	612	304	50	551	1.804	31

Cont. Tabela 5. Dados gerais de infraestrutura hídrica - sistemas de abastecimentos e cisternas, 2009

Sistemas de abastecimento				Cisternas			Oferta Hídrica		
Município	Poços (1)	Sistema convenc abastec Água (2)	Sistema simplif. abastec água (3)	Demanda bruta	Existente	Cobertura (%)	Total	Unid. Rurais	Oferta hídrica por Unid.Rurais (%)
Monte Santo	129	63	39	8.227	1.285	16	1.516	8.041	19
Oliveira dos Brejinhos	70	31	0	823	438	53	539	2.692	20
Paulo Afonso	75	39	10	2.205	564	26	688	2.211	31
Pilão Arcado	98	39	8	4.332	1.319	30	1.464	4.619	32
Pintadas	23	1	0	1.020	445	44	469	1.461	32
Ponto Novo	25	8	0	926	446	48	479	656	73
Remanso	182	65	33	3.060	2.135	70	2.415	2.688	90
Senhor do Bonfim	36	10	3	1.556	428	28	477	848	56
Sento Sé	96	55	11	1.327	1.159	87	1.321	2.135	62
Sobradinho	36	10	3	538	208	39	257	370	69
Uauá	209	99	21	3.122	706	23	1.035	2.896	36
Valente	12	5	0	1.050	547	52	564	1.512	37
Vitória da Conquista	167	41	0	9.213	769	8	977	3.550	28
Total	3.795	1.387	352	90.990	27758		33.292	98.245	34

Obs.: 1,2 e 3 são dados fornecidos pela Seagri (2009). 4, 5 e 6 são dados fornecido pela ONG Caritas (2009).

Abreviações: N.D.= Não disponível
Fonte: Elaboração da autora, 2009

Para as cisternas, identificam-se alguns municípios que possuem uma cobertura superior a 50%, como é o caso de Sento Sé, Anagé, Campo Alegre de Lourdes, Remanso, Curaçá, Casa Nova, Juazeiro, Jussara, Ponto Novo, Oliveira dos Brejinhos e Valente. Os municípios de Cansanção, Monte Santo, Uauá, Euclides da Cunha, Jequié, Vitória da Conquista e Feira de Santana, possuem cobertura inferior a 20%. Quanto aos poços, a média de cobertura por município é inferior a 15%. Entretanto, é importante ressaltar que a presença de cisternas, não garante o fornecimento de água suficiente para consumo humano, criações, lavoura e o uso no biodigestor.

5.3 QUALIDADE DA ÁGUA E O MANEJO ADEQUADO

Sabe-se que para o uso do biofertilizante, como substituto do fertilizante convencional, é necessário um mínimo de qualidade e uso adequado da água no solo. Por tratar-se de uma região com características complexas e heterogêneas quanto à hidrogeologia, clima, vegetação, salinidade e intermitência dos rios, o semiárido baiano representa um grande desafio para os requisitos acima mencionados.

Tratando-se do solo, a geologia do semiárido é geralmente caracterizada pela diversidade do relevo e pela intensidade de aridez do clima. Na Bahia os solos para o plantio geralmente são poucos profundos, apresentam boa fertilidade química e pH próximo a neutralidade, mas podem tornar-se alcalino nas áreas calcárias (MELO FILHO; SOUZA, 2006).

A degradação do solo no semiárido é gerada principalmente pelo acúmulo de sais. A falta de proteção vegetal aliada à presença de material de origem salina, o baixo índice de pluviosidade, a elevada evaporação da água na superfície do solo e, ainda, o uso de água de baixa qualidade e manejo inadequado da irrigação são razões que favorecem a essa degradação. Assim, a partir dos dados do mapa hidrosubterrâneo da região nordeste do Brasil (FIGURA 39), foi montada o Quadro 1, contendo informações pertinentes à qualidade da água. Ressalta-se a importância dessas informações, pois permite a visualização de potabilidade da água²⁶ e da possibilidade de uso do biofertilizante.

²⁶ Segundo UFBA (2007), a depender do objetivo, a qualidade da água pode ser apresentada por diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

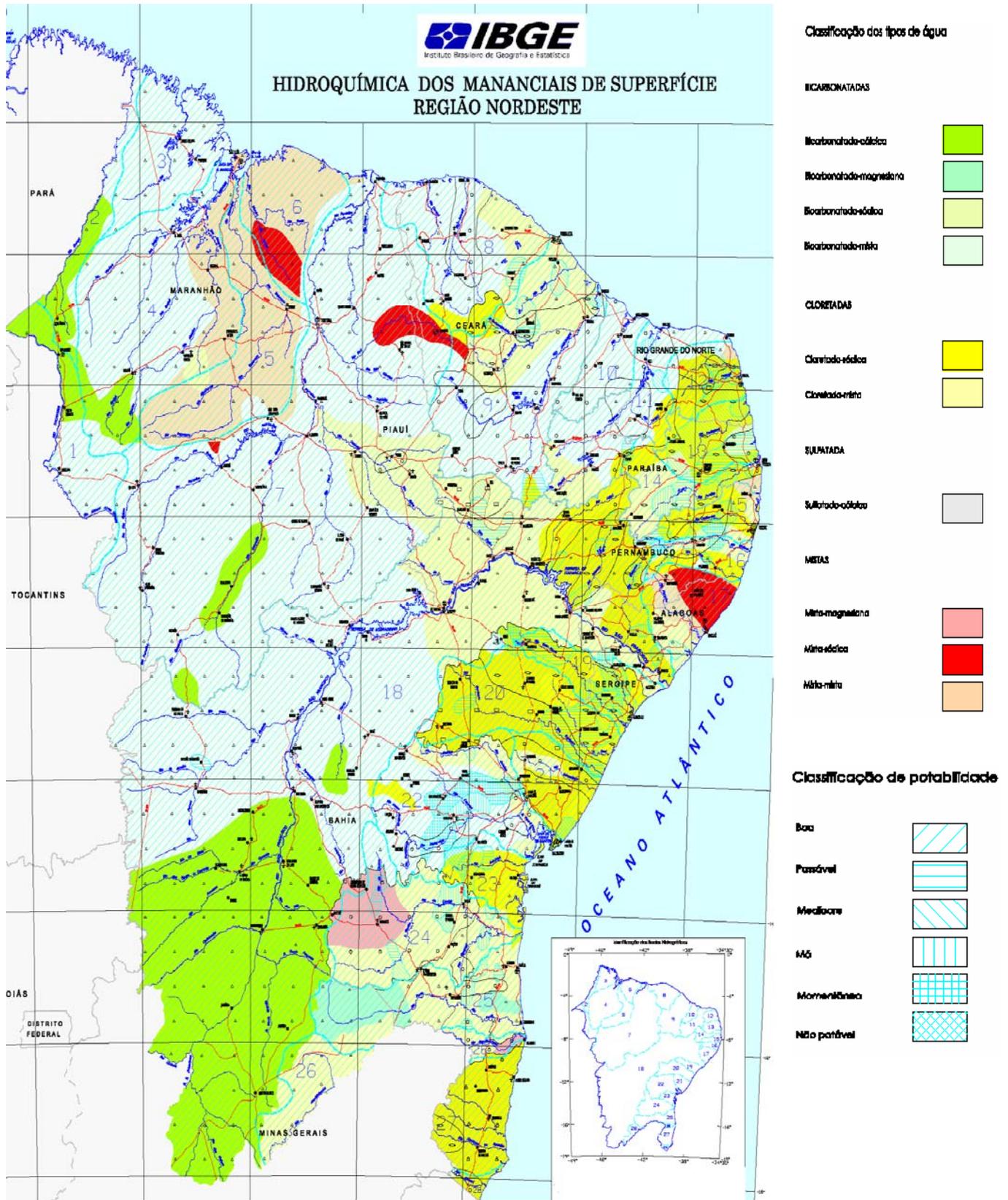


Figura 39-Mapeamento hidroquímico dos mananciais de superfície – Região Nordeste, 2003 Fonte: Adaptado de IBGE, 2003.

Município	Características da água			
	Aridez	Tipo	Adequação para Irrigação	Potabilidade
Anagé	0,5	Mista Sódica	Sim – sem restrições	Boa
Andorinha	0,41	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Antônio Gonçalves	0,47	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Barra	ND	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Barreiras	ND	Cloretada cálcica	Sim – salinidade média	Passável
Bom Jesus da Lapa	0,5	Cloretada cálcica	Sim – sem restrições	Passável
Campo Alegre	0,43	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Boa
Lourdes Campo Formoso	0,48	Mista	Sim – salinidade média	Passável
Cansanção	0,38	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Canudos	0,32	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Boa
Casa Nova	0,24	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Curaçá	0,25	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Euclides da Cunha	0,41	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Boa
Feira de Santana	0,58	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Boa
Filadélfia	0,48	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Guanambi	0,46	Sulfatadas cálcica	Não – alta salinidade	Medíocre
Jaguarari	ND	ND	ND	ND
Jequié	0,58	Sulfatadas cálcica	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Jeremoabo	ND	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Boa
Juazeiro	0,28	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Jussara	0,41	Sulfatadas cálcica	Sim – Salinidade média	Boa
Monte Santo	0,36	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Oliveira dos Brejinhos	0,49	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Passável
Paulo Afonso	0,36	Cloretada sódica	Sim – sem restrições	Medíocre

Quadro 1. Dados gerais de infra-estrutura hídrica - qualidade da água, 2003

Município	Características da água			
	Aridez	Tipo	Adequação para Irrigação	Potabilidade
Pilão Arcado	0,38	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Passável
Pintadas	0,46	ND	ND	ND
Ponto Novo	0,49	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Remanso	0,34	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Senhor do Bonfim	0,47	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Sento Sé	0,32	Sulfatadas cálcica	Sim – salinidade média	Boa
Sobradinho	0,29	Sulfatadas cálcica	Sim – sem restrições	Boa
Uauá	0,34	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Momentânea
Valente	0,46	Mista	Não – alto teor sais e sódio	Medíocre
Vitória da Conquista	0,58	Mista Sódica	Sim – sem restrições	Boa

Cont. Quadro 1. Dados gerais de infra-estrutura hídrica - qualidade da água, 2003

Obs.: Dados coletados do mapa cartográfico referente a hidroquímica dos mananciais subterrâneos da região nordeste.

Abreviações : ND - Não disponível.

Fonte: IBGE, 2003

Tratando-se dos níveis de aridez, a média entre os municípios analisados é de 0,42, média superior à do semiárido baiano que é de 0,35. Os municípios que se aproximam dessa média são: Monte Santo, Remanso, Uauá e Paulo Afonso. Destacam-se aqueles abaixo dessa média: Sento Sé, Canudos, Curaçá, Casa Nova e Sobradinho. Para os municípios com os maiores índices têm-se Feira de Santana, Jequié e Vitória da Conquista, todos com 0,58 de aridez.

As classes de potabilidade são representadas em faixas que variam entre boa, passável, medíocre, má, momentânea e não-potável, estas ocorrendo quase sempre em setores grosseiramente coincidentes com as zonas de menor precipitação e quase sempre associados a rochas cristalinas. As águas são classificadas quimicamente em: bicarbonatadas (sódica e mista), cloretadas (cálcica, sódica e mista), sulfatadas (cálcica e mista), mistas (magnésiana, sódica e mista). Para a classificação quanto à adequação para irrigação se tem: adequada sem restrições ou com salinidade média e não adequada, com alta salinidade, alto teor de sódio ou ambos, altos teores de sais e sódio (IBGE, 2003).

É possível destacar, dentre os municípios estudados, 17 que possuem uma potabilidade de água classificada como boa e apta para a irrigação, sem restrições ou com salinidade média, dentre eles: Jeremoabo, Sento Sé, Anagé Canudos, Campo Alegre de Lourdes, Remanso, Euclides da Cunha, Sobradinho, Juazeiro, Jussara, Antônio Gonçalves, Filadélfia, Ponto Novo, Paulo Afonso, Vitória da Conquista, Feira de Santana e Barra.

Apesar de constar em mapa cartográfico como inadequados para irrigação, os municípios de Monte Santo, Senhor do Bonfim, Jequié, Guanambi e Feira de Santana, já têm outorgas emitidas para o uso na irrigação, provavelmente, por conterem sistemas de abastecimento e saneamento de água e esgoto.

Assim, nota-se que, em 65% dos municípios estudados, a água foi identificada com boa potabilidade e adequação ao uso no solo. Porém, em 29% dos municípios constatou-se a não potabilidade e inadequação ao uso no solo.

Os dados referentes ao uso e a qualidade da água também foram comparados com as análises realizadas pelo Instituto de Gestão das Águas na Bahia (INGÁ), em junho de 2009, com base nos parâmetros físico-químicos, nutrientes e biológicos realizados por Região de Planejamento de Gestão das Águas (RPGA), conforme apresentado na Figura 37. Nesta comparação, nota-se que os resultados divergem em apenas três municípios, sendo eles, Canudos, Ponto Novo e Feira de Santana. Ainda é importante apontar que durante o monitoramento do INGÁ, identificaram-se pontos de irrigação nos municípios de Canudos, Cansanção, Campo Formoso, Curaçá, Juazeiro e Jequié, conforme apresentados no Quadro 2.

Segundo especialistas, apesar de ainda não existir experimentos que comprovem a viabilidade técnica e econômica do uso da água salinizada nos biodigestores, o uso do seu efluente (biofertilizante) salobro em substituição ao fertilizante convencional, poderá trazer danos ao solo e as plantas.

Portanto, essas razões mostram que apesar dos ganhos gerados com o biogás e o biofertilizante, se não houver água disponível e de qualidade, a implantação do biodigestor poderá ser inviável. Além disso, a fim de servir como elemento de racionalização do seu uso, e de equilíbrio entre a disponibilidade e demanda por esse recurso, considerou-se a água um bem de valor econômico. Assim sendo, foi incorporado como parte dos custos operacionais o valor relativo da água consumida para uso no biodigestor.

Município	RPGA	Código INGÁ RPGA	Uso	Qualidade da água (IQA)
Anagé	Rio Contas	CON - GAV – 500	Recreação e banho	Boa
Andorinha	Rio Itapicuru	ND	ND	ND
Antônio Gonçalves	Rio Itapicuru	ND	ND	ND
Barra	Rio Grande e Riachos da Serra Dourada e Brejo Velho	GRD - GRD - 800	ND	ND
Barreiras	Rio Grande	GRD - GRD - 250, GRD - GRD - 300, GRD RON 600, GRD RJN 400, COM JQZ 100	Pesca, dessedentação de animal, recreação, navegação de pequenas embarcações e abastecimento público. Captação de água para a cidade	Ótima a Boa
Bom Jesus da Lapa	Rio Carnaiba de Dentro	CLH - RSF - 220	Atividade de Pesca e vegetação. Água doce	Boa
Campo Alegre Lourdes	Rio Sobradinho	ND	ND	ND
Campo Formoso	Rio Salitre	ND	Recreação, pesca irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal	Boa
Cansanção	Rio Itapicuru	ITP - JCI -050	Recreação, irrigação e lavagem de roupas. Água Salobra.	Péssima

Quadro 2. Resultado de análise de uso e de qualidade da água, 2009.

Município	RPGA	Código INGÁ RPGA	Uso	Qualidade da água (IQA)
Canudos	Rio Vaza Barris	RVB - VZB – 150	Desententação, animal e irrigação - captação de água por caminhão pipa. Água doce	Ruim
Casa Nova	Rio Sobradinho	RSF	ND	ND
Curaçá	Rio Mucururé e Curaçá	SMD - CRC - 800, SMD - RSF – 850	Pesca , dessedentação de animal e irrigação. Água Doce.	Boa
Euclides da Cunha	Rio Itapicuru	ND	ND	ND
Feira de Santana	Rio Paraguaçu e Reconcavo Norte	RCN - SUB - 020, PRG - JCP - 600, PRG PRM 300	Pesca, navegação de pequenas embarcações e dessedentação animal.	Boa
Filadélfia	Rio Itapicuru	ND	ND	ND
Guanambi	Rio Carnaiba de Dentro	ND	ND	ND
Jaguarari	Rio Mucururé e Curaçá	RSF	ND	ND
Jequié	Rio Contas	CON - CON - 500 E 550	Irrigação e navegação de pequenas embarcações	Boa
Jeremoabo	Rio Vaza Barris	RVB - VZB – 400	Recreação, lavagem de utensílios domésticos e veículos, dessedentação animal e consumo humano. Água doce	Boa

Cont. Quadro 2. Resultado de análise de uso e de qualidade da água, 2009.

Município	RPGA	Código INGÁ RPGA	Uso	Qualidade da água (IQA)
Juazeiro	Rio Mucururé e Curaçá	SMD - CRC - 800, SMD - RSF - 700, SMD - RSF - 730, SMD - RSF - 750, SMD - RSF - 780	Lavagem de roupa e utensílios, pesca, recreação e dessedentação animal, captação de água para irrigação no 730 e 780, bombeamento de água para irrigação 800. - Água Doce	Boa
Jussara	Rio Verde e Jacaré	ND	ND - salobra e doce	Boa
Monte Santo	Rio Itapicuru	ITP - CRC – 050	Pesca - Água Salobra	Ruim
Oliveira dos Brejinhos	Rio Paramirim e Sto Onofre	PMI - PMI – 700	ND	ND
Paulo Afonso	Rio Mucururé e Curaçá	SMD RSF 980, SMD RSF 990	Recreação, lavagem de utensílios domésticos, abastecimento público e geração de energia para 990	Boa
Pilão Arcado	Rio Sobradinho	RSF	ND	ND
Pintadas	Rio Paraguaçu	PPG - PEX – 300	Desedentação animal. Água salina.	Boa
Ponto Novo	Rio Itapicuru	ITP - ITA – 100	Recreação, pesca, lavagem de roupa e utensílios domésticos e dessedentação animal	Ruim
Remanso	Rio Sobradinho	RSF	ND	ND

Cont. Quadro 2. Resultado de análise de uso e de qualidade da água, 2009.

Município	RPGA	Código INGÁ RPGA	Uso	Qualidade da água (IQA)
Senhor do Bonfim	Rio Itapicuru	ITP - ITP – 050	Desententação, animal e pesca	Péssima
Sento Sé	Rio Verde e Jacaré	RSF	ND – Água salobra e doce	Boa
Sobradinho	Rio Sobradinho	SOB - RSF – 650	Pesca, recreação, dessedentação de animal e abastecimento humano - água doce	Ótima
Uauá	Rio Vaza Barris	ND	Água doce.	ND
Valente	Rio Itapicuru	ND	ND	ND
Vitória da Conquista	Rio Pardo	PJH - CLB - 100	Não observado. Água Doce	Boa

Cont. Quadro 2. Resultado de análise de uso e de qualidade da água, 2009.

Abreviações: ND – Não disponível; RPGA – Região de Planejamento de Gestão das Águas

Fonte: INGÁ, 2009

5.4 LEVANTAMENTO TÉCNICO DA BIODIGESTÃO

O levantamento dos dados técnicos partiu da pesquisa bibliográfica onde foram localizados os trabalhos de Quadros e outros (2009a e 2009b) realizados nos biodigestores da unidade experimental da EBDA de Jaguarari, e de um criador de caprinos, em Cacimba da Silva, ambas situadas no semiárido baiano. Outras informações técnicas foram obtidas na estação experimental da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), de Jaboticabal, e na unidade de biodigestores da fazenda Santa Rosa, em Embu, SP. Além disso, outros dados complementares foram conseguidos em Petrópolis, RJ, no sistema de tratamento de dejetos urbanos da empresa Águas do Imperador. As Figuras 40, 41, 42 e 43 registram os locais visitados. Os cálculos apresentados neste capítulo levaram em consideração a quantidade de 150 caprinos, números de animais disponíveis na unidade EBDA durante visita.



Figura 40 - Unidade Experimental da Universidade Estadual Paulista. Biodigestores Indiano. UNESP, Jaboticabal, 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009



Figura 41 - Biodigestores experimentais. Motor movido a biogás. UNESP, Jaboticabal, 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009



Figura 42 e 43 - Biodigestores e reservatório de biogás. Sistema de tratamento de dejetos urbanos da empresa Águas do Imperador, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2009.

Fonte: Elaboração própria, 2009

5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS DE ORIGEM CAPRINA

Este capítulo trata dos principais aspectos que compõe a caracterização dos dejetos caprinos para a geração do biogás e biofertilizante, e também para a conversão em créditos de carbono. Ressalta-se que essas informações servirão de base primária para a verificação dos ganhos de ordem técnica e econômica.

5.5.1 Aspectos Bioquímicos Microbiológicos e Parasitários do Afluente e Efluente

Os dados referentes aos aspectos bioquímicos, microbiológicos e parasitários dos dejetos dos caprinos foram essenciais para a análise econômica e financeira, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto qualitativo.

Quantitativamente, podem-se mensurar os ganhos com geração biogás e biofertilizante. Por outro lado, qualitativamente, esses ganhos podem vincular-se à melhoria da qualidade de vida ou diminuição dos impactos ambientais, preservação e conservação, dentre outros. Assim, parâmetros bioquímicos e microbiológicos dos dejetos e do biofertilizante analisados por Quadros e outros (2009b) estão apresentados na Tabela 6²⁷.

²⁷ Esses resultados aproximam-se das demais literaturas consultadas.

Tratando inicialmente dos elementos de controle, a redução de 50% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de 84% para a Demanda Química de Oxigênio (DQO), dos dejetos ao biofertilizante, representando maior capacidade de biodegradabilidade do efluente gerado, conseqüentemente menor impacto ambiental.

De acordo com Onwen (1979, apud ALMEIDA et al, 2008), a DQO é utilizada para estimar a produção teórica de metano (CH_4), e o potencial bioquímico do metano (BMP) em processos anaeróbios. Speece (1979, apud Almeida et al 2008) ainda informa que a produção teórica do metano assume valor sempre fixo em função da DQO, ou seja, 1 kg de DQO corresponde a $0,35\text{m}^3$ de metano convertido.

Tabela 6 - Aspectos bioquímicos e microbiológicos do dejetos e biofertilizante

Descrição	Unidade	Dejeto	Bioferti-	Varição
		Diluído (A)	lizante (B)	entre A e B (%)
Demanda bioquím. oxigênio (DBO)	mg O_2/L	1.831,0	916,0	50
Demanda quím. oxigênio (DQO)	mg O_2/L	17.808,00	2.833,0	84
Nitrogênio (N)	mg/L	721,00	557,0	23
Fósforo (P)	mg/L	33,40	28,0	16
Potássio (K)	mg/L	2.178,00	2.103,0	3
Sólidos Totais (ST)	g/L	144,00	203,0	-41
Sólidos Voláteis (SV)	g/L	83,00	171,0	-107
N- NH_3 (mg/L)	mg/L	576,00	526,0	9
pH		6,10	7,5	-22
Condutividade Elétrica – CE	dS/m (*)	5,30	5,4	-2

Fonte: QUADROS e outros, 2009b / (*) dS/m = deci Siemen/metro

Os valores das concentrações dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), contidos nos experimentos de Quadros e outros (2009b) foram considerados satisfatórios, com maiores diferenças para o Nitrogênio, 23%; seguido de 16% para o Fósforo e, somente 3% de diferencial no caso do Potássio, entre os valores encontrados nos dejetos e no fertilizante. Do

total de Nitrogênio, 80% foi encontrada na forma amoniacal²⁸ (N-NH₃) e sua perda entre o dejetos e o efluente gerado foi de apenas 9%, o que é positivo. Dados analisados por Amorim (2002) retratam que os teores destes nutrientes oriundos dos dejetos caprinos são considerados elevados em relação aos dejetos gerados por outras espécies.

Os teores médios de sólidos totais e voláteis no início e final do processo de biodigestão encontrados por Quadros e outros (2009b), apesar de diferenciarem-se dos valores encontrados em outras literaturas, como em Amorim²⁹ e outros (2004), são satisfatórios, haja vista a existência de valores bastante heterogêneos na entrada (afluente) e saída (efluente).

Os níveis de pH encontrados estão na faixa tolerável entre 6 a 8. Esta propriedade torna-se importante, pois mudanças nos níveis de pH podem afetar o desenvolvimento das bactérias responsáveis pelo processo de biodigestão e, assim, a geração de biogás. Para a condutividade elétrica não houve variações relevantes.

5.5.2 Coliformes Fecais e Totais

Segundo Amorim (2002) o resíduo que se retorna ao solo, não deverá constar de altos níveis de bactérias coliformes, pois poderá provocar doenças nos animais, diminuindo a produtividade e elevando a mortalidade. Portanto, a redução dos números de patógenos gerados no processo de biodigestão torna o indicador de Números Mais Prováveis de coliformes fecais (NMP) um importante fator de medição.

Quadros e outros (2009b) identificaram em suas análises, uma significativa diminuição de coliformes totais e fecais, de 98,7% e 98,8%, respectivamente. Observando-se as demais literaturas tratadas sobre análises caprinas, como em Amorim e outros (2004), os valores encontrados são considerados satisfatórios.

²⁸ O amoniacal oferece vantagens na absorção do nitrogênio pela planta.

²⁹ Amorim e outros (2004) mostrou uma redução de 36% dos sólidos voláteis no efluente (biofertilizante) em relação ao afluente.

5.5.3 Geração de Resíduos Agropecuários

Conhecer a quantidade de esterco produzido permite prever a produção de biogás e demais subprodutos, como a quantidade de biofertilizante, gerado para a utilização em lavouras ou pastagens e a geração de créditos de carbono.

Segundo Jardim (1997) estima-se que uma cabra produz em média 600 kg de esterco por ano. Conceituando-se como um dos adubos mais ativos e concentrados, dados comparados por Alves e Pinheiro (2002, apud MOGAMI, 2005) permitiram estimar que 250 kg de esterco de cabra equivale a 500 kg de esterco de vaca.

Para que o processo de biodigestão na utilização do esterco caprino ocorra de forma adequada, informações obtidas durante visitas a Unidade Experimental da EBDA mostraram que o resíduo apropriado é aquele originado do gado confinado no aprisco, pois esse resíduo tem uma menor incidência de contaminantes a serem lançados no biodigestor, o que garante uma melhor eficiência na geração de gases e demais subprodutos.

Neste estudo foram utilizadas as informações obtidas por Quadros e outros (2009b), que consideram um volume de 0,5 kg de dejetos/dia-cabeça, considerando que os animais foram presos à noite (QUADRO 3).

Espécie	Unidade de Referência	Quantidade de Dejetos Kg dejetos/dia-cabeça
Ovinos e caprinos	Ovelha ou cabra	0,50

Quadro 3 - Produção diária de dejetos por animal

Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

Portanto, para uma quantidade de 150 animais têm-se a produção de 75 kg de dejetos/dia. Salienta Mogami (2005) que as características dos dejetos excretados sofrem influência do clima, da estação do ano, da espécie, do grau de confinamento, do estágio de ciclo produtivo,

do ciclo reprodutivo, e principalmente da dieta alimentar³⁰. Ainda aponta que a quantidade e composição dos dejetos dependem de uma série de variáveis dentre a: quantidade e qualidade dos alimentos, peso vivo do animal, fornecimento de alimentos fibrosos como: capim, feno e silagem, dentre outros.

5.5.4 Influência da alimentação nas características dos dejetos

Mogami (2005) afirma que a qualidade da forragem torna-se um dos principais elementos na nutrição animal, pois afeta a quantidade e qualidade do dejetos, conseqüentemente, o processo de biodigestão para geração de biogás. Da ração balanceada ingerida, em média, 2/3 são digeridos, o restante gera dejetos. Ainda observou que animais com maiores consumos de matéria seca³¹ produzem maior quantidade de dejetos. Os resultados concluem que dietas com maior consumo de feno e silagem proporcionam maiores produções de fezes (contém maior concentração de sólidos voláteis e mais urina), com base na matéria natural e na matéria seca excretada.

Para Mogami (2005) estes estudos encontraram diferenças significativas entre as reduções nos teores de sólidos voláteis (degradabilidade do substrato) por conta das dietas. Animais a base de dieta de silagem apresentam maior valor de redução em relação àqueles a base de dieta composta por feno e capim. Por sua vez, Amorim (2002), em análise sobre diferentes proporções de concentrado na alimentação de cabras, verificou que animais alimentados com concentrados também geram diferenças na redução dos sólidos voláteis. Isso significa que quanto maior o concentrado, maior essa redução.

5.5.5 Manejo de dejetos de caprinos

O manejo de dejetos de caprinos é um procedimento essencial nas atividades agropecuárias, pois a sua inadequada operação poderá causar danos à população e ao meio ambiente, como possibilidades

³⁰ Dieta alimentar inclui alimentos volumosos, concentrados e suplementos. Os volumosos são alimentos que possuem teores de fibra bruta superior a 18% da matéria seca, a exemplo dos capins verdes, silagens, fenos etc. Os concentrados possuem menos de 18% de fibra bruta na matéria seca e, são denominados de protéicos (mais de 20% de proteína na matéria seca), a exemplo, tortas e farelos de algodão, soja etc., ou energéticos, como o milho, farelo de arroz e outros.

³¹ Entende-se por matéria seca, a fração do alimento excluída a umidade natural, a exemplo uma partida de grão de milho com 13% de umidade natural, possui 87% de matéria seca (EMBRAPA, 2009).

de doenças em animais e em pessoas e, contaminação da água. Tratando-se do processo de biodigestão na caprinocultura, o manejo adequado torna-se importante por evitar risco de contaminantes no biodigestor, além de garantir melhor eficiência no processo de geração do biogás.

Segundo Matos, (2001 apud MOGAMI, 2005) os dejetos podem ser manejados tanto na forma sólida (conteúdos sólidos totais), quanto na forma líquida.

Quadros e outros (2009b) afirmam que, para evitar contaminantes, os dejetos caprinos devem ser retirados dos apriscos cuidadosamente, ou seja, sem paus e pedras, e sofrer maceração, para aumentar a área superficial e propiciar melhores condições de fermentação. A seguir devem ser submersos por 24 horas em água na proporção de 1 de dejetos: 4 de água, para que as cibalas (fezes de caprino) sejam diluídas, formem o substrato homogêneo e sejam conduzidas ao biodigestor com as dimensões adequadas. Dessa forma, o manejo adequado garante a redução dos poluentes nos dejetos.

Mogami (2005) ainda relata que, no processo de biodigestão é de fundamental importância a composição correta dos dejetos, assim como, a diluição em água para a formação do substrato. Assim sendo, em uma unidade de 150 caprinos que produza mensalmente 2.250 kg de dejetos, faz-se necessário um consumo mensal de 9.000 litros de água, o que totalizam 11.250 kg de substrato. Os valores estão apresentados na Quadro 4.

Descrição	Unidade	Quantidade
Dejetos	kg /dia-cabeça	0,50
Quantidade de água	L /dia-cabeça	2,0
Água : dejetos	kg /kg	4,0
Dejetos (150 caprinos)	kg/dia	75,0
Quantidade água para (150 caprinos)	L /dia	300
Dejeto+ água (150 caprinos)	kg /dia	375
Quantidade de dejetos (150 caprinos)	kg/mês	2.250
Quantidade água (150 caprinos)	L /mês	9.000
Quantidade de substrato (150 caprinos)	kg/mês	11.250

Quadro 4. Aspectos bioquímicos e microbiológicos dos dejetos e biofertilizante, 150 caprinos

Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

5.6 DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR

Todo projeto de implantação de biodigestor tem como condição primária a determinação do seu dimensionamento. Dimensionar o biodigestor significa especificar, dentro de cada limite de produção de dejetos, o tamanho ideal para a transformação desses na geração de biogás e biofertilizante.

Tratando-se do modelo de biodigestor canadense ou da marinha (biodigestor de manta de PVC flexível), o método mais prático para o dimensionamento está no volume de geração de biogás, ou seja, o produto entre a carga diária de dejetos produzidos e o tempo de retenção (WINROCK, 2008).

Para calcular a carga diária, faz-se necessário especificar a média de esterco gerado pela quantidade de animal disponível, somando-se com a quantidade de água. Para uma quantidade de 150 caprinos, sabendo que cada animal, preso à noite, produz 0,5 kg de dejetos diariamente, a massa média de dejetos será de 75 kg e o volume de água de 0,300m³. Assim o volume de carga de substrato será de 375 kg/dia.

Considerando-se o tempo de retenção hidráulica para caprinos de 45 dias, o volume calculado do biodigestor para 150 caprinos é de aproximadamente 17m³. Após mensuração do volume do biodigestor, as demais especificações dimensionais (profundidade, comprimento maior e menor, largura maior e menor e área total) servem para cálculos de construção da alvenaria e aquisições de material (manta). Os valores calculados do volume dos biodigestores em diversas quantidades de caprinos, assim como suas respectivas áreas totais e, os materiais que compõem o biodigestor, encontram-se no apêndice desta dissertação.

5.7 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

A análise da composição do biogás, através dos teores percentuais de gases, permite mensurar economicamente, os ganhos a serem gerados pela concentração dos mesmos, assim como, os

níveis de emissões de gases poluidores evitados convertidos em redução de impactos ambientais e de rendimentos monetários nos mercados de créditos de carbono.

Tecnicamente, alguns fatores podem influenciar nessa composição, por exemplo, a natureza do dejetos do animal a ser fermentado, as diferenciações segundo características físicas, químicas e biológicas resultante da composição da dieta e do tipo de manejo dos dejetos (SOUZA, 2001). Na Tabela 7, apresenta-se a composição do biogás a partir das concentrações dos gases, mensurados nos estudos de Quadros e outros (2009b).

Tabela 7. Biogás de Caprinos – Análise dos teores de gases presentes

Composição dos Gases	Média Percentual (%)	Faixa (%)
Metano (CH ₄)	58,00	50 - 70
Oxigênio (O ₂)	2,80	1 - 3
Nitrogênio (N ₂)	5,00	0 - 10
Vapor de Água (H ₂ O)	0,00	0 - 0,3
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0,00	0 - 1

Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

Os valores encontrados foram satisfatórios, mediante a faixa encontrada nos estudos realizados em biodigestores por batelada tratando dejetos de caprino por Amorim e outros (2004).

Os valores apresentados por Quadros e outros (2009b) pouco diferem em relação a outros estudos já realizados. Mogami (2005) relata que, para as diferentes dietas aplicadas, não há diferenças significativa na concentração de metano no biogás. Por sua vez, Amorim (2002) reporta a variabilidade da concentração de metano sobre as diversas estações do ano, sendo que os melhores desempenhos encontram-se nas estações de outono e verão.

Van Soest (1994 apud AMORIM, 2002) ainda apresenta resultados que evidenciam em animais adultos uma fermentação mais eficiente, em comparação com jovens, causada por uma melhor otimização do nitrogênio. Entretanto, o teor de nitrogênio nos dejetos também depende de outros fatores, principalmente, da dieta alimentar.

5.8 TEMPERATURA

As análises realizadas em diversos estudos constataram uma relação direta entre o nível de temperatura do biodigestor e a geração do biogás.

Sganzerla (1983) afirma que a temperatura é um dos fatores de maior importância para a geração do biogás e deve estar entre 28° e 35°C, faixa mais favorável ao crescimento de microorganismos anaeróbios. Temperaturas abaixo de 25° mostram uma acentuada diminuição da produção de biogás.

Apesar de não ter havido um controle da temperatura durante os experimentos no biodigestor realizados no semiárido por Quadros e outros (2009b), considerou-se que o processo aconteceu numa faixa de temperatura entre 30° e 35°C, típica do ambiente semiárido.

5.9 PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO BIOGÁS - PODER CALORÍFICO E DENSIDADE DO BIOGÁS

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia por unidade de massa ou por unidade de volume, que é liberada na oxidação ou queima de um combustível. Por sua vez, a densidade é a relação da massa por unidade de volume.

Coldebella (2006) reporta que a utilização do biogás como recurso energético deve-se principalmente ao metano (CH₄), que quando puro tem uma densidade de 0,97 kg/m³ e, em condições normais de pressão (1 atm) e temperatura (0°C), tem um poder calorífico de 9,9 kWh/m³.

Segundo Almeida e outros (2008), o poder calorífico do biogás sofre variações de acordo com a concentração de metano e está diretamente condicionado às características do resíduo e das condições aplicadas no processo de biodigestão.

Quadros e outros (2009a) adotaram os valores encontrados por Magalhães (2004) e apontaram o poder calorífico no biogás entre 7,3 kWh/kg e 11,86 kWh/kg, para uma faixa de

concentração de metano entre 67% a 85%, e densidade de 0,88 kg/m³ e 0,71 kg/m³, respectivamente.

5.10 PRODUÇÃO DO BIOGÁS

Sabe-se que do desenvolvimento adequado das bactérias anaeróbicas, durante o processo de biodigestão, resulta-se no biogás. Portanto, para a mensuração dos ganhos econômicos, algumas variáveis de ordem técnica são fundamentais.

ISAT (1988, apud MOGAMI, 2005) ressaltou que a máxima geração de biogás dependerá do tipo dos dejetos e substrato, que poderá variar de acordo com o tipo de animal ou de dieta alimentar aplicada. Por sua vez, Lucas Junior (1994) reforçou apontando que para cada tipo de matéria obtém-se uma produção diferente de biogás. Fatores como sistema de cultivo, criação e quantidade de animais são essenciais para a geração de ganhos em eficiência de produção.

Amorim (2002) também citou que a produção do biogás oriundo de dejetos de ruminantes pode sofrer variações entre aqueles provenientes exclusivamente em pastagens, daqueles que recebem alimentos concentrados.

Mogami (2005) reforçou a influência da dieta na produção volumétrica de biogás a partir de dejetos caprinos. A dieta a base de silagem inicialmente produziu um maior volume diário de biogás que as dietas a base de feno e capim. No entanto, após algumas semanas, a produção total volumétrica do biogás foram maiores nos biodigestores abastecidos com substrato a base de feno e capim, equivalendo-se no final do período de biodigestão.

Para Amorim (2002), a melhor maneira de indicar o potencial de biomassa em projetos de biodigestores é através da quantidade de sólidos totais, pois exclui o teor de água existente.

Na quantificação da capacidade de produção, Quadros e outros (2009b) determinou que cada kg de dejetos caprino gera 0,061 m³ de biogás, considerando biodigestor de manta de PVC flexível.

5.10.1 Determinação do volume de produção de biogás e cálculo dos potenciais de produção

A determinação do volume de produção do biogás depende da produção de dejetos por animal, de substrato, dos sólidos totais e voláteis adicionados nos biodigestores, e da quantidade de animais. Neste caso, para 150 cabeças de caprino em confinamento noturno, sabendo-se que cada animal produz 0,5 kg de dejetos por dia (preso a noite) e que se gera 0,061 m³ de biogás/kg de dejetos, estima-se uma produção de 1.669,90 m³ de biogás/ano³².

O Quadro 5 apresenta a equivalência energética para um m³ do biogás em relação às diversas fontes de energia demonstrada por Winrock (2008) e Magalhães e outros (2004). Os dados apresentados mostram a possibilidade de substituição do biogás em diversas fontes de energia. Dentre elas, a lenha e a eletricidade são as fontes de maior valor, seguidas pelo álcool, carvão, gasolina, querosene, diesel e o GLP.

Fonte de Energia	Equivalência Energética de
Gasolina	0,61 litro
Querosene	0,58 litro
Diesel	0,55 litro
Álcool	0,79 litro
GLP	0,45 kg
Carvão	0,74 kg
Lenha	1,50 kg
Eletricidade	5,50 kWh

Quadro 5 - Equivalência energética do biogás.
Fonte: WINROCK, 2008 e MAGALHÃES, 2004

Nota-se que, no semiárido, o uso de querosene para iluminação e da lenha utilizados para preparação de alimentos nestas localidades causam, além da poluição do ar dentro de casa, diversos problemas à saúde.

A lenha, apesar de ser uma fonte de calor muito comum para a cocção, é um recurso que deve ser preservado, pois o desmatamento nestas localidades causa mais seca, perda da qualidade

³² Os valores de produção do biogás para demais médias de caprino encontram-se no apêndice.

do solo e demais danos ao meio-ambiente. Além disso, o uso de pilhas e baterias para uso em aparelhos de rádio representam um custo elevado e um risco ao meio-ambiente, quando descartadas inadequadamente (QUADROS et al. 2009b).

5.10.2 Uso do biogás como alternativa das fontes energéticas convencionais

O biogás pode gerar energia elétrica, térmica ou mecânica, o que viabiliza economia de recursos por conta da substituição das energias convencionais. O Quadro 6 apresenta o consumo de biogás por aparelho de acordo às observações realizadas por Coldebella (2006). Entretanto, por tratar-se de um gás que opera em baixa pressão, em alguns casos, faz-se necessária a adaptação dos aparelhos (COLDEBELLA, 2006).

Uma das principais funções do biogás em comunidades rurais é a sua utilização como substituto do gás de cozinha. Geralmente, a maioria das áreas rurais sofre a escassez de fontes energéticas, quer seja para uso próprio ou produtivo.

Tipo	Aisse e Obladem	Metalúrgica Jackwall Ltda
Lampião (100 velas)	0,12 m ³ /hora	0,13 m ³ /hora
Fogão	0,33 m ³ /dia-pessoa	0,32 m ³ /hora
Forno (fogão doméstico)		0,44 m ³ /hora
Geladeira (Média)		2,20 m ³ /dia
Chuveiro	0,33 m ³ /pessoa-dia	0,80m ³ /banho
Incubadeira	0,71 m ³ /hora	0,60 m ³ /hora
Motor Combustão Interna	0,45 m ³ /HP-h	0,45 m ³ /HP-h

Quadro 6 - Consumo de biogás por aparelho

Fonte: AISSE e OBLADEM, 1982, apud DANIEL, 2005; METALÚRGICA JACKWALL Ltda, 1983; SGANZERLA, 1983, apud COLDEBELLA 2006

As dificuldades encontradas na condução do botijão de gás de cozinha até às comunidades rurais do semiárido baiano, fazem com que o preço dessa aquisição seja significativamente elevado, propiciando assim, o uso da lenha.

Segundo Quadros e outros (2009a) um botijão de 13 kg de GLP corresponde a 33 m³ de biogás. Para uma família composta por quatro pessoas, que usa biogás para cocção, durante duas horas e meia por dia, em um fogão que consome 0,44 m³ de biogás/hora, queimaria um total de 33 m³ de

biogás/mês, ou seja, o equivalente a um botijão de GLP por mês. Anualmente esse consumo de biogás chegaria a 385 m³. Os cálculos podem ser verificados no Quadro 7. Assim, um biodigestor alimentado por um rebanho de 150 caprinos gera mensalmente 137m³ de biogás, o que corresponderia a aproximadamente quatro botijões de gás.

Consumo de Biogás por família		
Consumo de biogás para cocção por família	m ³ /hora	0,44
Tempo para cocção	horas/dia	2,5
Consumo de biogás para cocção por dia	m ³ /dia-família	1,1
Consumo de biogás para cocção por mês	m ³ /mês-família	33,0
Consumo de biogás para cocção por ano	m ³ /ano-família	385

Quadro 7 - Cálculo de consumo da família de biogás para cocção
Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009a

Diversas pesquisas também revelam ganhos do uso do biogás como gerador de energia elétrica. Tratando-se das unidades rurais, o afastamento entre as localidades, torna o acesso à energia elétrica convencional algo oneroso e de difícil implantação. Para as fazendas de caprinocultura, essa geração representa, além da economia no consumo de energia elétrica convencional, soluções para o descarte de seus resíduos, contribuindo assim na redução dos seus impactos ambientais.

A Tabela 8 apresenta informações referentes aos domicílios, consumo de eletricidade e as unidades rurais energizadas dos 34 municípios estudados. Nela, as unidades rurais representam apenas 38% do total de todos os domicílios e 11% do total das unidades energizadas³³, e consomem aproximadamente 26% do total de energia, que alcança a 429.000 MWh/ano.

Do total de unidades energizadas, as unidades rurais representam um percentual muito baixo. Isso significa que 80% dos municípios, possuem menos de 20% de unidades rurais com acesso a energia elétrica. Destacam-se com os piores índices, os municípios de Campo Alegre de Lourdes, Canudos, Filadélfia, Jussara, Pilão Arcado, Remanso e Sento Sé, com menos de 5%.

Tratando-se do total da energia elétrica fornecida, as unidades rurais de 26 municípios consomem menos de 20%. Apenas os municípios de Anagé, Barreiras, Bom Jesus da Lapa, Casa Nova, Curaçá, Ponto Novo, Sento Sé e Sobradinho, possuem um consumo superior a 30%.

³³ Inclui unidades urbanas e rurais.

Tabela 8 - Consumo de eletricidade e unidades com acesso a rede elétrica, 2008

Dados Gerais			Consumo Energia Elétrica (2)					Unidades Energizadas (2)		
Município	Total de unidades (urb. e rurais)	Unidades rurais	Consumo Rural	Consumo de energia / unidade rural energizada	Consumo Rural (%)	Eletricidade gerada pelo biogás kWh/ano	Consumo de energia por unid.rural/eletric.gera	Unidades Rural Energizadas	Unidades Rurais Energizadas (%)	Unidades Rurais e Urbanas Energizadas (%)
Anagé	6.776	5.467	2.197.393	2.315	41	7.041	33	949	17	14
Andorinha	4.252	2.497	211.493	535	9	4.592	12	395	16	9
Antônio Gonçalves	2.831	1.389	68.869	514	4	25.900	2	134	10	5
Barra	10.475	5.689	583.549	1.560	8	29.390	5	374	7	4
Barreiras	34.513	3.487	114.502.114	117.438	69	2.878	4081	975	28	3
Bom Jesus da Lapa	14.765	4.657	52.649.181	53.724	78	7.409	725	980	21	7
Cpo.Alegre Lourdes	6.890	5.258	51.185	346	2	3.857	9	148	3	2
Campo Formoso	16.588	10.192	993.856	1.637	8	4.776	34	607	6	4
Cansanção	8.375	5.419	354.352	765	7	5.694	13	463	9	6
Canudos	3.805	1.783	50.335	2.517	2	3.490	72	20	1	1
Casa Nova	15.721	7.794	56.638.611	127.852	86	2.694	4.746	443	6	3
Curaçá	8.182	4.882	40.293.406	93.706	89	3.674	2.551	430	9	5
Euclides da Cunha	15.047	7.778	935.846	637	8	2.021	32	1.468	19	10

Cont. Tabela 8 - Consumo de eletricidade e unidades com acesso a rede elétrica, 2008.

Dados Gerais			Consumo Energia Elétrica (2)					Unidades Energizadas (2)		
Município	Total de unidades (urb. e rurais)	Unidades rurais	Consumo Rural	Consumo de energia / unidade rural energizada	Consumo Rural (%)	Eletricidade gerada pelo biogás kWh/ano	Consumo de energia por unid..rural/ eletric.gerada pelo biogás (%)	Unidades Rural Energizadas	Unidades Rurais Energizadas (%)	Unidades Rurais e Urbanas Energizadas (%)
Feira de Santana	ND	ND	13.023.698	2.598	6	1.837	141	5.013	ND	ND
Filadélfia	4.352	1.930	95.624	1.471	4	4.776	31	65	3	1
Guanambi	20.648	4.364	3.091.053	1.314	13	1.592	83	2.353	54	11
Jaguarari	8.307	3.940	304.752	738	4	2.939	25	413	10	5
Jequié	41.070	3.307	3.114.416	3.133	6	25.043	13	994	30	2
Jeremoabo	10.021	5.235	1.315.123	4.084	17	6.735	61	322	6	3
Juazeiro	ND	ND	106.223.375	2.065	15	6.062	34	51.445	ND	ND
Jussara	3.956	1.415	183.259	3.899	7	3.857	101	47	3	1
Monte Santo	13.714	11.416	591.246	643	9	2.449	26	920	8	7
Oliveira Brejinhos	5.968	4.166	485.374	677	13	3.061	22	717	17	12
Paulo Afonso	28.134	3.826	4.570.583	8.480	11	2.755	308	539	14	2
Pilão Arcado	7.590	5.266	77.090	410	3	2.082	20	188	4	2
Pintadas	2.755	1.356	145.821	1.326	9	3.551	37	110	8	4

Cont. Tabela 8 - Consumo de eletricidade e unidades com acesso a rede elétrica, 2008.

Dados Gerais (1)			Consumo Energia Elétrica (2)					Unidades Energizadas (2)		
Município	Total de unidades (urb. e rurais)	Unidades rurais	Consumo Rural	Consumo de energia / unidade rural energizada	Consumo Rural (%)	Eletricidade gerada pelo biogás kWh/ano	Consumo de energia por unid..rural/eletric.gerada pelo biogás	Unidades Rural Energizadas	Unidades Rurais Energizadas (%)	Unidades Rurais e Urbanas Energizadas (%)
Ponto Novo	3.959	1.660	5.767.731	40.618	70	3.123	1.301	142	9	4
Remanso	9.918	4.254	336.336	7.822	5	3.857	203	43	1	0
Senhor do Bonfim	20.064	4.688	839.467	2.023	4	22.165	9	415	9	2
Sento Sé	8.433	3.660	4.309.800	37.805	46	4.102	922	114	3	1
Sobradinho	5.526	543	2.451.110	12.379	29	6.307	196	198	36	4
Uauá	6.613	3.866	164.241	513	3	5.143	10	320	8	5
Valente	6.390	2.855	129.124	817	3	1.653	49	158	6	2
Vitória da Conquista	ND	ND	11.930.989	2.990	10	3.796	79	3.990	ND	ND
Total	355.638	134.039	428.680.402					75.892		

Cont. Tabela 8 - Consumo de eletricidade e unidades com acesso a rede elétrica, 2008.

Obs.: ND Não disponível

Fonte: IBGE, 2007; COELBA, 2008

Considerando o consumo de eletricidade por unidade rural e a eletricidade gerada pelo biogás, segundo a média de caprinos por unidade rural dos municípios estudados, nota-se que o uso do biogás como fonte alternativa de energia elétrica, atenderia em mais de 70% dessas unidades. As exceções ficariam para os municípios de Casa Nova, Curaçá, Remanso, Sento Sé, Paulo Afonso, Sobradinho, Bom Jesus da Lapa, Feira de Santana, Ponto Novo e Barreiras, nos quais o biodigestor serviria como fonte complementar para geração de eletricidade.

Quadros e outros (2009b) apontam a geração de energia elétrica via biodigestor como uma boa opção para as comunidades rurais, sendo o valor de conversão é de 5,5 kWh/m³ de biogás, citado por Magalhães e outros (2004). Contudo, ressalta-se que o mesmo poderá variar, de acordo com o tipo de equipamento utilizado, caso o mesmo não seja para uso específico do biogás. A eficiência depende também do tipo do motor utilizado, embora, na maioria dos casos, os motores adaptados não têm este rendimento previsto.

Ainda tratando-se da eficiência dos equipamentos movidos a biogás, Carvalho e Nolasco (2006), afirmam que mesmo com o uso de equipamentos adaptados, há viabilidade técnica e financeira no uso do biogás para a geração de energia térmica ou elétrica, sendo os custos de aquisição e manutenção compensados a curto prazo.

Baseado na quantidade de 150 caprinos, e considerando a equivalência energética de 5,5 kWh/m³ de biogás, estimou-se uma geração de 754,88 kWh/mês.

Para a transformação do biogás em energia elétrica se faz necessário o uso do moto-gerador. O Quadro 8, mostra a conversão de energia, considerando o fator listado por Quadros e outros (2009b), para conversão de biogás em eletricidade de 5,50 kWh/m³ de biogás para um moto-gerador que transforma 0,37 m³ de biogás em 1 CVh (SOUZA, 2004).

ENERGIA PRODUZIDA COM MOTO-GERADOR		
Fator de conversão	CVh / kWh	0,746
Fator de conversão	kWh / CVh	1,341
Biogás-conversão em Eletricidade	kWh/m ³ biogás	5,5
Produção do motor-gerador	m ³ biogás/CVh	2,70

Quadro 8 - Cálculo de conversão de biogás em energia elétrica

ENERGIA PRODUZIDA COM MOTO-GERADOR		
Produção do moto-gerador	kWh /m ³ biogás	2,02
Eficiência do moto-gerador	%	37%

Cont. Quadro 8 - Cálculo de conversão de biogás em energia elétrica

Fonte : Elaboração própria segundo SOUZA, 2004 e QUADROS e outros , 2009

Souza (2004, apud COLDEBELLA, 2006) apontou que a eficiência de transformação de biogás em energia elétrica é dada pela razão entre a energia produzida pela equivalência de 1m³ de biogás.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Energia Produzida kWh/m}^3 \text{ biogás}}{5,5 \text{ kWh/m}^3 \text{ biogás}} \times 100 \quad (1)$$

Calculou-se a eficiência de geração de energia, de acordo com o valor atribuído por Quadros e outros (2009a) para o consumo do motor. Na estimativa foi usado o fator de 1 CVh equivalente a 0,746 kWh.

O valor da eficiência do moto-gerador foi estimado em 37% que, a pesar de ser baixa, se aproxima da faixa mencionada por Santos (2000, apud COLDEBELLA, 2006) em que reporta que os grupos moto-geradores movidos a biogás geralmente apresentam eficiência entre 25% a 38%.

Outro uso do biogás como uma fonte alternativa de energia é na irrigação das lavouras ou no fornecimento doméstico. A necessidade de se produzir cada vez, com menores impactos ambientais, vem exigindo uma agricultura mais especializada. A irrigação gera ganhos em produtividade, reduz riscos de produção e, principalmente, é imprescindível no manejo racional do uso da água.

Em locais onde há problemas de disponibilidade hídrica, como no semiárido baiano, o manejo hídrico pode ser uma solução para a garantia de uma melhor utilização e aproveitamento da água.

No caso de unidades que dispõem de biodigestores instalados, o biogás gerado pode ser usado como combustível de moto-bomba. Este sistema tem um motor a explosão, alimentado a biogás, acoplado a uma bomba que joga água ou biofertilizante nas pastagens e outras culturas agrícolas.

Canafistula e outros (2008) em seus estudos com biodigestores modelo indiano, no semiárido baiano, usou o biogás como combustível de moto-bomba, na irrigação da lavoura. O consumo de biogás para movimentar um motor de 6 CV, acionando uma bomba centrífuga que operava a 9 m³/h de vazão e uma pressão de 23 m de coluna de água, está indicado no Quadro 9.

Origem do biogás	Consumo da moto-bomba ³⁴ (m ³ de água / m ³ de biogás)	Área irrigada (m ² de área / m ³ de biogás)
Dejetos de ovino /caprino	13,34	3.000

Quadro 9 - Consumo específico de água para irrigação

Fonte: Elaboração própria segundo CANAFISTULA e outros, 2008

Com este tipo de equipamento, para a irrigação diária de uma pastagem de gramínea³⁵ de 2 ha, é necessário aproximadamente 10m³ de biogás/dia o que representa aproximadamente um rebanho de 326 caprinos presos à noite.

5.11 PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

O biofertilizante é um produto muito importante do processo de biodigestão, pois pode ser utilizado para fertilização das forragens ou substituir o adubo sintético nas áreas de cultivos.

Os dados levantados serviram de base para estimar a equivalência do biofertilizante em fertilizante convencional, nas principais composições. Assim, levantou-se dados de concentração de nutrientes nos biofertilizantes, produção de biofertilizante por unidade animal, relação C/N (carbono e nitrogênio) e das composições do fertilizante comercial.

5.11.1 Concentração de Nutrientes (NPK) no biofertilizante

O Quadro 10 mostra os valores de concentração dos macronutrientes apresentados por Quadros e outros (2009b). Para a realização dos cálculos de conversão do biofertilizante, tomou-se a concentração em kg/ano considerando 150 caprinos que geram 375 l/dia de biofertilizante.

³⁴ Para esse cálculo considerou-se que 1,45m³ de biogás bombeia 19,35m³ de água

³⁵ Para irrigação de gramínea é necessário o uso de 64,8m³ de água por ha

Para Sganzerla (1983), o biofertilizante também apresenta níveis de pH de 7,5 que funciona como corretor de acidez³⁶. Valor esse também encontrado nos experimentos de Quadros e outros (2009b) no semiárido baiano.

NUTRIENTE	VALOR DO NUTRIENTE	
	mg/L	kg/ano
Nitrogênio - N	639	87,46
Fósforo - P	30,5	4,24
Potássio - K	2.141	293,05

Quadro 10 - Concentração e produção de nutrientes presentes no biofertilizante
Fonte : Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

Os testes realizados por Quadros e outros (2009b) mostraram que cada animal produz em média 2,5 l/dia de biofertilizante, o que chegaria a um valor de quase 1.000 l/ano-animal. Os testes também permitiram evidenciar alta qualidade do biofertilizante, devido a menor relação de carbono e nitrogênio, ocorrida da perda do carbono com a geração de metano e dióxido de carbono Kiehl (1985, apud CANAFISTULA et al., 2008) reafirmou que uma menor relação entre carbono e nitrogênio no biofertilizante, permite maior aceleração na decomposição do material orgânico.

Dentre os fertilizantes convencionais usados para adubação de culturas agrícolas e pastagens , tem-se: sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, fonte de nitrogênio, óxido de potássio (K_2O), fonte de potássio e superfosfato simples (P_2O_5), de fósforo. A Tabela 9 apresenta a composição dos principais fertilizantes convencionais para conversão de ganhos com o biofertilizante.

Tabela 9. Composição dos fertilizantes convencionais

COMPOSIÇÃO DO FERTILIZANTE CONVENCIONAL	
	%
Sulfato de Amônio - % de Nitrogênio	20,00
Uréia - % de Nitrogênio	46,00
Fosfato Simples Puro - % de P_2O_5	43,60

³⁶ Níveis alto de pH dificultam a multiplicação dos fungos patogênicos. Para o desenvolvimento das plantas, o pH dever ser neutro.

Cont. Tabela 9. Composição dos fertilizantes convencionais

COMPOSIÇÃO DO FERTILIZANTE	
CONVENCIONAL	%
Fosfato Simples Puro - % de P ₂ O ₅	43,60
Superfosfato Simples - % de P ₂ O ₅	18,00
Óxido de Potássio Puro - % de K ₂ O	83,00
Cloreto de Potássio - % de K ₂ O	58,00

Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009a

A Tabela 9 mostra a equivalência percentual de concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, disponíveis nos fertilizantes convencionais. Através destes dados foi possível realizar a conversão desses teores no biofertilizante. Portanto, o fertilizante convencional de sulfato de amônio, contém-se de 20% de nitrogênio ou 46% deste nutriente no fertilizante de uréia. Para os fertilizantes superfosfato simples e de cloreto de potássio é possível encontrar os teores de 18% e 58% de fósforo e potássio, respectivamente.

O Quadro 11 expõem-se os valores referentes à concentração de nutrientes, convertida nos adubos sintéticos de uréia, superfosfato simples e óxido de potássio, considerando-se uma produção de biofertilizante em uma unidade com 150 caprinos.

Fertilizante convencional	Quantidade de Nutrientes no Biofertilizante
Sulfato de amônio - 20% de Nitrogênio	437,32
Uréia - 46 % de Nitrogênio	190,14
Fosfato simples puro - 43% de P ₂ O ₅	9,72
Superfosfato simples - 18 % de P ₂ O ₅	54,01
Óxido de potássio puro - 83 % de K ₂ O	353,01
Cloreto de potássio - 58 % de K ₂ O	608,64

Quadro 11 - Produção de biofertilizante para um rebanho de 150 caprinos

Fonte: Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

Os números apresentados representam a quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio presentes no biofertilizante, convertidos em kg de componentes sintéticos de uréia,

superfosfato simples e cloreto de potássio, considerando-se os referenciais de concentração de nutrientes do biofertilizante.

5.11.2 Fatores que interferem o uso do biofertilizante no solo

Não é possível tratar da eficiência de produção do biogás sem levar em consideração a relação direta entre essa geração e os fatores que interferem o manejo adequado do biofertilizante no solo. O uso direto desse efluente nas pastagens garante a produção das forragens, que servem como alimento animal, e, por conseguinte, a geração dos dejetos a serem utilizados para a formação do biogás e demais subprodutos. Isso permite ratificar a relação direta entre a qualidade do solo e o rendimento de matéria seca gerada para composição da dieta dos animais e formação do biogás.

Neste sentido, o biofertilizante é visto como um composto orgânico de grande importância, pois garante a devolução dos nutrientes retirados do solo em melhores propriedades (redução de contaminantes) em relação às demais formas de adubação.

Fries e Aita (1990, apud QUADROS et al., 2009b) mencionam que devido a uma maior concentração de nutrientes, o biofertilizante gera maiores rendimentos de matéria seca em relação à aplicação direta do esterco, isso significa aumento da produção de forragens para alimento animal³⁷ e, conseqüentemente, maior produção de energia. Validados nos experimentos, Quadros e outros (2009b) confirmaram que o mesmo ocorre com os níveis de nutrientes na matéria verde.

Tratando-se ainda sobre o manejo adequado no solo, é importante ressaltar que o uso do biofertilizante requer o monitoramento de outros fatores. Dentre as variáveis destaca-se a relação entre qualidade da água, solo e cultura.

Tratando-se da determinação de limite de área de absorção do biofertilizante, Corrêa (2007) ressalta que a dose de biofertilizante a ser utilizada na cultura agrícola deverá levar em consideração a análise do solo, a quantidade de nutrientes absorvidos e exportados pela

³⁷ Já que a porção nutritiva está contida na matéria seca, assim como a definição do consumo de alimentos dos animais, esse mensurador também deve ser tratado com grande relevância.

cultura de interesse e a composição química do biofertilizante. Desta forma, apresenta a formulação de que a quantidade do nutriente é igual ao produto da quantidade exigida do nutriente pela cultura menos a quantidade do nutriente no solo pela eficiência de disponibilidade do nutriente pelo biofertilizante.

Coldebella (2006) afirma que a identificação da quantidade de área necessária de absorção do biofertilizante deve ser feita, através da quantificação do nitrogênio gerado pelo processo de biodigestão, pois o mesmo deverá ser aplicado ao solo, considerando como limite de incorporação 160kg N/ha/ano. Ainda Dartora e outros (1998 apud COLDEBELLA, 2006) sugerem que em uma cultura de milho a absorção adequada de biofertilizante é de aproximadamente 60m³/ha/ano. Para culturas de estações frias, essa quantidade seria de aproximadamente de 15m³/ha/ano.

5.12 CRÉDITOS DE CARBONO NA CAPRINOCULTURA

Para compreender a potencialidade da geração de créditos de carbono na caprinocultura se faz necessário o levantamento de alguns parâmetros para estimação das emissões evitadas dos gases causadores do efeito estufa. Dentre eles, a produção e densidade do biogás, além da composição e concentração destes gases (GEE).

Como metodologia de cálculo, primariamente atribui-se valores pré-definidos de potencial de aquecimento para cada tipo de gás. Esses valores são comparados com o potencial de aquecimento do dióxido de carbono e, assim, determina-se a quantidade de dióxido de carbono equivalente. O dióxido de carbono equivalente é o produto das toneladas emitidas dos GEE pelo seu potencial de aquecimento global. O Quadro 12 apresenta esses valores sobre os principais gases gerados no processo de biodigestão.

Tipo de gás	Valor
Dióxido de Carbono - CO ₂	1
Metano - CH ₄	21
Óxido Nitroso - N ₂ O	310

Quadro 12. Potencial de aquecimento
Fonte: Elaboração própria, 2009

A redução de 1 tonelada de dióxido de carbono corresponde a um crédito de carbono a ser negociado no mercado de bolsas de crédito de carbono. O Quadro 12 mostra que o dióxido de carbono equivalente do metano (principal gás gerado pelo biodigestor) é 21. Significa que 1 tonelada de metano reduzido corresponde ou equivale a 21 créditos de carbono. O mesmo ocorre com o óxido nitroso, outro gás também gerado no processo de biodigestão, porém em menor quantidade. Esses dados são necessários para a conversão dos gases gerados pelo processo de biodigestão em créditos de carbono e sua conversão, em ganhos econômicos.

O Quadro 13 apresenta o cálculo de conversão do biogás em crédito de carbono (redução de CO₂ equivalente), baseado nos parâmetros abordados por Quadros e outros (2009a). Os dados foram calculados, para uma produção de biogás de 150 caprinos³⁸.

A tabela mostra que para uma unidade de 150 animais, se produz anualmente aproximadamente 1.669,9 m³ de biogás, gerando 87 toneladas de dióxido de carbono equivalente anualmente, ou seja, 87 créditos de carbono.

Conversão em Créd. de Carbono	Unidade	Valor/Especificação
Número de animais caprinos	unid	150
Produção de Biogás	m ³ /ano	1.669,9
Densidade do biogás	kg/m ³	0,97
Concentração de metano	%	58,0
Produção de metano (150 caprinos)	kg/ano	939,50
Redução (vezes) de GEE na queima – CH ₄	CH ₄	21-1 = 20
Redução (vezes) de GEE na queima – N ₂ O	N ₂ O	310-1= 309
Redução de CO ₂ equivalente	ton/ano	87,00

Quadro 13 -. Valores de conversibilidade de gases gerados em crédito de carbono
Fonte : Elaboração própria segundo QUADROS e outros, 2009b

Assim, este levantamento técnico permitiu agrupar uma série de informações pertinente a formação dos produtos gerados pelo processo de biodigestão no aproveitamento dos dejetos caprinos. Tais dados servirão de base para a realização do estudo de viabilidade técnica e econômica na implantação dos biodigestores no semiárido baiano.

³⁸ Os valores para as demais médias de caprino encontram-se no apêndice desta dissertação

5.13 LEVANTAMENTO DE DADOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS

Em uma análise de investimento, existem várias situações que interferem na tomada de decisão. Como em quaisquer empreendimentos, o objetivo é conseguir obter o máximo de lucro. Os empreendedores tentam identificar, antecipadamente, o grau dessa eficiência de maximização. Em muitos casos essa análise se resume a uma previsão do tempo de retorno do capital, através da contabilização dos custos e dos benefícios gerados em relação ao investimento realizado.

Entretanto, para diminuir o grau de incertezas, o processo de avaliação econômica poderá envolver outras metodologias. Tratando-se de uma análise mais apurada, é possível elencar três etapas: a determinação dos ganhos decorrente dos ativos, expressos em projeção de receitas ou ganhos; o conhecimento da taxa de mercado ou do custo de financiamento, e, finalmente, a aplicação de técnicas de avaliação, entre esses, ganhos e receitas e taxas de mercado.

Dentre os principais métodos de avaliação de projeto, é possível citar a relação benefício e custo (B/C), o valor presente líquido (VPL), a taxa de retorno decorrente do investimento feito (TIR) e o período necessário para a recuperação do investimento inicial (*payback*). Todos esses serviram de base para a análise de viabilidade econômica.

5.13.1 Análise da relação benefício vs. custo

É um método prático utilizado para comparar as entradas com os resultados. Pode ser também definido como uma ferramenta analítica para tomada de decisão ou avaliação de projetos de investimentos, na qual se compara os benefícios (resultados) e os custos (entradas). São os benefícios versus custos que inicialmente possibilitam a aprovação de um projeto, portanto avaliá-los é uma etapa importante na análise de viabilidade econômica. Partindo dessa premissa, leva-se as escolhas de projetos com benefícios significativos e baixos custos. Ressalta-se que para essa classificação, a relação benefício versus custos deve ser maior que 1.

5.13.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Bruni (2008) o método VPL tem como finalidade valorar, sob condições presente, o impacto dos resultados futuros associado a um projeto, através da medição dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil. Seu objetivo visa determinar a viabilidade do negócio, identificando os melhores a serem investidos. Sem restrições ao capital, esse critério tenderá a uma ótima escolha, maximizando o valor da empresa.

O cálculo do VPL é determinado a partir da soma dos desembolsos e receitas de um investimento referido ao instante inicial. O valor presente de seus fluxos de entrada de caixa é subtraído do investimento inicial, e o resultado, descontado a uma taxa de desconto denominada de taxa de atratividade ao investimento. Isso significa a mínima taxa de atratividade ao investimento ao qual o investidor estaria disposto a aplicar no projeto. Se pelo método, o valor do VPL for maior que zero, esse fato indica que os fluxos futuros trazidos e somados a valor presente superam o investimento inicial. Logo, o projeto de investimento é considerado aceitável. O VPL corresponde ao saldo final do investimento a valor presente, calculado na análise do payback descontado.

5.13.3 Método *Payback*

Payback é o método que mede o tempo necessário para se ter de volta o capital investido, considerando-se o efeito do custo do capital. Também é conhecido como *payback* descontado. Esse indicador financeiro serve como sinalizador do risco do investimento, ou seja, quanto tempo se faz necessário para se obter o capital investido de volta. Projetos com *payback* pequenos são menos arriscados, uma vez que se tem um período menor de recuperação do capital investido, ficando menos susceptível às flutuações do mercado.

5.13.4 Taxa interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno, o método TIR é uma medida de viabilidade de grande aceitação. Representa uma taxa de desconto que iguala ao VPL de um projeto em estudo a zero, ou seja, o valor do custo do capital que torna o VPL nulo. Corresponde a uma taxa que remunera o

valor investido do projeto. Para um TIR maior que a taxa mínima de atratividade, o projeto poderá ser viabilizado.

5.14 PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA ANÁLISE ECONÔMICA FINANCEIRA

Nos cálculos realizados neste trabalho, tomaram-se como parâmetros, os custos de capital, a taxa de juros de financiamento³⁹, o tempo de vida útil do equipamento, os custos de operação e manutenção, os gastos com água, e os custos com a mão-de-obra. Para a mão-de-obra, considerou-se que 70% é empregada em atividades fixas e 30% em atividades que vão aumentando proporcionalmente ao tamanho do rebanho. O custo de capital anual levou em consideração uma depreciação linear ao longo do período. Além disso, foi aplicado sobre o fluxo de caixa, uma taxa de correção monetária de 4,5% a.a., decorrente da desvalorização pela inflação. O Quadro 14 apresenta o resumo dos parâmetros.

Descrição	
Custo de capital	Custo total de implantação do biodigestor (R\$)
Taxa de juros de financiamento	5,0 % a.a
Depreciação	10 anos
Custo de Manutenção	4% do investimento
Custos Operacionais	Água + Mão-de-obra (R\$)
Taxa de correção monetária do Fluxo de caixa	4,5% a.a.

Quadro 14. Parâmetros para análise econômico financeiro

Fonte : Elaboração própria, 2009

Para a realização das análises (B/C, VPL, TIR e *payback*), tomou-se como base dez situações decorrentes do uso dos produtos gerados pelo biodigestor como bens substitutos, e quatro modelos de investimentos de implantação.

Uso do biogás e do biofertilizantes na substituição de:

³⁹ Média aplicada pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) de 5% a.a., no período de 10 anos

- Situação I – GLP (gás de cozinha para cocção).
- Situação II – Eletricidade
- Situação III – GLP e eletricidade
- Situação IV – GLP e biofertilizante
- Situação V – Eletricidade e biofertilizante
- Situação VI – Biofertilizante
- Situação VII – GLP, eletricidade e biofertilizante
- Situação VIII – GLP, eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono
- Situação IX – GLP, biofertilizante e crédito de carbono
- Situação X – Eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono

Os cenários acima apresentados têm como objetivo, verificar o impacto causado pelas variáveis, biogás (como bem substituto de GLP e eletricidade), biofertilizante (como substituto do fertilizante sintético) e crédito de carbono, tanto de forma isolada ou através de certas combinações.

Para os investimentos de implantação considerou-se:

- Investimento de Implantação 1 – Aquisição de Biodigestor, aplicado apenas na situação I.
- Investimento de Implantação 2 – Aquisição de Biodigestor e Moto-Gerador, aplicados nas situações II e III.
- Investimento de Implantação 3 – Aquisição de Biodigestor e Moto-bomba, aplicados nas situações; IV, VI, e IX.
- Investimento de Implantação 4 – Aquisição de Biodigestor, Moto-Gerador e Moto-bomba, aplicados nas situações V, VII, VIII e X.

Os investimentos de implantação do biodigestor foram estimados através do Manual da Winrock (2008) e os preços do moto-gerador e moto-bomba foram obtidos no mercado local (QUADRO 15).

		Quantidade de cabeças / rebanho							
		50	100	150	200	250	300	350	400
Investimento de Implantação (R\$)	1	2.875	4.088	5.300	6.625	7.838	9.050	10.263	11.475
	2	3.375	5.388	7.800	10.625	13.538	16.550	20.263	23.975
	3	4.075	5.288	6.500	7.825	9.038	10.250	11.463	12.675
	4	7.450	10.676	14.300	18.450	22.576	26.800	31.726	36.650

Quadro 15 - Investimento para implantação de um biodigestor

Fonte: Elaboração própria, 2009

Nas situações que envolvem crédito de carbono (situação VIII, situação IX e situação X), foram acrescentados os custos de implantação do projeto MDL no valor de R\$160.000,00. Atribuiu-se também os preços dos bens substitutos como o botijão de gás de cozinha, energia elétrica convencional e fertilizante, assim como, da tarifa de água e mão de obra assalariada, valores médios de mercado. Para os cálculos financeiros, foram consideradas as taxas de financiamento, de acordo com os valores praticados para a agricultura familiar.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

De posse dos dados anteriormente apresentados, foi realizado o cruzamento das informações. Assim, listaram-se os municípios que apresentam melhores potenciais para implantação dos biodigestores e aqueles considerados críticos, segundo critérios atribuídos como média do número de caprinos por unidade rural, disponibilidade de recursos hídricos e qualidade da água.

A análise de viabilidade para a instalação de um biodigestor, tratado nesta etapa do trabalho, envolveu a verificação de uma série de alternativas proporcionadas pelo aproveitamento dos dejetos provenientes da caprinocultura. O estudo compreendeu uma análise técnica, econômica, financeira e ambiental de um sistema produtivo de caprinos.

6.1 MUNICÍPIOS SELECIONADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES

Como mostra a Figura 44, foram 18 municípios com potencialidade para a implantação de biodigestores, dentre eles: Jeremoabo, Paulo Afonso, Anagé, Vitória da Conquista, Juazeiro, Sento Sé, Remanso, Campo Alegre de Lourdes, Curaçá, Pilão Arcado, Antônio Gonçalves, Senhor do Bonfim, Filadélfia, Jussara, Oliveira dos Brejinhos, Barra, Bom Jesus da Lapa e Sobradinho. Destacam-se os municípios de Juazeiro, Curaçá, Barra, Sento Sé, Remanso, Campo Alegre de Lourdes e Pilão Arcado, por possuírem um rebanho superior a 40% entre os municípios estudados e, por contarem com a disponibilidade das águas do rio São Francisco.

Embora o município de Pilão Arcado tenha apresentado, na média de caprinos por unidades rurais, valor abaixo de 50 animais/unidade e restrições quanto à disponibilidade hídrica, seu potencial foi considerado por possuir um número superior a 80.000 cabeças e estar localizado às margens do Rio São Francisco.

Os municípios Euclides da Cunha, Valente, Feira de Santana e Guanambi, foram desclassificados quanto ao critério de média de cabeça por unidade rural, por possuírem

rebanho inferior a 40.000 cabeças. Nesse caso, não haveria possibilidade para a formação ações intermunicipais, haja vista estarem localizados muito distantes um do outro.

Dos municípios aprovados pelos critérios de média de rebanho por unidade rural e não aprovados pelos critérios de disponibilidade e qualidade de água destacam-se: Cansanção, Uauá e Monte Santo, que juntos representam significativamente 20% do rebanho entre os municípios estudados. Incluindo os municípios Andorinha, Jaguarari e Casa Nova os quais não foram aprovados apenas no item qualidade de água, somam-se o percentual de aproximadamente 40%. Portanto, percebe-se a participação significativa do número de rebanhos nos municípios críticos em disponibilidade e qualidade de água, fato que merece um estudo mais detalhado sobre os níveis de vazão dos rios que abrangem esses municípios, haja vista os dados encontrados não serem suficientes para tal estimativa.

Assim, a avaliação destes três fatores citados constituiu em uma importante fonte de informação para o modelo apresentado, visto que representam a base material para um projeto de implantação de biodigestores, principalmente a água, que é um recurso fundamental e escasso no semiárido baiano, face às irregularidades hidrogeológicas e aos graves problemas sociais e econômicos.

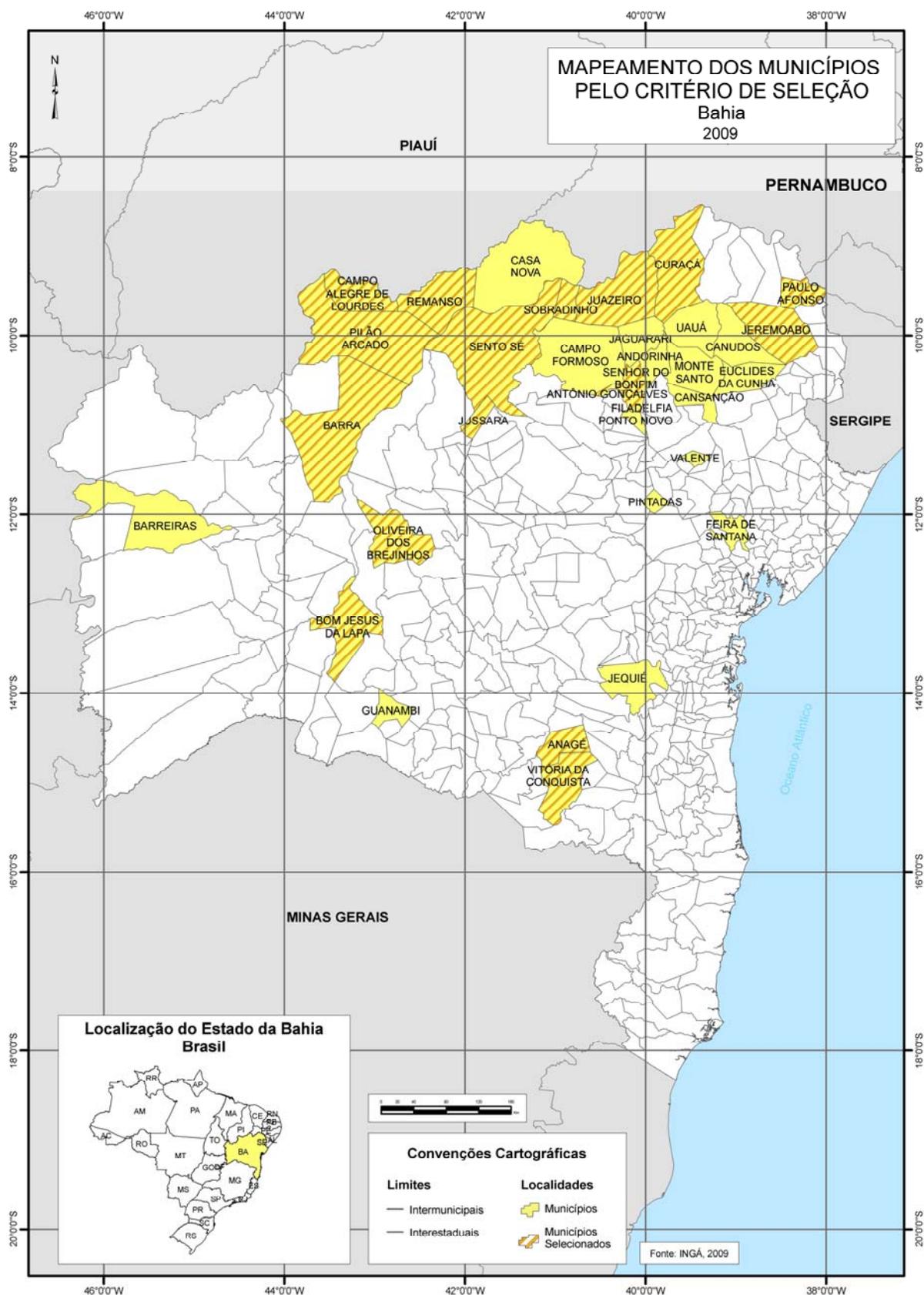


Figura 44- Municípios com potencialidade para a implantação de biodigestores no Semiárido baiano
Fonte: Elaboração própria, 2009

6.2 ESTUDO DE VIABILIDADE

Na tabulação dos resultados, considerou-se rebanhos entre 50 a 400 caprinos, conforme a média de valores de caprinos por unidade de estabelecimento encontrados no mapeamento dos potenciais municípios baianos.

Os resultados obtidos neste trabalho permitirão ao investidor privado, ou ao Estado, através de políticas públicas de incentivo à agricultura familiar no semiárido baiano, avaliar as opções para este tipo de empreendimento.

6.2.1 Análise Técnica

A análise de viabilidade técnica partiu de verificações da capacidade de transformação dos resíduos a fim de torná-los substitutos dos tipos de energias convencionais e demais produtos, como o biofertilizante e o crédito de carbono, tendo os seus resultados técnicos convertidos em ganhos econômicos.

6.2.1.1 Produção de biogás em substituição ao GLP (Gás de Cozinha)

Uma das aplicações do biogás está na capacidade de substituição do gás de cozinha (GPL) para cocção de alimentos. O Quadro 16 apresenta os cálculos realizados, considerando uma unidade rural com 150 cabeças⁴⁰. Os dados partem da produção dos dejetos, até a geração de biogás e a sua conversão para o gás de cozinha.

Observa-se que em uma unidade de 150 animais, produz-se 4,58m³ de biogás diariamente, o equivalente a quatro botijões mensais de GLP. Sabendo-se que cada botijão equivale a 33m³ de biogás e seu preço médio de R\$36,00, os ganhos econômicos com essa substituição chegariam a R\$1.822,00 anualmente.

⁴⁰ Os cálculos detalhados encontram-se no apêndice.

Considerando-se que uma família, composta por 4 a 5 pessoas, consome apenas 1 botijão de gás por mês⁴¹, observa-se neste caso (unidades com 150 caprinos), a geração de excedentes. Com isso, a possibilidade do biodigestor em atender grupos de domicílios localizados em pequenas comunidades rurais.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS	UNIDADE	VALORES(R\$)
Quantidade de caprinos	cabeça	150,00
Dejeto+ água por 150 caprinos	kg/ano	136.875,00
Conversão de estrume em biogás	m ³ biogás/kg dejetos	0,06
Produção de biogás por 150 caprinos	m ³ /ano	1.670,00
Produção de gás por 150 caprinos	kg/ano	1.620,00
Produção GLP equiv. por 150 caprinos	botijão GLP eq./mês	4,16
Produção GLP equiv. por 150 caprinos	botijão GLP eq./ano	50,60
Preço do botijão de GLP	R\$	36,00
Ganho na substituição do GLP	R\$/ano	1.822,00

Quadro 16. Cálculo da substituição do gás de cozinha (GLP) por biogás
Fonte: Elaboração própria, 2009

O excedente gerado pelo biogás pode ser também utilizado para o processamento dos produtos derivados do rebanho, a serem comercializados no mercado local, como a pasteurização do leite de cabra, fabricação de queijo, doces, iogurte, licor entre outros. Assim, percebe-se um encadeamento de ganhos gerado pelo aproveitamento do resíduo agropecuário caprino. O Quadro 17 mostra os valores do ganho desta geração em substituição ao uso do gás de cozinha convencional, considerando o tamanho dos rebanhos. Tomando-se como padrão de consumo de gás de cozinha anteriormente citado (1 botijão/mês-família), o quadro evidencia uma viabilidade a partir de 50 cabeças.

Quantidade de (Cabeças)	Biogás gerado (m ³ biogás/ano)	Botijão de GLP (Unidade/ano)	Ganho na substituição (R\$/ano)
50	557	16,9	607
100	1.113	33,7	1.214
150	1.670	50,6	1.822
200	2.227	67,5	2.429

Quadro 17 - Ganho do biogás em substituição ao GLP, ano

⁴¹ Considera-se uma família que utiliza diariamente o biogás para cocção durante 2 horas e meia

Quantidade de (Cabeças)	Biogás gerado (m ³ biogás/ano)	Botijão de GLP (Unidade/ano)	Ganho na substituição (R\$/ano)
250	2.783	84,3	3.036
300	3.340	101,2	3.643
350	3.896	118,1	4.251
400	4.453	134,9	4.858

Cont. Quadro 17 - Ganho do biogás em substituição ao GLP, ano

Fonte: Elaboração própria, 2009

6.2.1.2 Geração de energia elétrica em substituição a energia elétrica convencional

O biogás, além de ser um substituto do gás de cozinha, também pode ser usado como gerador de energia elétrica. Os dados do Quadro 18 demonstram os cálculos de conversão⁴² do biogás em energia elétrica e seu ganho econômico. Nesta conversão foi considerada a produção de eletricidade através de um moto-gerador movido a biogás. O equipamento, adaptado para este combustível, foi localizado na unidade experimental da EBDA, Jaguarari, e trabalha com uma eficiência de apenas 37%. Este valor foi adotado no presente trabalho por não ter sido identificado outro equipamento de melhor desempenho⁴³.

Descrição	Unidades	Valores (R\$)
Conversão de biogás em eletricidade	kWh/m ³ biogás	5,50
Produção de biogás por caprino	m ³ /dia-cabeça	0,03
Eletricidade - 150 caprino	kWh/mês	755,00
Eletricidade - 150 caprino	kWh/ano	9.184,00
Preço da Eletricidade	R\$/kWh	0,21
Ganho na substituição da energia	R\$/ano	1.929,00

Quadro 18. Conversão de biogás em energia elétrica convencional

Fonte: Elaboração própria, 2009

⁴² Os cálculos detalhados encontram-se no apêndice desta dissertação.

⁴³ Estudos levantados por Coldebella (2006) mostraram que motores geradores operados a biogás apresentam eficiência entre 25% a 38%.

Uma unidade produtiva com 150 cabeças gera aproximadamente 9.000 kWh de energia por ano. Considerando o preço da tarifa de R\$ 0,21/kWh, representaria um ganho estimado de R\$1.929,00 por ano.

No Quadro 19 são listados os valores dos ganhos em unidades com diversas quantidades de caprino e do biogás gerado. Os dados mostram viabilidade do uso da energia elétrica, a partir de 50 animais, para uma família com um consumo médio de energia de 255 kWh/mês, que é suficiente para o uso em aparelhos e na iluminação, substituindo, principalmente o uso de querosene para acender lampiões, carvão, lenha e as baterias para rádios.

Quantidade de Caprino	Biogás gerado	Eletricidade gerada	Ganho em Energia elétrica
cabeças	m ³ /ano	kWh/ano	R\$/ano
50	557	3.061	643
100	1.113	6.123	1.286
150	1.670	9.184	1.929
200	2.227	12.246	2.572
250	2.783	15.307	3.215
300	3.340	18.369	3.857
350	3.896	21.430	4.500
400	4.453	24.492	5.143

Obs.: Considerou-se o preço da eletricidade, o valor de R\$0,21 por kWh
 Quadro 19 - Ganho na substituição de energia elétrica pelo biogás gerado
 Fonte: Elaboração própria, 2009

A substituição da energia elétrica convencional por aquela gerada com o biogás possibilitou ganhos, como a inclusão energética às unidades rurais, e, também proporcionou o desenvolvimento local, com o uso dessa energia para fins comerciais, atribuindo novos valores aos produtos fabricados.

Ressalta-se ainda ganhos com as reduções do impacto ambiental gerada pela diminuição da poluição do ar dentro das casas pelo uso de lenha e querosene, da contaminação do solo e da água no descarte inadequado das pilhas de baterias.

6.2.1.3 Substituição combinada do gás de cozinha (GLP) e da eletricidade por biogás

Neste trabalho foi feita uma simulação para avaliar os ganhos na substituição combinada gás de cozinha (GLP) e da energia elétrica gerado nos biodigestores.

Para uma família de cinco pessoas foi estimado um consumo de 12,2 botijões de gás GLP por ano, sendo que cada botijão é equivalente a 33 m³ de biogás. Considerando o preço de R\$36,00/botijão, a economia anual chegaria a R\$438,00. O Quadro 20 apresenta o cálculo de consumo do biogás e o seu saldo para a geração de energia elétrica considerando-se um rebanho de 150 animais.

Nota-se que o saldo do biogás poderá ser convertido em energia elétrica e produzir 573,4 kWh mensais. Considerando a tarifa elétrica de R\$ 0,21/ kWh, o ganho anual com essa geração é de R\$1.465,00.

Consumo de biogás por família	Unidades	Valores(R\$)
Consumo de biogás para cocção por família	m ³ biogás/hora	0,44
Tempo para cocção	horas/dia	2,50
Consumo de biogás para cocção por ano	m ³ /ano-família	401,50
Consumo de botijão GLP equivalente	botijão/ano-família	12,20
Preço do botijão de GLP	R\$	36,00
Ganho na substituição do GLP	R\$/ano	438,00
Produção de gás por 150 cabeças	m ³ /ano	1.670,00
Saldo de biogás para consumo em eletricidade	m ³ /ano	1.268,40
Biogás conversão em eletricidade	kWh/m ³ biogás	5,50
Eletricidade com o saldo de biogás	kWh/ano	6.976,00
Preço da Eletricidade	R\$/kWh	0,21
Ganho de energia elétrica por ano	R\$	1.465,00

Quadro 20 - Cálculo de ganhos da substituição combinada do gás de cozinha e da energia elétrica para um rebanho de 150 animais.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Ressalta-se ainda que a energia elétrica gerada pelo saldo de biogás poderá abastecer mensalmente uma geladeira, um chuveiro elétrico, um televisor, um rádio, um ferro de passar roupa e mais cinco pontos de iluminação de uma casa, conforme detalhado no Quadro 21. Os dados evidenciam a plena viabilidade do uso do biogás em substituição do gás de cozinha e da eletricidade convencional. Os resultados ainda mostram disponibilidade de biogás para o uso em outros dispositivos, como equipamentos de irrigação, aquecimento, entre outros.

No Quadro 21 são listados os consumos específicos de cada aparelho, e o total de eletricidade demandada em dias, meses e anos.

Tipos de aparelho	kWh	Qtde. aparelho	h/dia	h/ mês	kWh/mês	kWh/ano	R\$/ano
Chuveiro	1,50	1	1,00	30	45	540	113,40
Geladeira	0,25	1	12,00	360	90	1.080	226,80
Iluminação	0,02	5	5,00	150	15	180	37,80
Ferro de passar	1,00	1	0,80	24	24	288	60,50
T.V	0,20	1	4,00	120	24	288	60,50
Radio	0,05	1	4,00	120	6	72	15,10
Total					204	2.448	514,10

Quadro 21. Consumo mensal de energia elétrica por uma família
Fonte: Elaboração própria, 2009

Considerando uma tarifa de R\$ 0,21/kWh, soma um ganho anual de R\$514,10. Assim, os cálculos validam o uso destes dispositivos elétricos com o saldo do biogás transformado.

O Quadro 22 apresenta os ganhos da substituição do gás de cozinha e da energia elétrica consumida por uma família por biogás gerada por unidades com 50 a 400 cabeças de caprinos. Nota-se que, a partir de 100 cabeças, o biogás produzido atende todo o consumo de GLP de uma família. Restando biogás para gerar 3.915 kWh/ano de eletricidade, maior que os 2.448 kWh/ano estimados para suprir as necessidades de uma família. Uma unidade com 50 cabeças atende totalmente o consumo de GLP e parcialmente a demanda de energia elétrica.

O Quadro ainda lista os ganhos econômicos da substituição do gás de cozinha e de eletricidade. Mantendo o padrão de consumo de um botijão de gás de cozinha mensal para

uma família, os resultados mostram que para uma quantidade de 50 caprinos, o ganho anual (GLP mais eletricidade) é de R\$617,00. Para uma quantidade de 400 caprinos, esse ganho chega a ser superior a R\$5.000,00.

Rebanho	Biogás produzido	Consumo de biogás como GLP (1)	Saldo de biogás para uso em eletricidade	Eletricidade gerada com o saldo de biogás	Ganhos com o uso de biogás		
					GLP	Eletricidade	Total
cabeças	m ³ /ano	m ³ /ano	m ³ /ano	kWh/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
50	557	401,5	155	853	438	179	617
100	1.113	401,5	712	3.915	438	822	1.260
150	1.670	401,5	1.268	6.976	438	1.465	1.903
200	2.227	401,5	1.825	10.038	438	2.108	2.546
250	2.783	401,5	2.382	13.099	438	2.751	3.189
300	3.340	401,5	2.938	16.160	438	3.394	3.832
350	3.896	401,5	3.495	19.222	438	4.037	4.475
400	4.453	401,5	4.052	22.283	438	4.679	5.117

Obs: (1) Considera-se em todos os casos o consumo de 1 botijão/mês-família.

Quadro 22 - Ganho do biogás em substituição do GLP e energia gerada

Fonte: Elaboração da autora, 2009

6.2.1.4 Custo de implantação do biodigestor

O custo de implantação do biodigestor foi determinado a partir do cálculo do volume da geração do biogás, conforme já citado. O Quadro 23 apresenta a quantidade de caprinos associada aos respectivos volumes de geração do biogás e ao total de recursos investido. De acordo com o custo de implantação apresentado, nota-se o valor fixo para alguns itens, como válvulas e frete. Entretanto, itens como manta, tubos, conexões, alvenaria, mão de obra de instalação e motor gerador, variam de acordo com o tamanho do reator. Baseado nesses valores é possível analisar a viabilidade dos investimentos a serem realizados.

Em uma análise comparativa dos investimentos realizados e a realizar do programa nacional de inclusão energética, “Luz para Todos”, notam-se resultados favoráveis para investimentos com uso de biodigestores, na substituição das redes de eletricidade convencional, como apresentam os dados no Quadro 24.

Rebanho	VB volume biodigest.	Área total do biodi- gestor.	Preços de materiais e serviços para instalação de um biodigestor								Custo de implanta- ção do biodigestor	Custo de implanta- ção do biodigestor + gerador
			Manta de 1,0 mm espessura	Tubo PVC 150 mm	Tubo PVC 40 mm	Caixa de alvenaria	Válvulas e conexões	Esca- vação	Frete	M.Obra instalação		
cabeças	m ³ (1)	m ² (1)	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
50	5,60	59	1.000	150	75	400	200	400	250	400	2.875	3.375
100	11,30	83	1.500	225	113	600	200	600	250	600	4.088	5.388
150	16,90	108	2.000	300	150	800	200	800	250	800	5.300	7.800
200	22,50	132	2.500	450	225	1.000	200	1.000	250	1.000	6.625	10.625
250	28,10	157	3.000	525	263	1.200	200	1.200	250	1.200	7.838	13.538
300	33,80	181	3.500	600	300	1.400	200	1.400	250	1.400	9.050	16.550
350	39,40	206	4.000	675	338	1.600	200	1.600	250	1.600	10.263	20.263
400	45,00	230	4.500	750	375	1.800	200	1.800	250	1.800	11.475	23.975

Obs.: (1) valores estimados a partir da tabela de dados da Winrock - Manual de Biodigestor, 2008

O custo do motor gerador por quantidade de cabeça foi estimado, segundo a capacidade do motor gerador necessária para a energia gerada por dejetos produzidos. Considerou o tempo de operação do motor de 3.650 horas/ano em todas as situações. O preço do motor utilizado para tal estimativa foi fornecido pela Terwal em dez/2009.

Quadro 23 - Custo de implantação de biodigestores

Fonte : Elaboração própria, 2009

Município	Total de Investimentos Realizados e a Realizar pelo LPT* (R\$)	Nº de Unidades energizadas	Nº de Unidades a energizar	Total de Unidades Energizadas pelo LPT*	Investimento por Número de Unidades (R\$)	Consumo de energia / unidade rural energizada
Anagé	28.582.260	2.463	1.245	3.708	7.708	2.315
Andorinha	12.640.124	1.431	392	1.823	6.934	535
Antônio Gonçalves	1.897.897	273	96	369	5.143	514
Barra	37.899.281	3.196	2.375	5.571	6.803	1.560
Barreiras	12.773.586	1.444	80	1.524	8.382	117.438
Bom Jesus da Lapa	18.573.800	2.332	796	3.128	5.938	53.724
Campo Alegre Lourdes	10.984.919	1.493	999	2.492	4.408	346
Campo Formoso	14.292.946	3.377	363	3.740	3.822	1.637
Cansanção	12.722.382	2.322	431	2.753	4.621	765
Canudos	20.658.868	378	72	450	45.909	2.517
Casa Nova	26.825.498	3.172	2.101	5.273	5.087	127.852
Curaçá	12.346.125	2.043	241	2.284	5.405	93.706
Euclides da Cunha	14.899.827	2.717	219	2.936	5.075	637
Feira de Santana	20.230.794	3.636	195	3.831	5.281	2.598
Filadélfia	4.889.147	790	127	917	5.332	1.471
Guanambi	10.029.914	1.083	329	1.412	7.103	1.314
Jaguarari	9.659.982	1.206	415	1.621	5.959	738
Jequié	26.421.806	1.931	1.023	2.954	8.944	3.133
Jeremoabo	16.491.560	1.640	861	2.501	6.594	4.084
Juazeiro	26.523.691	4.064	325	4.389	6.043	2.065
Jussara	4.136.277	372	158	530	7.804	3.899
Monte Santo	51.821.536	5.838	252	6.090	8.509	643
Oliveira dos Brejinhos	9.575.006	1.366	86	1.452	6.594	677
Paulo Afonso	4.010.611	673	104	777	5.162	8.480
Pilão Arcado	21.741.391	2.035	1.313	3.348	6.494	410

Quadro 24 - Investimentos realizados e a realizar do Programa Luz para Todos

Município	Total de Investimentos Realizados e a Realizar pelo LPT* (R\$)	Nº de Unidades energizadas	Nº de Unidades a energizar	Total de Unidades Energizadas pelo LPT*	Investimento por Número de Unidades (R\$)	Consumo de energia / unidade rural energizada
Pintadas	6.677.353	427	227	654	10.210	1.326
Ponto Novo	6.814.146	960	134	1.094	6.229	40.618
Remanso	17.192.817	1.547	632	2.179	7.890	7.822
Senhor do Bonfim	6.828.919	1.019	188	1.207	5.658	2.023
Sento Sé	16.759.834	513	1.210	1.723	9.727	37.805
Sobradinho	4.320.145	279	133	412	10.486	12.379
Uauá	12.489.984	1.343	243	1.586	7.875	513
Valente	8.217.524	1.212	134	1.346	6.105	817
Vitória da Conquista	43.602.057	5.657	567	6.224	7.005	2.990
TOTAL	553.532.008	64.232	18.066	82.298		
Média de Investimento por unidade energizada (R\$)			6.726,0			

*Luz para Todos

Cont. Quadro 24 - Investimentos realizados e a realizar do Programa Luz para Todos

Fonte: COELBA, 2009

Até o ano de 2009, foram previstos cerca de R\$553 milhões para atendimento de 82.300 pontos de energia elétrica, nestes municípios, o que representaria um investimento por unidade energizadas de aproximadamente R\$6.725,00. Considerando-se que mais de 80% dos municípios possuem uma média de consumo rural inferior a 3.061 KWh/ano, um investimento com biodigestor e moto-gerador seria de R\$ 3.375,00 por unidade (para 50 cabeças de animais), o suficiente para atender a essa demanda de energia, isso representa cerca de 50% abaixo do investimento aplicados para o sistema convencional. Para os municípios de Casa Nova, Curaçá, Bom Jesus da Lapa, Ponto Novo e Barreiras em que o consumo médio de energia é superior a essa média, vale a realização do investimento de implantação de biodigestor, como fonte complementar de geração de energia, conforme anteriormente mencionado.

6.2.1.5 Custo de produção do biogás e de energia elétrica gerada com biogás

A metodologia adotada para determinar o custo de produção de biogás teve como base o capital investido na construção do biodigestor, e os custos de manutenção, depreciação e operacional. O Quadro 25 apresenta os valores do custo de produção do biogás e sua conversão em eletricidade com incorporação ou não da mão de obra.

Neste quadro, os resultados mostram a influência do fator de escala na redução do custo do biogás. Considerando-se os custos de depreciação, operação, manutenção e água, 50 caprinos que geram 557 m³/ano de biogás, contabilizam um custo de R\$0,77/m³ de biogás. Para 400 cabeças, com 4.453 m³/ano de biogás, o custo é de R\$ 0,41/m³. Na conversão de biogás em energia elétrica, considerando a média de 50 a 400 caprinos, o valor do kWh reduz pela metade, de R\$ 0,14 para R\$ 0,07. Nestes cálculos não foi considerado o custo de mão-de-obra, pois partiu-se da premissa de que todas as atividades seriam realizadas pelos membros da família. De acordo com os resultados apresentados ratifica-se a viabilidade, haja vista que todos os casos apresentaram um custo de energia elétrica abaixo do preço da tarifa de energia convencional estimada em R\$0,21.

Ainda no Quadro 25 foi calculado o custo do biogás incorporando-se a mão de obra. Tomou-se como base a unidade de 50 caprinos, cuja necessidade seria de uma hora diária de serviço, da qual, 42 minutos seriam para atividades fixas e 18 minutos para maceração de dejetos. Para rebanhos maiores, foi mantido constante o tempo para atividades fixas e o tempo para maceração foi aumentado proporcionalmente à quantidade de cabeças. Nestas condições, para 50 caprinos, o custo estimado do biogás foi de R\$ 3,50/m³, valor significativamente maior que na estimativa anterior. Para 400 cabeças o custo caiu para R\$ 1,47/m³ de biogás. O custo do kWh de energia elétrica variou de R\$ 0,67 para R\$ 0,27 nas unidades de 50 e 400 cabeças, respectivamente.

Apesar dos valores encontrados, para os casos de unidades com a mão de obra incorporada, apresentar custos superiores ao preço da tarifa estimada de energia elétrica (R\$0,21), ainda poderá ser válida a implantação de biodigestores, principalmente nos locais distantes e pouco habitados, onde há dificuldades de instalação da energia convencional, e que ocasionaria custos de transmissão de

energia ainda superiores aos apresentados com a implantação do biodigestor. Além disso, esses custos poderão ser reduzidos quando combinados com os ganhos em biofertilizantes.

Rebanho	Biogás gerado	Custos											
		Implantação do biodigestor	Depreciação (1)	Manutenção (4% a.a.)	Operacional		Total		Biogás gerado		Eletricidade gerada		
					Mão Obra (2)	Água (3)	sem M.Obra	com M.Obra	sem M.Obra	com M.Obra	sem M.Obra	com M.Obra	
cabeças	m ³ /ano	R\$	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/m ³	R\$/m ³	R\$/kWh	R\$/kWh
50	557	2.875	288	115	1.521	26,6	429	1.950	0,77	3,5	0,14	0,64	
100	1.113	4.088	409	164	1.977	53,3	626	2.603	0,56	2,34	0,1	0,43	
150	1.670	5.300	530	212	2.433	79,9	822	3.255	0,49	1,95	0,09	0,35	
200	2.227	6.625	663	265	2.890	106,6	1.034	3.924	0,46	1,76	0,08	0,32	
250	2.783	7.838	784	314	3.346	133,2	1.231	4.576	0,44	1,64	0,08	0,3	
300	3.340	9.050	905	362	3.802	159,9	1.427	5.229	0,43	1,57	0,08	0,28	
350	3.896	10.263	1.026	411	4.258	186,5	1.623	5.882	0,42	1,51	0,08	0,27	
400	4.453	11.475	1.148	459	4.715	213,2	1.820	6.534	0,41	1,47	0,07	0,27	

Obs.: (1) Considerou-se 10 anos a vida útil do biodigestor e o valor de 0,18 m³/kWh de valor de conversão de biogás em eletricidade.

(2) Mão de obra: parte da premissa que, para 50 cabeças, 70% é empregada em atividades fixas e 30% para atividades variáveis, que vão aumentando proporcionalmente ao volume de produção.

(3) Tomou-se como custo da água, o valor da tarifa por m³ cobrado pela concessionária, localizado no Estado da Bahia.

Quadro 25 - Custo do biogás com mão-de-obra incorporada e não incorporada

Fonte: Elaboração própria, 2009

6.2.1.6 Produção de biofertilizante – substituição dos fertilizantes convencionais

A análise de viabilidade do uso de biofertilizante como substituto do fertilizante convencional foi realizada através da quantificação dos efluentes gerados pelo biodigestor e da sua capacidade na utilização em áreas de pastagens e de cultivo de culturas. A substituição do nitrogênio (uréia), fósforo (superfosfato simples) e potássio (cloreto de potássio) pelo biofertilizante gera um ganho ao produtor mostrado (QUADRO 26), calculado de acordo com os teores de NPK do biofertilizante gerados nos biodigestores.

Qtdade caprino	Qtd carga dejeito (kg /ano)	Produção de biofertilizante. (l chorume/ano)	Produção de fertilizantes equivalentes (kg/ano)			Total de ganho R\$/ano
			N	P	K	
50	9.125	36.500	63	17,7	203	464
100	18.250	73.000	127	35,4	406	927
150	27.375	109.500	190	53,1	609	1.391
200	36.500	146.000	254	70,8	812	1.855
250	45.625	182.500	317	88,5	1.015	2.319
300	54.750	219.000	380	106,0	1.217	2.781
350	63.875	255.500	444	124,0	1.420	3.245
400	73.000	292.000	507	142,0	1.623	3.709

Obs.: Considerou-se o preço do fertilizante convencional de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio os valores cotados em dez/2009 de R\$0,83, R\$0,87 e R\$1,95 /kg, respectivamente.

Quadro 26 - Ganho de substituição do fertilizante convencional pelo biofertilizante

Fonte: Elaboração própria, 2009

Os dados do quadro mostram ganhos significativos, o que permite validar o seu uso como substituinte do fertilizante convencional.

6.2.1.7 Custo de produção do biogás e de energia elétrica combinados com ganhos em biofertilizante

Na análise anterior, verificou-se o custo de geração de biogás e os custos de energia elétrica convertidos sem considerar os ganhos obtidos pelo biofertilizante. Foi visto que nesta situação,

quando se incorpora os custos de mão de obra, o custo da energia elétrica gerada a partir do biogás torna-se superior ao preço da tarifa elétrica convencional.

A incorporação dos ganhos gerados pelo biofertilizante propicia uma redução significativa dos custos do biogás, com mão de obra inclusa ou não, e, conseqüentemente, uma redução nos custos da energia elétrica gerada, o que permite validar a importância desse efluente para viabilizar o biogás como fonte de energia elétrica. O Quadro 27 apresenta os custos da geração de biogás e da conversão em custos de energia elétrica, incluídos, os ganhos gerados com o biofertilizante.

Rebanho	Biogás gerado	Energia elétrica gerada c/ o biogás	Custo Total		Ganhos com biofertilizante	Custo de geração do biogás		Custo de geração de eletricidade	
			sem M.Obra	com M.Obra		sem M.Obra	com M.Obra	sem M.Obra	com M.Obra
cabecças	m ³ /ano	kWh/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/m ³	R\$/m ³	R\$/kWh	R\$/kWh
50	557	3.065	429	1.950	464	VD	2,67	VD	0,48
100	1.113	6.120	626	2.603	927	VD	1,51	VD	0,27
150	1.670	9.188	822	3.255	1.391	VD	1,12	VD	0,20
200	2.227	12.249	1.034	3.924	1.855	VD	0,93	VD	0,17
250	2.783	15.304	1.231	4.576	2.318	VD	0,81	VD	0,15
300	3.340	18.371	1.427	5.229	2.782	VD	0,73	VD	0,13
350	3.896	21.427	1.623	5.882	3.246	VD	0,68	VD	0,12
400	4.453	24.488	1.820	6.534	3.709	VD	0,63	VD	0,12

Nota: VD – Valor desprezível.

Quadro 27 - Custos da produção de biogás e energia elétrica considerando os ganhos em biofertilizante

Fonte: Elaboração própria, 2009

Os custos do biogás e da eletricidade gerada, sem incorporação da mão de obra, apresentaram em todas as unidades de rebanho, valores negativos, ou melhor, desprezíveis. Isso significa que os ganhos gerados pelo biofertilizante absorvem os custos gerados pela implantação e operacionalização do biodigestor.

Já os custos do biogás, com mão de obra incorporada, apresentaram valores que vão de R\$ 2,67, para 50 animais, até R\$0,63, para 400 animais. Já os custos da eletricidade gerada apresentaram

valores que se iniciam em R\$0,49, para 50 animais, e chegam a R\$0,12, para 400 animais. Percebe-se ainda que o custo dessa energia elétrica fica abaixo do preço da tarifa convencional a partir de unidades com 150 animais. Apesar dos rebanhos menores que 100 animais apresentarem custos superiores, não significa que a geração de energia elétrica a partir do biogás seja inviável, pois nesse caso, outros fatores devem ser levados em consideração, a exemplo, a redução do impacto ambiental, a melhorias das condições de higiene para os animais e pessoas, as facilidades de acesso ao gás para cocção, além da redução de gastos com investimento de instalação da rede convencional de energia elétrica.

6.2.1.8 Aspectos ambientais – crédito de carbono

Mundialmente o biogás vem sendo considerado como uma fonte alternativa de geração de energia limpa e de viabilidade socio-ambiental, pois promove o desenvolvimento local, melhora da qualidade das condições de higiene para os animais e pessoas e possibilita a redução de problemas ambientais, como as emissões de gases do efeito estufa.

Segundo Seabra (2008), a avaliação das emissões evitadas depende das equivalências entre a quantidade produzida do combustível renovável e o seu equivalente fóssil substituído, levando em conta sua forma de uso, conteúdo energético e emissões no ciclo de vida.

Quadros e outros (2009a), na análise dos biodigestores para a redução de GEE, estimaram que 50 caprinos produzem 29 ton de dióxido de carbono equivalente que poderiam ser comercializados na Bolsa do Clima de Chicago como crédito de carbono.

Do esterco de um rebanho de 150 caprinos é possível obter uma quantidade de biogás que represente uma redução de 87 ton/ano de CO₂ equivalente. Isso significa 87 Créditos de Carbono (C.C.), comercializados atualmente a 12 Euros/C.C que somariam R\$2.697,00/ano. O Quadro 28 apresenta esses ganhos em função do tamanho do rebanho. Percebe-se que os ganhos iniciais convertidos, para 50 animais, somam aproximadamente R\$900,00/ano, chegando a ganhos superiores a R\$ 7.000,00/ano, para rebanhos de 400 animais. Assim, os resultados apresentados mostram ganhos positivos na geração do crédito de carbono.

Quant Caprino	Biogás gerado	Densidade do biogás	Redução de CO ₂ equiv.	Crédito carbono	Ganho com Crédito de Carbono	
cabeça	m ³ /ano	kg/m ³	t/ano	1CC /t CO ₂	€/ano	R\$/ano
50	557	0,97	29	29	348	899
100	1.113	0,97	58	58	696	1.798
150	1.670	0,97	87	87	1.044	2.697
200	2.227	0,97	116	116	1.392	3.596
250	2.783	0,97	145	145	1.740	4.495
300	3.340	0,97	174	174	2.088	5.394
350	3.896	0,97	203	203	2.436	6.293
400	4.453	0,97	232	232	2.784	7.192

Observação: valores de créditos de carbono cotados em dez/2009

Quadro 28 - Cálculo de conversão de emissões evitadas

Fonte: Elaboração própria, 2009

Salienta-se que, apesar dos ganhos gerados é importante verificar sua viabilidade quando incorporado os investimentos necessários para a adesão ao mercado de crédito de carbono (MDL), que são significativamente altos. Para projetos de pequena escala, ligados ao setor agropecuário, os custos são próximos a R\$ 160.000,00, extremamente elevados para uma unidade rural familiar. Neste caso, uma política de promoção do uso de energia limpa teria também como estratégia, viabilizar a adesão destas unidades ao mercado de crédito de carbono.

6.3 ANÁLISE B/C, VPL, TIR E *PAYBACK*

6.3.1 Relação Benefício versus Custo (B/C)

Os benefícios tratados nesse estudo representam os ganhos decorrentes do uso dos produtos gerados pelos biodigestores. No Quadro 29 apresenta-se o modelo de cálculo para 150 cabeças⁴⁴

⁴⁴ Os cálculos realizados para os demais números de cabeças encontram-se no apêndice deste trabalho.

com e sem a incorporação da mão de obra. O Quadro 30 mostra os resultados dessa relação para as médias de cabeças entre 50 a 400.

Análise B/C para rebanho de caprinos		Benefício					Sem Custo de Mão de obra			Com Custo de Mão de obra		
		GLP	Eletrici- dade	Biofer- tilizante	Crédito Carbono	Total	Custo Total	B/C	Receita Bruta	Custo Total	B/C	Receita Bruta
Situação	Combinações	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		R\$/ano	R\$/ano		R\$/ano
I	GLP	1.822				1.822	822	2,22	1.000	3.255	0,56	-1.434
II	Eletricidade		1.929			1.929	822	2,35	1.107	3.255	0,59	-1.327
III	GLP e eletricidade	438	1.465			1.903	822	2,32	1.081	3.255	0,58	-1.352
IV	GLP e biofertilizante	1.822		1.391		3.213	822	3,91	2.391	3.255	0,99	-43
V	Eletricidade e biofertilizante		1.929	1.391		3.320	822	4,04	2.498	3.255	1,02	64
VI	Biofertilizante			1.391		1.391	822	1,69	569	3.255	0,43	-1.864
VII	GLP, eletricidade e biofertilizante	438	1.465	1.391		3.294	822	4,01	2.472	3.255	1,01	39
VIII	GLP, eletricidade, biofertilizante e C.C.	438	1.465	1.391	2.697	5.991	16.822	0,36	-10.831	19.255	0,31	-13.264
IX	GLP e biofertilizante e C.C.	1.822		1.391	2.697	5.910	16.822	0,35	-10.912	19.255	0,31	-13.346
X	Eletricidade, biofertilizante e C.C.		1.929	1.391	2.697	6.017	16.822	0,36	-10.805	19.255	0,31	-13.239

Considerou-se para cálculo do custo total: custo de depreciação igual ao custo de implantação (R\$ 5.300,00/ano) dividido pela vida útil (10 anos).

Ainda, o custo de manutenção (4% do investimento de implantação), água (R\$ 79,90/ano) e mão de obra (variável).

Para as situações VIII, IX e X, foi considerado o custos de capital para validação, verificação e certificação no mercado de crédito de carbono (MDL) no valor de R\$160.0000,00 rateados em período igual a 10 anos.

Quadro 29 - Análise B/C do biodigestor (com e sem mão-de-obra) para uma unidade com 150 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Análise B/C para rebanho de caprinos		Tamanho do rebanho caprino (número de cabeças)															
		50		100		150		200		250		300		350		400	
Situa- ção	Combinações	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra
I	GLP	1,42	0,31	1,94	0,47	2,22	0,56	2,35	0,62	2,47	0,66	2,55	0,7	2,58	0,72	2,67	0,74
II	Eletricidade	1,50	0,33	2,06	0,49	2,35	0,59	2,49	0,66	2,61	0,7	2,7	0,74	2,73	0,76	2,83	0,79
III	GLP e eletricidade	1,44	0,32	2,01	0,48	2,32	0,58	2,46	0,65	2,59	0,7	2,69	0,73	2,71	0,76	2,81	0,78
IV	GLP e biofertilizante	2,50	0,55	3,42	0,82	3,91	0,99	4,14	1,09	4,35	1,17	4,5	1,23	4,54	1,27	4,71	1,31
V	Eletricidade e biofertilizante	2,58	0,57	3,54	0,85	4,04	1,02	4,28	1,13	4,5	1,21	4,65	1,27	4,69	1,31	4,87	1,35
VI	Biofertilizante	1,08	0,24	1,48	0,36	1,69	0,43	1,79	0,47	1,88	0,51	1,95	0,53	1,97	0,55	2,04	0,57
VII	GLP, eletricidade e biofertilizante	2,52	0,55	3,5	0,84	4,01	1,01	4,26	1,12	4,48	1,2	4,63	1,26	4,68	1,31	4,85	1,35
VIII	GLP, eletricidade, biofertilizante e C.C.	0,12	0,11	0,24	0,21	0,36	0,31	0,47	0,4	0,58	0,49	0,69	0,57	0,79	0,64	0,9	0,71
IX	GLP e biofertilizante e C.C.	0,12	0,11	0,24	0,21	0,35	0,31	0,46	0,4	0,57	0,48	0,68	0,56	0,78	0,63	0,88	0,7
X	Eletricidade, biofertilizante e C.C.	0,12	0,11	0,24	0,22	0,36	0,31	0,47	0,4	0,58	0,49	0,69	0,57	0,8	0,64	0,9	0,71

Obs.: A primeira coluna relativa a cada tamanho do rebanho trata-se de valores benefícios versus custos (B/C) sem os custos da mão de obra incorporados. A segunda coluna trata-se de valores benefícios versus custos com a mão de obra incorporada.

Quadro 30 - Relação B/C do biodigestor - média de caprinos 50 a 400 - (mão de obra incorporada e não incorporada)

Fonte : Elaboração própria, 2009

Para a realização dos cálculos dos benefícios, tomou-se como base o somatório dos ganhos gerados pelo biodigestor na substituição do gás de cozinha, da eletricidade convencional, e do fertilizante, além de crédito de carbono, considerando o uso conforme as condições anteriormente apresentadas (situação de I à X).

Sabe-se que, quando não é incorporada a mão-de-obra, para todos os tamanhos de rebanhos analisados, os benefícios são sempre maiores que os custos (relação benefício/custo maior que 1), exceto quando se trabalha vendendo créditos de carbono. Os investimentos necessários para vender créditos de carbono são tão elevados que o resultado líquido é negativo. A situação V, onde todo o biogás é usado para gerar eletricidade e há aproveitamento do biofertilizante, mostra a maior relação de benefício/custo. A situação VII, onde o biogás é usado como substituto de GLP e o saldo gera eletricidade, além de aproveitar o biofertilizante, também tem uma boa relação benefício/custo com valores praticamente iguais aos da situação V.

Com a incorporação da mão-de-obra, a viabilidade da implantação de um biodigestor fica comprometida em muitas das situações. Aquelas que incluem a venda de créditos de carbono são totalmente desfavoráveis. As situações V e VII, que sempre mostram o melhores resultados, apenas a partir de rebanhos com 150 cabeças apresentam um balanço de benefício vs. custo, levemente positivos. Rebanhos acima de 250 cabeças, os benefícios chegam a ser superiores em aproximadamente 20% em relação aos custos.

Fica claro que o biofertilizante, como substituto dos fertilizantes convencionais, é um fator determinante para a viabilidade da implantação de um biodigestor. Se forem incluídos os custos de mão-de-obra, apenas as situações que aproveitam o biofertilizante tem uma relação benefício/custo maior que 1.

6.3.2 Determinação dos VPL, TIR e *Payback*

Para a determinação dos valores de VPL, TIR e *payback*, foram elaborados os fluxos de caixa operacionais⁴⁵ que mostram o saldo entre os benefícios e os custos, por sua vez, representados pelos custos de implantação, operacionais (mão-de-obra e água) e de O & M (operação e manutenção). O Quadro 31 exemplifica, a seguir, os cálculos realizados para uma unidade de 150 animais⁴⁶, incluindo ou não, nos custos totais, a mão de obra.

Fluxo de caixa operacional para um rebanho de 150 caprinos		Receita Bruta	Sem Mão de Obra		Com Mão de Obra	
			Custo Total Fixo	Receita Líquida	Custo Total Fixo	Receita Líquida
Situação	Aplicação dos produtos do biodigestor	R\$/ano	R\$/ano	R\$	R\$/ano	R\$
I	GLP	1.822	292	1.530	2.725	-904
II	Eletricidade	1.929	292	1.637	2.725	-797
III	GLP e Eletricidade	1.903	292	1.611	2.725	-822
IV	GLP e biofertilizante	3.213	292	2.921	2.725	487
V	Eletricidade e biofertilizante	3.320	292	3.028	2.725	594
VI	Biofertilizante	1.391	292	1.099	2.725	-1.334
VII	GLP, eletricidade e biofertilizante	3.294	292	3.002	2.725	569
VIII	GLP, eletricidade, biofertilizante e C.C.	5.991	292	5.699	2.725	3.266
IX	GLP, biofertilizante e C.C.	5.910	292	5.618	2.725	3.184
X	Eletricidade, biofertilizante e C.C.	6.017	292	5.725	2.725	3.291

Obs.: Considerou-se para o cálculo de custo fixo, o custo de manutenção, da mão de obra e da água. Em relação ao fluxo de caixa, o saldo representa a diferença entre o benefício total e os custos totais.

Quadro 31 - Fluxo de caixa operacional (com e sem a incorporação da mão-de-obra), unidade com 150 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

⁴⁵ Neste trabalho considera-se o fluxo caixa operacional igual do fluxo de caixa livre. Juros e amortizações de dívidas, não são considerados na projeção de ganhos.

⁴⁶ O cálculo das demais media de cabeças encontram-se no apêndice deste trabalho.

No Quadro 31 é possível notar, em todas as situações, os saldos do fluxo de caixa operacionais sem a incorporação da mão de obra, apresentaram valores positivos, destacando-se nas situações em que o crédito de carbono está presente. Entretanto, apesar de positivos, não significam economicamente viáveis. Com a incorporação de mão de obra, os saldos do fluxo de caixa operacional, somente são positivos quando incluem o biofertilizante.

Também foram estimados os fluxos de caixa operacionais para rebanhos de 50 a 400 cabeças, nas diversas situações em análises (QUADRO 32). Nela, observa-se que os saldos de fluxo, sem a incorporação da mão de obra, apresentaram valores positivos. Entretanto, quando se inclui a mão de obra, somente as situações que incluem o crédito de carbono são positivas para todos os tamanhos de rebanho. Porém, excluindo os créditos de carbono, unicamente as situações V para o rebanho de 100 cabeças, e as que usam o biofertilizante e o biogás, com rebanhos iguais ou maiores de 150 cabeças, têm fluxos positivos. Portanto, este fato evidencia o caráter de impacto desta variável na viabilidade da implantação do biodigestor.

Apesar da depreciação constar nos cálculos, não foi incluída nos custos totais, por não implicar em desembolso, não afetando, portanto, o saldo do fluxo operacional.

Os cálculos realizados para a determinação dos VPL, TIR e *payback*, tomaram como base os parâmetros econômicos e financeiros anteriormente referenciados.

Saldo do Fluxo de Caixa Operacional		Tamanho do rebanho caprino (número de cabeças)															
		50		100		150		200		250		300		350		400	
Situação	Combinações	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra	Sem Mão Obra	Com Mão Obra
I	GLP	466	-1.055	997	-980	2.057	-904	2.589	-832	3.121	-756	3.627	-681	4.186	-631	1.530	-529
II	Eletricidade	501	-1.020	1.069	-908	2.200	-797	2.768	-690	3.336	-578	3.877	-466	4.471	-382	1.637	-243
III	GLP e eletricidade	475	-1.045	1.043	-934	2.174	-822	2.742	-715	3.310	-604	3.851	-492	4.445	-407	1.611	-269
IV	GLP e biofertilizante	929	-591	1.925	-52	3.912	487	4.909	1.022	5.902	1.563	6.872	2.100	7.895	2.614	2.921	3.180
V	Eletricidade e biofertilizante	965	-556	1.996	19	4.055	594	5.087	165	6.117	1.741	7.122	2.315	8.181	2.864	3.028	3.466
VI	Biofertilizante	322	-1.199	711	-1.267	1.483	-1.334	1.873	-1.406	2.259	-1.473	2.622	-1.543	3.037	-1.637	1.099	-1.677
VII	GLP, eletricidade e biofertilizante	939	-582	1.971	-6	4.029	569	5.061	1.139	6.091	1.716	7.096	2.289	8.155	2.838	3.002	3.440
VIII	GLP, eletricidade, biofertilizante e C.C.	1.838	317	3.769	1.792	7.625	3.266	9.556	4.735	11.485	6.211	13.389	7.683	15.347	9.131	5.699	10.632
IX	GLP e biofertilizante e C.C.	1.828	308	3.723	1.746	7.508	3.184	9.404	4.618	11.296	6.058	13.165	7.494	15.087	8.907	5.618	10.372
X	Eletricidade, biofertilizante e C.C.	3.794	343	3.794	1.817	7.651	3.291	9.582	4.761	11.511	6.236	13.415	7.709	15.373	9.157	2.725	10.658

Quadro 32 - Fluxo de Caixa Operacional (com e sem a incorporação da mão-de-obra). Unidades entre 50 a 400 caprino

Fonte : Elaboração própria, 2009

6.3.3 Resultados apresentados para VPL , TIR e *Payback*

A partir dos saldos de fluxo operacional foram estimados o VPL, a TIR e o *Payback*. Os resultados foram tabulados, em função de: tamanho do rebanho, ganhos e investimentos de implantação. Os índices de B/C, já calculados, foram incorporados, para verificação dos resultados. Assim, as Tabelas 10 e 11 apresentam os resultados encontrados para 150 cabeças⁴⁷, considerando ou não, a mão de obra sobre os custos calculados.

De acordo com os valores encontrados na tabela 10, verificou-se a viabilidade nas seguintes situações entre I a VII. O mesmo ocorre com as demais faixas de cabeças analisadas (50,100,200,250,300,350 e 400), com exceção para 50 cabeças, na situação do uso de apenas biofertilizante. Na Tabela 11 nota-se, em todas as situações, a inviabilidade de implantação.

Considerando a totalidade dos resultados sobre todas as quantidades de cabeças, nota-se, para os VPLs positivos, TIRs superiores à taxa de atratividade do mercado (5% a.a). As TIRs variaram entre 8% a.a. e 66% a.a. O destaque está na aplicação do uso para GLP e biofertilizante, com valores entre 39% a.a. e 66% a.a.

O valor do VPL positivo está entre R\$1.305,00 (GLP, eletricidade e biofertilizante para 50 cabeças) e R\$ 60.925,00, (GLP e biofertilizante para 400 cabeças). Os menores valores estão para o uso de apenas biofertilizante, com exceção para 50 cabeças que tem como menor valor a aplicação combinada do GLP e eletricidade. Os maiores valores também estão na aplicação do GLP e biofertilizante. O mesmo ocorre com os menores valores de *payback* .

O maior *payback* para implantação de uma unidade com 50 cabeças pode aproximar-se ao período de vida útil do biodigestor, no uso em eletricidade e biofertilizante, e o menor, em menos de cinco anos. No caso de 100 e 150 cabeças, o maior período de retorno do investimento é de aproximadamente sete anos, com o uso apenas do biofertilizante e o menor período de retorno do investimento entre dois e três anos. Quantidades superiores a 200 cabeças, o maior tempo de retorno é de aproximadamente seis anos, para a geração de apenas

⁴⁷ Os resultados das demais quantidades de rebanho encontram-se no apêndice deste trabalho.

eletricidade ou GLP combinado com eletricidade. Ainda nesses casos, os menores *payback* estão situados a partir de 250 cabeças, podendo ser entre um ano e um ano e meio.

Tabela 10 - Consolidação dos valores VPL, TIR, Payback e benefício versus custos para 150 caprinos – mão de obra não incorporada

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 150 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			Relação B/C
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP	8.960	30%	3,34										2,00
Situação II	Eletricidade				7.458	20%	5,95							2,35
Situação III	GLP e eletricidade				7.219	20%	5,87							2,32
Situação IV	GLP e biofertilizante							20.728	48%	2,66				3,91
Situação V	Eletricidade e biofertilizante										13.925	21%	5,99	4,04
Situação VI	Biofertilizante							3.746	15%	6,71				1,69
Situação VII	GLP, eletricidade e biofertilizante										13.686	20%	5,95	4,01
Situação VIII	GLP, eletricidade biofertilizante e CC										(121.171)	-13%	0,00	0,36
Situação IX	GLP, biofert. e C.C.							(114.130)	-13%	0,00				0,35
Situação X	Eletric, biofertil. e C.C.										(120.932)	-13%	0,00	0,36

Investimento de Implantação: 1 – Aquisição de Biodigestor; Investimento de Implantação 2 – Aquisição de Biodigestor e Moto-Gerador; Investimento de Implantação 3 – Aquisição de Biodigestor e Moto-bomba e Investimento de Implantação 4 – Aquisição de Biodigestor, Moto-Gerador e Moto-bomba.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Tabela 11 - Consolidação dos valores VPL, TIR, payback e benefício vs custos para 150 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 150 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			Relação B/C
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP	(13724,27)	TD	0,00										0,56
Situação II	Eletricidade				(15226,41)	TD	0,00							0,59
Situação III	GLP e eletricidade				(15465,41)	TD	0,00							0,58
Situação IV	GLP e biofertilizante							(1956,69)	-1%	0,00				0,99
Situação V	Eletricidade e biofertilizante										(8758,83)	-10%	0,00	1,02
Situação VI	Biofertilizante							(18938,19)	TD	0,00				0,43
Situação VII	GLP, eletricidade e biofertilizante										(8997,83)	-11%	0,00	1,01
Situação VIII	GLP, eletricidade biofertilizante e CC										(143855,60)	TD	0,00	0,31
Situação IX	GLP, biofert. e CC							(136814,45)	TD	0,00				0,31
Situação X	Eletric, biofertil e CC										(143616,59)	TD	0,00	0,31

TD – Taxa desprezível

Investimento de Implantação: 1 – Aquisição de Biodigestor; Investimento de Implantação 2 – Aquisição de Biodigestor e Moto-Gerador; Investimento de Implantação 3 – Aquisição de Biodigestor e Moto-bomba e Investimento de Implantação 4 – Aquisição de Biodigestor, Moto-Gerador e Moto-bomba.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Visualizam-se inviabilidade econômica em todas as médias de cabeças nas situações em que se incluem os ganhos com o crédito de carbono. Atribui-se a essa inviabilidade, o alto custo de capital incorporado para adesão ao mercado de crédito de carbono que ora fora incorporado no investimento inicial do projeto. Portanto, para torná-los viáveis, se faz necessária a utilização de recursos financeiros não-reembolsáveis oriundos de parcerias públicas ou privadas. Nesse caso, os resultados garantem viabilidade praticamente em todas as médias de rebanho, com ou sem mão de obra (tabela 12 e 13). A exceção é apenas para o rebanho de 50 cabeças com mão de obra incorporada. O melhor resultado encontra-se na situação IX, para 400 animais, sem incorporação de mão de obra. O VPL chega a ser de aproximadamente R\$128.000,00, com TIR de 123% e o retorno do investimento acontece antes do primeiro ano. Dentre as situações apresentadas, percebe-se que o item GLP, biofertilizante e crédito de carbono, ainda mantém os de melhores resultados em VPL, TIR e *Payback*.

Tratando-se dos cálculos realizados sob o fluxo de caixa operacional com mão de obra incorporada, nota-se em maioria a inviabilidade de implantação (VPL negativo). Encontram viabilidade apenas na aplicação em GLP e biofertilizante a partir de criatórios com 200 caprinos. Os resultados sobre as situações viáveis mostraram taxas TIR entre 9% a 26%, valores de VPL entre R\$1.700,0 (200 cabeças) a R\$17.000,00 (400 cabeças) e o *payback*, de cinco a 09 nove anos. Os resultados evidenciam, mais uma vez o impacto que a mão de obra possui na viabilidade financeira para implantação dos biodigestores. Contudo, é importante a sua inclusão, pois ela existe e deve ser remunerada. Além disso, é válido apontar outros benefícios econômicos gerados, como o acesso à energia elétrica, apresentados sobre os ganhos com o uso combinado de eletricidade e biofertilizante, a substituição do gás de cozinha, redução dos impactos ambientais, com substituição da lenha e das pilhas, e, por fim, a melhoria da qualidade de vida.

Comparando com os resultados encontrados na relação B/C e na viabilidade financeira, nota-se que dentre os valores mais significativos da relação B/C a condição de GLP e biofertilizante também está presente.

Tabela 12 - Resultados de VPL, TIR e Payback não considerando a incorporação de custo de adesão ao mercado de carbono – Mão de obra não inclusa

Análise de viabilidade Implantação de biodigestores sem incorporação de custos de acreditação para o mercado de carbono e mão de obra		SITUAÇÃO VIII GLP, eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono	SITUAÇÃO IX GLP, biofertilizante crédito de carbono	SITUAÇÃO X Eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono
50 caprinos	VPL (R\$)	9.686,00	12.969,00	9.925,00
	TIR (%)	25	48	26
	<i>Payback</i> (anos)	4,71	2,65	4,77
100 caprinos	VPL (R\$)	24.456,00	22.417,00	24.696,00
	TIR (%)	38	74	38
	<i>Payback</i> (anos)	2,01	1,51	2,03
150 caprinos	VPL (R\$)	38.829,00	45.870,00	39.068,00
	TIR (%)	43	91	43
	<i>Payback</i> (anos)	2,35	1,78	2,36
200 caprinos	VPL (R\$)	52.633,00	62.167,00	52.873,00
	TIR (%)	44	100	44
	<i>Payback</i> (anos)	2,44	1,9	2,45
250 caprinos	VPL (R\$)	66.512,00	78.627,00	66.751,00
	TIR (%)	45	108	45
	<i>Payback</i> (anos)	2,51	1,99	2,51
300 caprinos	VPL (R\$)	80.266,00	95.059,00	80.506,00
	TIR (%)	46	115	46
	<i>Payback</i> (anos)	2,54	0	2,54
350 caprinos	VPL (R\$)	93.092,00	111.266,00	93.331,00
	TIR (%)	45	119	45
	<i>Payback</i> (anos)	2,5	0	2,51
400 caprinos	VPL (R\$)	106.416,00	127.971,00	82.053,00
	TIR (%)	45	123	41
	<i>Payback</i> (anos)	2,48	0	2,39

Fonte : Elaboração própria, 2009

Tabela 13 - Resultados de VPL, TIR e Payback não considerando a incorporação de custo para adesão ao mercado de carbono – Mão de obra inclusa

Análise de viabilidade - Implantação de biodigestores sem incorporação de custos de acreditação para o mercado de carbono e mão de obra		SITUAÇÃO		
		SITUAÇÃO VIII GLP, eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono	IX GLP, biofertilizante crédito de carbono	SITUAÇÃO X Eletricidade, biofertilizante e crédito de carbono
50 caprinos	VPL (R\$)	VD	VD	VD
	TIR (%)	TD	TD	TD
	Payback (anos)	VD	VD	VD
100 caprinos	VPL (R\$)	6.025,00	10.986,00	6.265,00
	TIR (%)	15	35	15
	Payback (anos)	6,66	3,8	6,75
150 caprinos	VPL (R\$)	16.144,00	23.186,00	16.383,00
	TIR (%)	23	52	23
	Payback (anos)	4,36	2,85	4,39
200 caprinos	VPL (R\$)	25.695,00	35.230,00	25.748,00
	TIR (%)	26	63	26
	Payback (anos)	4,88	1,22	4,9
250 caprinos	VPL (R\$)	35.231,00	47.437,00	35.561,00
	TIR (%)	29	71	29
	Payback (anos)	3,15	1,43	3,17
300 caprinos	VPL (R\$)	44.822,00	59.615,00	45.062,00
	TIR (%)	30	77	30
	Payback (anos)	3,31	5,57	3,33
350 caprinos	VPL (R\$)	53.394,00	75.305,00	53.634,00
	TIR (%)	30	85	30
	Payback (anos)	3,33	1,71	2,34
400 caprinos	VPL (R\$)	62.466,00	84.020,00	62.707,00
	TIR (%)	30	86	30
	Payback (anos)	3,36	1,71	3,37

Fonte : Elaboração própria, 2009

7 CONCLUSÕES

A busca pela melhoria da qualidade de vida, através do aproveitamento adequado dos recursos naturais para a geração de energia e demais produtos, é a principal razão para a implantação dos biodigestores no semiárido baiano. Para tanto, o estudo de viabilidade técnica e econômica aplicado nos principais municípios que apresentam rebanhos caprinos, serviu como indicador para o possível uso dessa tecnologia.

Seguindo os critérios de quantidade de rebanho caprino por unidade rural, e, principalmente da disponibilidade e qualidade da água, o mapeamento realizado nessas localidades, permitiu identificar os municípios com potenciais para implantação dos biodigestores. Os estudos revelaram que mais da metade desses municípios, possuem potenciais para implantação e estão, em maioria, localizados próximos ao Rio São Francisco.

Quanto aos parâmetros técnicos, os resultados mostraram vantagens qualitativas e quantitativas do uso de biodigestores, no aproveitamento de resíduos caprinos para a produção de energia e co-produtos, evidenciados através de dados técnicos convertidos em ganhos econômicos e ambientais. Dentre os modelos realizados foi possível constatar que o uso do biodigestor em pequenas propriedades apresenta vantagens como fonte alternativa de energia na substituição do gás de cozinha e eletricidade, e, do aproveitamento do efluente gerado como fertilizante. Na substituição do gás de cozinha, foi identificada uma viabilidade técnica a partir de 50 cabeças. Para a geração de eletricidade, a viabilidade é evidenciada a partir de 100 cabeças, sendo que com 50, a substituição atenderia de forma parcial. Na substituição do fertilizante sintético, o biofertilizante garantiu, além da economia com essa substituição, vantagem qualitativa na fertilização do solo, além de outros ganhos, como a redução de contaminantes e o mau cheiro nos apriscos. Evidenciou-se maiores ganhos econômicos e financeiros quando há combinação no aproveitamento de dejetos caprinos para uso do biogás e do biofertilizantes conjuntamente.

Ainda verificou-se a viabilidade de implantação do biodigestor na conversão do biogás em eletricidade, considerando-se a média de consumo de eletricidade rural e os investimentos aplicados com a implantação do biodigestor para a substituição do sistema de rede

convencional. Também foi constatada a possibilidade da utilização do biogás no acionamento de equipamentos elétricos rurais. A partir de rebanhos com 150 cabeças, a produção de biogás gerado para eletricidade é capaz de atender, além do consumo residencial, a utilização em equipamentos da atividade agropecuária.

O custo da energia elétrica, gerada a partir do biogás, é, em alguns casos, economicamente vantajoso quando comparado a energia de uso domiciliar, vendida pelas distribuidoras. À medida que aumenta o número de cabeças, os custos dessa geração reduzem significativamente. Ressalta-se que a incorporação dos ganhos gerados pelo biofertilizante propicia uma redução significativa dos custos do biogás, com mão de obra inclusa ou não, e, conseqüentemente diminuição nos custos da energia elétrica gerada.

Na análise de B/C, quando se incorporam os custos de mão-de-obra, a viabilidade da implantação do biodigestor fica comprometida em muitas situações. Aquelas que incluem a venda de crédito de carbono são totalmente desfavoráveis. As situações onde todo o biogás é usado como GLP ou para gerar eletricidade e há aproveitamento do biofertilizante, sempre mostram os melhores resultados financeiros e, a partir de rebanhos de 150 cabeças, apresentam um balanço de B/C igual ou levemente positivos. Com rebanhos iguais ou acima de 250 cabeças, os benefícios são mais de 20% maiores que os custos.

Na análise de VPL, *payback* e TIR foram viáveis na maioria das situações, para a condição do custo sem incorporação de mão de obra, com exceção para as situações que incluem o crédito de carbono. Isso significa possibilidades positivas para o uso na agricultura familiar. Entretanto, para operação e manutenção do biodigestor, deverá existir uma mão-de-obra que deve, de alguma forma ser remunerada.

Ainda em análise dos investimentos, foi verificado que, quando não são incorporados os custos de mão-de-obra (na condição que os membros da família realizam todos os serviços), para os tamanhos de rebanho analisados, a implantação de um biodigestor tem um saldo financeiro positivo, exceto na condição para o uso apenas de biofertilizante em 50 cabeças e quando se trabalha vendendo crédito de carbono. Os investimentos necessários para vender créditos de carbono são tão elevados que o resultado líquido é negativo. Para a condição do

custo de mão de obra incorporado, os estudos evidenciaram VPL, *payback* e taxa interna de retorno viáveis a partir de 200 cabeças.

Os maiores valores encontrados de VPL e TIR estão na combinação do uso do biogás como substituinte do GLP e biofertilizante. O mesmo ocorre com os menores valores de *payback*. Os resultados são válidos considerando a incorporação ou não da mão-de-obra.

Em uma unidade com 50 cabeças, o menor valor de VPL está no uso combinado do biogás para substituir o GLP e gerar eletricidade. Nessa mesma quantidade, o uso combinado em eletricidade e biofertilizante gera um maior *payback* podendo aproximar-se ao período de vida útil do biodigestor.

Para a geração de uso apenas em eletricidade ou do GLP combinado com eletricidade, o maior tempo de retorno para quantidades superiores a 200 cabeças é de aproximadamente 6 anos.

Quando incorporado a mão de obra, apresenta em maioria, a inviabilidade de implantação (VPL negativo). Nessa condição, encontra viabilidade apenas a aplicação para queima direta e biofertilizante a partir de 200 caprinos.

Dessa forma é possível afirmar que o biofertilizante torna-se um importante produto gerado pelo processo de biodigestão, pois o mesmo possibilita a garantia de viabilidade da implantação de um biodigestor, principalmente quando se tem incorporado, os custos de mão-de-obra.

Ressalta-se ainda a grande contribuição ambiental quanto ao uso otimizado dos dejetos caprinos. Os cálculos de implantação dos biodigestores demonstraram grande eficiência na mitigação da emissão de gases do efeito estufa. Contudo, para os tamanhos dos rebanhos estudados, os ganhos econômicos e financeiros decorrentes dessa geração ainda não são suficientes na conversão em créditos de carbono, devido aos elevados custos de validação, registro e certificação ao mercado de carbono e do horizonte de vida útil dos equipamentos. Nas situações que incluem o crédito de carbono, para a sua viabilidade faz-se necessário que os investimentos de adesão ao mercado de carbono não estejam incorporado ao custo de

capital. Isso significaria a utilização de recursos de projetos especiais, oriundo de fontes não-reembolsáveis.

Entende-se que o objetivo geral dessa pesquisa foi alcançado. Contudo, o modelo sugerido, ainda necessita ser aplicado e avaliado na prática, para que se possa efetivamente ser considerado como um projeto viavelmente sustentável. Assim sugere-se para futuros trabalhos, uma análise mais detalhada sobre a disponibilidade dos recursos hídricos nesses municípios, focando-se, principalmente nos níveis de vazões dos mananciais e na análise da qualidade da água nos municípios que não foram disponibilizados as informações quantitativas e qualitativas. Quanto à salinidade da água, vale-se os estudos a fim de identificar o máximo nível que se poderia Ter para o uso como biofertilizante, sem comprometer a qualidade de fertilização e provocar a degradação do solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, José Leandro Casa Nova. **Análise de viabilidade técnica e econômica de implantação de uma microusina hidrelétrica**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, São Paulo, 2007. p.30.

ALMEIDA, Silvio Carlos Aníbal; FRANÇA, Vinícius Curi; MAURO JUNIOR, Leonardo. **Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental de utilização de biodigestores em uma fazenda no Recreio dos Bandeirantes**. Rio de Janeiro: AGRENER GD/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. p. 3.

ALVES, F.S.F ; PINHEIRO, R.R. **O esterco caprino e ovino como fonte de renda**. Embrapa caprinos 2002. Disponível em:< <http://www.caprítec.com>>. Acesso em : 23 jun. 2004.

ALVES, Rex Nazaré. A evolução da matriz energética brasileira – alternativas para 2022. **Comunicação & Política**, v. 23, n. 3, p. 72, set./dez. 2005.

AMORIM, A. C. **Caracterização de dejetos caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. UNESP, 2002. p. 21-63.

AMORIM, A. C.; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K. T. Biodigestão de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Engenharia Agrícola**, v.24, n1, 2004. p. 16-24.

BAHIA. Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia. **Efetivo de rebanho caprino por município do estado da Bahia**. Salvador, 2007.

BAHIA. Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia. **Levantamento de informações de oferta hídrica: dados coletados em campo**. Salvador, 2009a.

BAHIA. Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia. **Relatório perfil municipal: dados coletados em campo**. Salvador, 2009b.

BAHIA. Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia. Programa de fortalecimento da atividade empresarial: **Plano de desenvolvimento de APL de caprinocultura da Bahia**. Salvador, 2008. p. 2-6.

BALANÇO Energético Nacional 2008a – Ano Base 2006. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

BAUMGÄRTNER, Stefan. **Entropy**. International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. 2003. p. 1-5.

BRASIL. **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 16 out. 2009.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2004. p. 10-14.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Relatório sobre desenvolvimento sustentável**. 2008. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0206/206713.pdf>. Acesso em: 10 out. 2009.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Informativo luz para todos. Brasília: 2008. n.010.
BRUNDTLAND. **Relatório da Comissão Mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. p. 3, 225 e 209.

BRUNI, Adriano Leal. **Avaliação de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2008. p. 273-340. (Série finanças na prática).

CANAFÍSTULA, Francisco José Firmino; CARVALHO, Paulo César Marques de. **Avaliação da equivalência energética do biogás de esterco de caprinos**. 7º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. Fortaleza, Ceará. 2008.p. 3-10.

CARITAS. **Levantamento de números de cisternas demandadas e existentes no semiárido baiano**. Salvador, 2009. Dados fornecido por José Carlos.

CARVALHO, T.; NOLASCO, M. A. Créditos de carbono e geração de energia com uso de biodigestores no tratamento de dejetos suínos. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n. 3, p. 23-32. 2006.

COLDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso do biogás de bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. Paraná. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Paraná, 2006. p. 1-17; p. 22-51.

CONAB. Superintendência Regional da Bahia e Sergipe. **Caprinocultura na Bahia**. Maio 2006. Disponível em :<<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 10 out.. 2009.

CONEJERO, M. A. **Marketing de créditos de carbono**: Um estudo exploratório. 2006, 265 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

COMPANHIA ELÉTRICA DO ESTADO DA BAHIA – COELBA. **Informativo sobre investimentos e unidades energizadas pelo Programa Luz para Todos**. Disponível em: <<http://www.coelba.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2009.

CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2002. p.10-130.

CORRÊA, Juliano Corulli. A recomendação da dose e distribuição da forma correta de biofertilizante de suíno. **Boletim Informativo de Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 25 nov. 2009.

CUNHA, Kamyla B., **Mecanismo de desenvolvimento limpo**: evolução dos instrumentos e suas perspectivas. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Planejamento de Sistemas Energéticos. Campinas, São Paulo, 2005. p.22; p.55-174.

DALY, Herman E. Operationalizing **Sustainable** development by investing in natural capital. In: JANSSON, AnnMari et al. (eds.). **Investing in capital natural**: the ecological economics approach to sustainability. Washington, D.C.: Island Press, 1994.

DARTORA, V.; PERDONO, C.C.; TUMELERO, I.L. Manejo de dejetos de suínos. **Boletim Informativo de Pesquisa**, Concórdia – SC. mar. 1998.

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. São Paulo: Max Limonad, 1997.p. 26.

DOUGLAS, Ralph W. **Synthetic natural gás from animal wastes by anaerobic fermentation**. In: CLEAN fuel from biomass, sewage, urban refuse, agricultural wastes. Orlando – Flórida. 1932.p. 27-30.

ELETRORBRÁS. CGPS. **Plano decenal de expansão 1996-2008**. dez. 2008b.

ELETRORBRÁS. **Relatório sobre balanço energético**. 2008a. Disponível em: <<http://www.eletrabras.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2009.

EMBRAPA. **Informativo de Boletim Técnico**. 2009. Disponível em:<<http://www.cnpqg.embrapa.br>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Mercado de energia elétrica 2006-2015**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 9, 2008.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. **International energy annual**. 2008a. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

FRIES, M. R.; AITA, C. Aplicação de esterco bovino e efluente de biodigestor em um solo Podzólico vermelho amarelo: efeito sobre a produção de matéria seca e absorção de nitrogênio pela cultura do sorgo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, p.10, 1990.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO-FAPESP. **Relatório do IPCC aponta que aquecimento global pode ser detido**. São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://360graus.terra.com.br/ecologia>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na Região de Toledo** – PR. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003. p. 1-125.

GOODLAND, R. DALY, H.; SERAFY, S. **Population, technology and lifestyle**: the transition to sustainability. Washington, D.C.: Island Press, 1996.

HARRIS, Jonathan M. **Sustainability and sustainable development**. International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. 2003. p. 1-8.

INFORMATION AND DIVISORY SERVICE ON APROPRIATE TECHNOLOGY – ISAT. **Biogas digest**. 1988. v. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Mapa cartográfico hidroquímico**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Senso agropecuário**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Pesquisa pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA BAHIA- INGÁ. **Programa de monitoramento da qualidade das águas do estado da Bahia**: Rede de amostragem, resultados e considerações finais. Segunda campanha trimestral. Salvador, 2009.

IPCC. **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. A report of Working Group II of the Intergovernmental Panel On Climate Change. Bonn, 2001.

IPCC. IPCC special report – the regional impacts of climate change: na assessment of vulnerability **.Summary for polymakers**. Bonn, 2007.

IPCC. IPCC special report – the regional impacts of climate change: na assessment of vulnerability **.Summary for polymakers**. Bonn, 1990.

JARDIM, W. R. **Criação de caprinos**. 3.ed. São Paulo, 1997. p. 239.

JUSTI, Edrilene Barbosa Lima. **Mecanismo de desenvolvimento limpo em São Gabriel do Oeste-MS**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2007. p. 27-32; 50-70.

KIEL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. p.492.

KITAMURA, P. C. **A Amazônia e o desenvolvimento sustentável**. Brasília, EMBRAPA: 1994. p.11-17.

KULA, E. **Economics of natural resources and enviroment**. Caharpmann & Hall, 1992.

LOZANO, M.A; VALERO, A. **Theory of the exergetic cost. energy**, 1993. p.939-960

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

MAGALHÃES, E. A.; SOUZA, S. N. M.; AFONSO, A. D. L.; RICIERY, R. P. Confeção e avaliação de um sistema de remoção do CO2 contido no biogás. **Acta Scientiarum**. 2004.

MATTOS, WRS. **Poluição ambiental e seus efeitos**. Brasília. ABEAS; 2001. p. 121. Curso uso natural dos recursos hídricos naturais e seus reflexos no meio-ambiente. Módulo 6 Viçosa. 2001.

McCORMICK, John. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992. p. 109.

MEADOWS, D. H. **Limites do crescimento**. São Paulo, 1992.

MELO FILHO, José Fernandes de; SOUZA, André Leonardo Vasconcelos. O manejo e a conservação do solo no semiárido baiano: desafios para sustentabilidade, **Bahia Agríc.**, v.7, n.3, p. 50-60. nov.2006.

MOGAMI, Cristina Akemi. **Influência de diferentes dietas nas características dos dejetos de cabras leiteiras com vistas à produção de biogás**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Faculdade de Engenharia Agrícola. Minas Gerais. 2005. p. 1-45.

NISHIMURA, Rafael. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. p. 12

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986. 93 p.

NOORGAARD, R. B. **Development betrayed**. New York: Routledge, 1994.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. **FAO statistics**. Disponível em: < <http://www.faostatistics.org.br>>. Acesso em: 10 out. 2009.

PINTO, Claudio Plaza. **Tecnologia da digestão anaeróbia da vinhaça e desenvolvimento sustentável**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 1999.p. 118-123.

POMPONET, Andre Silva. **Diagnósticos antigos, dilemas atuais: perspectivas para a caprinocultura no nordeste semi-árido da Bahia**. Feira de Santana, Bahia: SEPLAN. 2008. p. 3.

QUADROS, D.G. et al. **Análise econômica de biodigestores de PVC flexível para aproveitamento de dejetos da caprino - ovinocultura na agricultura familiar**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA. 2009. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF. 2009a. 1 CD-ROM.

QUADROS, D.G. et al. **Produção de biogás e caracterização do biofertilizante usando dejetos de caprinos e ovinos em biodigestor de PVC flexível**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA. 2009. Curitiba.. **Anais...** Curitiba:FUPEF. 2009b. 1 CD-ROM.

RATHMANN, Régis; BENEDETTI, Omar; PLÁ, Juan Algorta; PADULA, Antonio Domingos. Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira? In: SEMINÁRIO DE GESTÃO DE NEGÓCIOS, 2, 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UNIFAE, 2005. p. 2.

ROEGEN, Georgescu N. **The entropy law and econômica process**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

ROSA, Vitor Hugo da Silva. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil**: em busca de um modelo sustentável. 2007. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília. 2007. p. 92; p. 111-128; p. 137-216.

ROSEN, M. A. Dincer, I. On exergy and environmental impact. **International Journal of Energy Research**, p. 643-654, 1997.

SANTOS, P. **Guia técnico do biogás**. Portugal: Centro para Conservação de Energia, 2000.

SEABRA, Joaquim Eugênio Abel. **Avaliação técnica e econômica de opções para aproveitamento da biomassa de cana no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008. p. 188.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA - SEBRAE. **Análise mercadológica-Ovinocaprinocultura**. set. 2005.

SGANZERLA, E. **Biodigestor**: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária.1983.p. 88.

SILVA, Valderi V. da; AZEVEDO, Joaquim N. de. **A produção e consumo de biogás**. 1997.

SOUZA, C. F. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos**: obtenção de dados e aplicação no desenvolvimento de um modelo dinâmico de simulação da produção de biogás. 2001. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001. p.140.

SOUZA, S.N.M et al. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum**. 2004. p. 127-133.

SPRINGER, Urs. The market for tradable GHG permits under the Kyoto Protocol : a survey of model studies. **Energy Economics**, p. 527-551. 2003.

SUASSUNA, João. **Água no semiárido nordestino**: contradição nas ações de uso. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. 2008. p. 1.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. **Levantamento de informações gerais, sócio e econômicas dos municípios estudados do semiárido baiano**. Salvador, 2008. Disponível em: < <http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

_____. **Levantamento de informações gerais, sócio e econômicas dos municípios estudados do semiárido baiano**: mapa pluviométrico do estado da Bahia. Bahia. 2003. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

TEIXEIRA, Eglé Novaes. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores**. 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. São Paulo, 1985. p. 12-150.

UN-HABITAT – UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS. **Application of biomass energy technologies**. Nairobi: UNCHS, 1993. p. 158.

UNITED NATIONS ENVIROMENTAL PROGRAMME – UNEP UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. **Climate change information**. United Nations Enviromental Programe NS United Nations Framework Convention on Climate Change, 2001.

UNITED NATIONS ENVIROMENTAL PROGRAMME – UNEP. **A review of research debates and positions industry sectorial approaches and climate action: from global to local. Level in a post – 2010**. 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Ambiental. Grupo de recursos hídricos – GRH, **Projeto proposta metodológica para enquadramento dos corpos d'água em bacias de regiões semiárida**. Salvador, 2007. p. 1-22.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornel University. 1994. p. 476.

VEIGA, José Eli da. **Meio-ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: SENAC, 2006. p. 49-56.

WALTER, Arnaldo. **Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: barreiras, ações e perspectivas**. Faculdade de Engenharia Mecânica. Departamento de Energia. Unicamp. 2000. p. 10.

WINROCK. **Manual de biodigestão**. WINROCK/UNEB/EBDA. 2008. Disponível em: <<http://www.winrock.org.br.html>>. Acesso: 29 nov. 2009.

APÊNDICES

GANHOS NO GLP, ENERGIA ELÉTRICA, FERTILIZANTES E CRÉDITOS DE CARBONO NA GERAÇÃO DE BIOGÁS									
Quantidade de caprinos - "n" cabeças→		50	100	150	200	250	300	350	400
BIOGÁS									
Quantidade de cabeças	Unidade	50	100	150	200	250	300	350	400
Dejetos	kg/dia-cabeça	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Dejetos - 50 cabeças	kg/(dia)	25,0	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0	200,0
Dejetos - 50 cabeças	kg/mês	750	1.500	2.250	3.000	3.750	4.500	5.250	6.000
Dejetos - 50 cabeças	kg/ano	9.125	18.250	27.375	36.500	45.625	54.750	63.875	73.000
Relação de água : dejetos	kg/kg	4	4	4	4	4	4	4	4
Quantidade de água para 1 cabeça	L/dia-cabeça	2	2	2	2	2	2	2	2
Quantidade de água para 1 cabeça	L/mês-cabeça	60	60	60	60	60	60	60	60
Quantidade de água para 1 cabeça	L/ano-cabeça	730	730	730	730	730	730	730	730
Quantidade de água para "n" cabeças	L/dia	100	200	300	400	500	600	700	800
Quantidade de água para "n" cabeças	L/mês	3.000	6.000	9.000	12.000	15.000	18.000	21.000	24.000
Quantidade de água para "n" cabeças	L/ano	36.500	73.000	109.500	146.000	182.500	219.000	255.500	292.000
Dejeto+ água - "n" cabeças	kg/dia	125	250	375	500	625	750	875	1.000
Dejeto+ água - "n" cabeças	kg/mês	3.750	7.500	11.250	15.000	18.750	22.500	26.250	30.000
Dejeto+ água - "n" cabeças	kg/ano	45.625	91.250	136.875	182.500	228.125	273.750	319.375	365.000
Densidade do biogás	kg/m ³	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Conversão de dejetos em biogás	m ³ /kg dejetos	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
produção de biogás por cabeça	m ³ /cabeça	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305
Produção de biogás para "n" cabeças	m ³ /dia	1,53	3,05	4,58	6,10	7,63	9,15	10,68	12,20
Produção de biogás para "n" cabeças	m ³ /mês	45,8	91,5	137,3	183,0	228,8	274,5	320,3	366,0
Concent. de nutriente P no fertilizant. convenc.	%	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Concent. de nutriente K no fertilizant. convenc.	%	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58

APÊNDICE A - Quadro 33 Ganhos no GLP, energia elétrica, fertilizantes e créditos de carbono na geração de biogás - - unidades de 50 a 400 caprinos.

GANHOS NO GLP, ENERGIA ELÉTRICA, FERTILIZANTES E CRÉDITOS DE CARBONO NA GERAÇÃO DE BIOGÁS									
Quantidade de caprinos - "n" cabeças→		50	100	150	200	250	300	350	400
BIOGÁS									
Produç. Uréia equiv.no biofertiliz.-"n" cabeças	kg/ano	63,4	126,8	190,2	253,6	317,0	380,4	443,8	507,2
Superfosfato simples equival. -"n" cabeças	kg/ano	17,70	35,40	53,10	70,80	88,50	106,20	123,90	141,60
Cloreto Potássio equival. - 'n" cabeças	kg/ano	203	406	609	812	1.015	1.217	1.420	1.623
Preço Uréia	R\$/kg	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Preço Superfosfato simples	R\$/kg	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Preço do Cloreto de Potássio	R\$/kg	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
GANHO NO BIOFERTILIZANTE	R\$/ano	463,68	927,35	1.391,03	1.854,70	2.318,38	2.782,06	3.245,73	3.709,41
CRÉDITO DE CARBONO									
Densidade do biogás	kg/m ³	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Produção de biogás - "n" cabeças	m ³ /ano	557	1.113	1.670	2.227	2.783	3.340	3.896	4.453
Concentração de metano	% em massa	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Produção de metano - 'n" cabeças	kg/ano	313	626	939	1.253	1.566	1.879	2.192	2.505
Redução de GEE na queima	metano	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Redução de GEE na queima	óxido nitroso	309,0	309,0	309,0	309,0	309,0	309,0	309,0	309,0
Redução de CO ₂ equivalente	t /ano	29,0	58,0	87,0	116,0	145,0	174,0	203,0	232,0
Venda da redução de CO ₂	R\$/t	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
GANHO NA REDUÇÃO DE CO₂ equiv.	R\$/ano	899,00	1.798,00	2.697,00	3.596,00	4.495,00	5.394,00	6.293,00	7.192,00
TOTAL DE GANHOS	R\$/ano	2.612,81	5.225,61	7.838,42	10.451,22	13.064,03	15.676,83	18.289,64	20.902,44

APÊNDICE A - Cont. Quadro 33. Ganhos no GLP, energia elétrica, fertilizantes e créditos de carbono na geração de biogás - - unidades de 50 a 400 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

Quant. Cabeças	VB Volume Biodig	Área biodig	Investimentos													
			Manta 1,0 mm	Tubos PVC 150 mm	Tubos PVC 40 mm	Caixa alvenaria	Válvula e conexões	Escavação	Frete	Mão-obra Instalação	Implant. Biodigest	Moto - gerador	Total c/ moto-gerador	Moto - bomba	Total c/ biodigest + moto-bomba	Total c/ motogerad+ moto-bomba
un	m ³ (1)	m ² (1)	R\$/m ²	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
50	6	59	1.000	150	75	400	200	400	250	400	2.875	500	3.375	1.200	4.075	7.450
100	11	83	1.500	225	113	600	200	600	250	600	4.088	1.300	5.388	1.200	5.288	10.676
150	17	108	2.000	300	150	800	200	800	250	800	5.300	2.500	7.800	1.200	6.500	14.300
200	23	132	2.500	450	225	1.000	200	1.000	250	1.000	6.625	4.000	10.625	1.200	7.825	18.450
250	28	157	3.000	525	263	1.200	200	1.200	250	1.200	7.838	5.700	13.538	1.200	9.038	22.576
300	34	181	3.500	600	300	1.400	200	1.400	250	1.400	9.050	7.500	16.550	1.200	10.250	26.800
350	39	206	4.000	675	338	1.600	200	1.600	250	1.600	10.263	10.000	20.263	1.200	11.463	31.726
400	45	230	4.500	750	375	1.800	200	1.800	250	1.800	11.475	12.500	23.975	1.200	12.675	36.650

dados estimados a partir de extrapolação de valores Manual Winrock

(1) valores estimados a partir da tabela de dados da Winrock - Manual de Biodigestor

APÊNDICE B - Quadro 34 Investimentos na implantação de um biodigestor - - unidades de 50 a 400 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
50 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	607				607	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429,1	178	1,42
Situação II	Substituição de eletricidade.		643			643	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429,1	214	1,50
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	179			617	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429	188	1,44
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	607		464		1.071	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429,1	642	2,50
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		643	464		1.106	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429	677	2,58
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			464		464	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429,1	35	1,08
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	179	464		1.081	2.875	10	288	115	0,00	26,6	0,0	429	652	2,52
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	179	464	899	1.980	2.875	10	288	115	0,00	26,6	16.000	16.429	-14.449	0,12
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	607		464	899	1.970	2.875	10	288	115	0,00	26,6	16.000	16.429	-14.459	0,12
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		643	464	899	2.005	2.875	10	288	115	0,00	26,6	16.000	16.429	-14.424	0,12

APÊNDICE C - Quadro 35 Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 50 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
100 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	1.214				1.214	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	625,6	589	1,94
Situação II	Substituição de eletricidade.		1.286			1.286	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	625,6	660	2,06
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	822			1.260	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	626	634	2,01
Situação IV	Substituiç.de GLP e	1.214		927		2.142	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	625,6	1.516	3,42
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		1.286	927		2.213	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	626	1.588	3,54
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			927		927	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	625,6	302	1,48
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	822	927		2.187	4.088	10	409	164	0,00	53,3	0,0	626	1.562	3,50
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	822	927	1.798	3.985	4.088	10	409	164	0,00	53,3	16.000	16.626	-12.640	0,24
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	1.214		927	1.798	3.940	4.088	10	409	164	0,00	53,3	16.000	16.626	-12.686	0,24
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		1.286	927	1.798	4.011	4.088	10	409	164	0,00	53,3	16.000	16.626	-12.614	0,24

APÊNDICE D - Quadro 36 Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 100 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo
											Mão-obra	água				
200 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	
Situação I	Substituição do GLP.	2.429				2.429	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034,1	1.395	2,35
Situação II	Substituição de eletricidade.		2.572			2.572	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034,1	1.538	2,49
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.108			2.546	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034	1.512	2,46
Situação IV	Substituiç.de GLP e	2.429		1.855		4.284	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034,1	3.250	4,14
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		2.572	1.855		4.426	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034	3.392	4,28
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			1.855		1.855	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034,1	821	1,79
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.108	1.855		4.401	6.625	10	663	265	0,00	106,6	0,0	1.034	3.366	4,26
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.108	1.855	3.596	7.997	6.625	10	663	265	0,00	106,6	16.000	17.034	-9.038	0,47
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	2.429		1.855	3.596	7.880	6.625	10	663	265	0,00	106,6	16.000	17.034	-9.154	0,46
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		2.572	1.855	3.596	8.022	6.625	10	663	265	0,00	106,6	16.000	17.034	-9.012	0,47

APÊNDICE E - Quadro 37 Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 200 caprinos..

Fonte : Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
250 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	3.036				3.036	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.230,5	1.806	2,47
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.215			3.215	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.230,5	1.984	2,61
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.751			3.189	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.231	1.958	2,59
Situação IV	Substituiç.de GLP e	3.036		2.319		5.356	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.230,5	4.125	4,35
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.215	2.319		5.534	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.231	4.303	4,50
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.319		2.319	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.230,5	1.089	1,88
Situação VII	Substituição do GLP, eletrid. e biofertilizante.	438	2.751	2.319		5.508	7.838	10	784	314	0,00	133,2	0,0	1.231	4.278	4,48
Situação VIII	Substituir GLP, eletrid, biofertil e Créd Carbono	438	2.751	2.319	4.495	10.003	7.838	10	784	314	0,00	133,2	16.000	17.231	-7.227	0,58
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.036		2.319	4.495	9.851	7.838	10	784	314	0,00	133,2	16.000	17.231	-7.380	0,57
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.215	2.319	4.495	10.029	7.838	10	784	314	0,00	133,2	16.000	17.231	-7.202	0,58

APÊNDICE F - Quadro 38 Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 250 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
300 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	3.643				3.643	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.426,9	2.216	2,55
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.857			3.857	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.426,9	2.431	2,70
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	3.394			3.832	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.427	2.405	2,69
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	3.643		2.781		6.424	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.426,9	4.997	4,50
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.857	2.781		6.639	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.427	5.212	4,65
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.781		2.781	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.426,9	1.354	1,95
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	3.394	2.781		6.613	9.050	10	905	362	0,00	159,9	0,0	1.427	5.186	4,63
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	3.394	2.781	5.394	12.007	9.050	10	905	362	0,00	159,9	16.000	17.427	-5.420	0,69
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.643		2.781	5.394	11.818	9.050	10	905	362	0,00	159,9	16.000	17.427	-5.609	0,68
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.857	2.781	5.394	12.033	9.050	10	905	362	0,00	159,9	16.000	17.427	-5.394	0,69

APÊNDICE G - Quadro 39 Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 300 caprinos..

Fonte Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo
											Mão-obra	água				
350 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	
Situação I	Substituição do GLP.	4.251				4.251	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650,0	2.601	2,58
Situação II	Substituição de eletricidade.		4.500			4.500	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650,0	2.850	2,73
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.037			4.475	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650	2.825	2,71
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.251		3.245		7.496	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650,0	5.846	4,54
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		4.500	3.245		7.746	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650	6.096	4,69
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.245		3.245	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650,0	1.595	1,97
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.037	3.245		7.720	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	0,0	1.650	6.070	4,68
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.037	3.245	6.293	14.013	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	16.000	17.650	-3.637	0,79
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.251		3.245	6.293	13.789	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	16.000	17.650	-3.861	0,78
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		4.500	3.245	6.293	14.039	10.263	10	1.026	411	0,00	213,2	16.000	17.650	-3.611	0,80

APÊNDICE H - Quadro 40. Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 350 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receita Bruta	Relação Benefício x Custo
											Mão-obra	água				
400 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	
Situação I	Substituição do GLP.	4.858				4.858	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.819,7	3.038	2,67
Situação II	Substituição de eletricidade.		5.143			5.143	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.819,7	3.324	2,83
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.679			5.117	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.820	3.298	2,81
Situação IV	Substituição de GLP e eletricidade	4.858		3.709		8.567	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.819,7	6.748	4,71
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		5.143	3.709		8.853	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.820	7.033	4,87
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.709		3.709	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.819,7	1.890	2,04
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.679	3.709		8.827	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	0,0	1.820	7.007	4,85
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.679	3.709	7.192	16.019	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	16.000	17.820	-1.801	0,90
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.858		3.709	7.192	15.759	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	16.000	17.820	-2.060	0,88
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		5.143	3.709	7.192	16.045	11.475	10	1.148	459	0,00	213,2	16.000	17.820	-1.775	0,90

APÊNDICE I - Quadro 41. Análise de benefício do biodigestor (sem incluir custo de mão-de-obra) – unidade com 400 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
50 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	607				607	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0,00	1.950,0	-1.343	0,31
Situação II	Substituição de eletricidade.		643			643	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0,00	1.950,0	-1.307	0,33
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	179			617	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0	1.950	-1.333	0,32
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	607		464		1.071	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0,00	1.950,0	-879	0,55
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		643	464		1.106	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0	1.950	-843	0,57
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			464		464	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0,00	1.950,0	-1.486	0,24
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	179	464		1.081	2.875	10	288	115	1.521	26,6	0	1.950	-869	0,55
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	179	464	899	1.980	2.875	10	288	115	1.521	26,6	16.000	17.950	-15.970	0,11
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	607		464	899	1.970	2.875	10	288	115	1.521	26,6	16.000	17.950	-15.980	0,11
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		643	464	899	2.005	2.875	10	288	115	1.521	26,6	16.000	17.950	-15.944	0,11

APÊNDICE J - Quadro 42. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 50 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
100 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	1.214				1.214	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.602,7	-1.388	0,47
Situação II	Substituição de eletricidade.		1.286			1.286	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.602,7	-1.317	0,49
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	822			1.260	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.603	-1.343	0,48
Situação IV	Substituiç.de GLP e	1.214		927		2.142	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.602,7	-461	0,82
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		1.286	927		2.213	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.603	-390	0,85
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			927		927	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.602,7	-1.675	0,36
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	822	927		2.187	4.088	10	409	164	1.977	53,3	0,0	2.603	-415	0,84
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	822	927	1.798	3.985	4.088	10	409	164	1.977	53,3	16.000	18.603	-14.617	0,21
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	1.214		927	1.798	3.940	4.088	10	409	164	1.977	53,3	16.000	18.603	-14.663	0,21
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		1.286	927	1.798	4.011	4.088	10	409	164	1.977	53,3	16.000	18.603	-14.592	0,22

APÊNDICE K - Quadro 43. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 100 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
200 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	2.429				2.429	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.923,7	-1.495	0,62
Situação II	Substituição de eletricidade.		2.572			2.572	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.923,7	-1.352	0,66
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.108			2.546	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.924	-1.378	0,65
Situação IV	Substituição de GLP e biofertiliz.	2.429		1.855		4.284	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.923,7	360	1,09
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		2.572	1.855		4.426	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.924	503	1,13
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			1.855		1.855	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.923,7	-2.069	0,47
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.108	1.855		4.401	6.625	10	663	265	2.890	106,6	0,0	3.924	477	1,12
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.108	1.855	3.596	7.997	6.625	10	663	265	2.890	106,6	16.000	19.924	-11.927	0,40
Situação IX	Substituir GLP, biofertil. e Créd Carbono.	2.429		1.855	3.596	7.880	6.625	10	663	265	2.890	106,6	16.000	19.924	-12.044	0,40
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		2.572	1.855	3.596	8.022	6.625	10	663	265	2.890	106,6	16.000	19.924	-11.901	0,40

APÊNDICE L - Quadro 44. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 200 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
250 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	3.036				3.036	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576,4	-1.540	0,66
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.215			3.215	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576,4	-1.362	0,70
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.751			3.189	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576	-1.388	0,70
Situação IV	Substituiç.de GLP e	3.036		2.319		5.356	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576,4	779	1,17
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.215	2.319		5.534	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576	957	1,21
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.319		2.319	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576,4	-2.257	0,51
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.751	2.319		5.508	7.838	10	784	314	3.346	133,2	0,0	4.576	932	1,20
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.751	2.319	4.495	10.003	7.838	10	784	314	3.346	133,2	16.000	20.576	-10.573	0,49
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.036		2.319	4.495	9.851	7.838	10	784	314	3.346	133,2	16.000	20.576	-10.726	0,48
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.215	2.319	4.495	10.029	7.838	10	784	314	3.346	133,2	16.000	20.576	-10.548	0,49

APÊNDICE M - Quadro 45. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 250 caprinos..

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo
											Mão-obra	água				
300 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	
Situação I	Substituição do GLP	3.643				3.643	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229,0	-1.586	0,70
Situação II	Substituição de eletricidade		3.857			3.857	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229,0	-1.371	0,74
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	3.394			3.832	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229	-1.397	0,73
Situação IV	Substituição de GLP e biofertiliz.	3.643		2.781		6.424	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229,0	1.195	1,23
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.857	2.781		6.639	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229	1.410	1,27
Situação VI	Substituição do biofertilizante			2.781		2.781	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229,0	-2.448	0,53
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	3.394	2.781		6.613	9.050	10	905	362	3.802	159,9	0,0	5.229	1.384	1,26
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	3.394	2.781	5.394	12.007	9.050	10	905	362	3.802	159,9	16.000	21.229	-9.222	0,57
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.643		2.781	5.394	11.818	9.050	10	905	362	3.802	159,9	16.000	21.229	-9.411	0,56
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.857	2.781	5.394	12.033	9.050	10	905	362	3.802	159,9	16.000	21.229	-9.196	0,57

APÊNDICE N - Quadro 46. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 300 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão-obra	água					
350 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	4.251				4.251	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908,3	-1.658	0,72
Situação II	Substituição de eletricidade.		4.500			4.500	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908,3	-1.408	0,76
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.037			4.475	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908	-1.434	0,76
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.251		3.245		7.496	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908,3	1.587	1,27
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		4.500	3.245		7.746	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908	1.837	1,31
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.245		3.245	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908,3	-2.663	0,55
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.037	3.245		7.720	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	0,0	5.908	1.812	1,31
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.037	3.245	6.293	14.013	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	16.000	21.908	-7.895	0,64
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.251		3.245	6.293	13.789	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	16.000	21.908	-8.120	0,63
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		4.500	3.245	6.293	14.039	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	16.000	21.908	-7.870	0,64

APÊNDICE O - Quadro 47. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 350 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

ANÁLISE DE BENEFÍCIO DO BIODIGESTOR	Ganho GLP	Ganho Ener- gia	Ganho Bio Fertili- zante	Ganho Créd Carb	Bene- fício Total	Custo Implan- tação biodig.	Vida Útil	Custo depre- ciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Outros custos	Total do Custo	Receit Bruta	Relaç Benef x Custo	
										Mão- obra	água					
400 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano		
Situação I	Substituição do GLP.	4.858				4.858	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534,2	-1.676	0,74
Situação II	Substituição de eletricidade.		5.143			5.143	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534,2	-1.391	0,79
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.679			5.117	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534	-1.417	0,78
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.858		3.709		8.567	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534,2	2.033	1,31
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		5.143	3.709		8.853	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534	2.318	1,35
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.709		3.709	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534,2	-2.825	0,57
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.679	3.709		8.827	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	0,0	6.534	2.293	1,35
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.679	3.709	7.192	16.019	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	16.000	22.534	-6.515	0,71
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.858		3.709	7.192	15.759	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	16.000	22.534	-6.775	0,70
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		5.143	3.709	7.192	16.045	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	16.000	22.534	-6.490	0,71

APÊNDICE P - Quadro 48. Análise de benefício do biodigestor (com custo de mão-de-obra incluso) – unidade com 400 caprinos.

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% AA.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
50 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	607				607	2.875	10	288	115	0	26,6	142	466
Situação II	Substituição de eletricidade.		643			643	2.875	10	288	115	0	26,6	142	501
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	179			617	2.875	10	288	115	0	26,6	142	475
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	607		464		1.071	2.875	10	288	115	0	26,6	142	929
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		643	464		1.106	2.875	10	288	115	0	26,6	142	965
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			464		464	2.875	10	288	115	0	26,6	142	322
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	179	464		1.081	2.875	10	288	115	0	26,6	142	939
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	179	464	899	1.980	2.875	10	288	115	0	26,6	142	1838
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	607		464	899	1.970	2.875	10	288	115	0	26,6	142	1828
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		643	464	899	2.005	2.875	10	288	115	0	26,6	142	1864

APÊNDICE Q - Quadro 49. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 50 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% AA.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
100 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	1.214				1.214	4.088	10	409	164	0	53,3	217	997
Situação II	Substituição de eletricidade.		1.286			1.286	4.088	10	409	164	0	53,3	217	1069
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	822			1.260	4.088	10	409	164	0	53,3	217	1043
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	1.214		927		2.142	4.088	10	409	164	0	53,3	217	1925
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		1.286	927		2.213	4.088	10	409	164	0	53,3	217	1996
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			927		927	4.088	10	409	164	0	53,3	217	711
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	822	927		2.187	4.088	10	409	164	0	53,3	217	1971
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	822	927	1.798	3.985	4.088	10	409	164	0	53,3	217	3769
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	1.214		927	1.798	3.940	4.088	10	409	164	0	53,3	217	3723
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		1.286	927	1.798	4.011	4.088	10	409	164	0	53,3	217	3794

APÊNDICE R - Quadro 50. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 100 caprinos
 Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
200 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	2.429				2.429	6.625	10	663	265	0	106,6	372	2057
Situação II	Substituição de eletricidade.		2.572			2.572	6.625	10	663	265	0	106,6	372	2200
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.108			2.546	6.625	10	663	265	0	106,6	372	2174
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	2.429		1.855		4.284	6.625	10	663	265	0	106,6	372	3912
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		2.572	1.855		4.426	6.625	10	663	265	0	106,6	372	4055
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			1.855		1.855	6.625	10	663	265	0	106,6	372	1483
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.108	1.855		4.401	6.625	10	663	265	0	106,6	372	4029
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.108	1.855	3.596	7.997	6.625	10	663	265	0	106,6	372	7625
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	2.429		1.855	3.596	7.880	6.625	10	663	265	0	106,6	372	7508
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		2.572	1.855	3.596	8.022	6.625	10	663	265	0	106,6	372	7651

APÊNDICE S - Quadro 51. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 200 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% AA.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
											Mão-obra	água		
250 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	3.036				3.036	7.838	10	784	314	0	133,2	447	2589
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.215			3.215	7.838	10	784	314	0	133,2	447	2768
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.751			3.189	7.838	10	784	314	0	133,2	447	2742
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	3.036		2.319		5.356	7.838	10	784	314	0	133,2	447	4909
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.215	2.319		5.534	7.838	10	784	314	0	133,2	447	5087
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.319		2.319	7.838	10	784	314	0	133,2	447	1873
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.751	2.319		5.508	7.838	10	784	314	0	133,2	447	5061
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.751	2.319	4.495	10.003	7.838	10	784	314	0	133,2	447	9556
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.036		2.319	4.495	9.851	7.838	10	784	314	0	133,2	447	9404
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.215	2.319	4.495	10.029	7.838	10	784	314	0	133,2	447	9582

APÊNDICE T - Quadro 52. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 250 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% AA.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
300 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	3.643				3.643	9.050	10	905	362	0	159,9	522	3121
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.857			3.857	9.050	10	905	362	0	159,9	522	3336
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	3.394			3.832	9.050	10	905	362	0	159,9	522	3310
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	3.643		2.781		6.424	9.050	10	905	362	0	159,9	522	5902
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.857	2.781		6.639	9.050	10	905	362	0	159,9	522	6117
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.781		2.781	9.050	10	905	362	0	159,9	522	2259
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	3.394	2.781		6.613	9.050	10	905	362	0	159,9	522	6091
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	3.394	2.781	5.394	12.007	9.050	10	905	362	0	159,9	522	11485
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.643		2.781	5.394	11.818	9.050	10	905	362	0	159,9	522	11296
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.857	2.781	5.394	12.033	9.050	10	905	362	0	159,9	522	11511

APÊNDICE U - Quadro 53. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 300 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
											Mão-obra	água		
350 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	4.251				4.251	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	3627
Situação II	Substituição de eletricidade.		4.500			4.500	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	3877
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.037			4.475	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	3851
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.251		3.245		7.496	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	6872
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		4.500	3.245		7.746	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	7122
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.245		3.245	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	2622
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.037	3.245		7.720	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	7096
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.037	3.245	6.293	14.013	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	13389
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.251		3.245	6.293	13.789	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	13165
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		4.500	3.245	6.293	14.039	10.263	10	1.026	411	0	213,2	624	13415

APÊNDICE V - Quadro 54. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 350 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
										Mão-obra	água		
400 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	4.858			4.858	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	4186
Situação II	Substituição de eletricidade.		5.143		5.143	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	4471
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.679		5.117	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	4445
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.858		3.709	8.567	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	7895
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		5.143	3.709	8.853	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	8181
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.709	3.709	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	3037
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.679	3.709	8.827	11.475	10	1.148	459	0	213,2	672	8155
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.679	3.709	7.192	16.019	10	1.148	459	0	213,2	672	15347
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.858		3.709	7.192	15.759	10	1.148	459	0	213,2	672	15087
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		5.143	3.709	7.192	16.045	10	1.148	459	0	213,2	672	15373

APÊNDICE W - Quadro 55. Fluxo de Caixa Operacional (sem custo de mão-de-obra) - Unidade com 400 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
											Mão-obra	água		
50 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	607				607	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-1055
Situação II	Substituição de eletricidade.		643			643	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-1020
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	179			617	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-1045
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	607		464		1.071	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-591
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		643	464		1.106	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-556
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			464		464	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-1199
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	179	464		1.081	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	-582
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	179	464	899	1.980	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	317
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	607		464	899	1.970	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	308
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		643	464	899	2.005	2.875	10	288	115	1.521	26,6	1662	343

APÊNDICE X - Quadro 56. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 50 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% AA.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
100 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	1.214				1.214	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-980
Situação II	Substituição de eletricidade.		1.286			1.286	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-908
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	822			1.260	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-934
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	1.214		927		2.142	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-52
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		1.286	927		2.213	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	19
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			927		927	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-1267
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	822	927		2.187	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	-6
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	822	927	1.798	3.985	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	1792
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	1.214		927	1.798	3.940	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	1746
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		1.286	927	1.798	4.011	4.088	10	409	164	1.977	53,3	2194	1817

APÊNDICE Y - Quadro 57. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 100 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Receita Bruta	
										Mão-obra	água			
200 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	2.429				2.429	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	-832
Situação II	Substituição de eletricidade.		2.572			2.572	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	-690
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	2.108			2.546	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	-715
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	2.429		1.855		4.284	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	1022
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		2.572	1.855		4.426	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	1165
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			1.855		1.855	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	-1406
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.108	1.855		4.401	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	1139
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	2.108	1.855	3.596	7.997	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	4735
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	2.429		1.855	3.596	7.880	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	4618
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		2.572	1.855	3.596	8.022	6.625	10	663	265	2.890	106,6	3261	4761

APÊNDICE Z - Quadro 58. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 200 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
250 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	3.036				3.036	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	-756
Situação II	Subst. de eletricidade		3.215			3.215	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	-578
Situação III	Subst GLP e eletricidade	438	2.751			3.189	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	-604
Situação IV	Subst.de GLP e biofertiliz.	3.036		2.319		5.356	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	1563
Situação V	Subst. de eletricidade e biofertilizante.		3.215	2.319		5.534	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	1741
Situação VI	Subst. do biofertilizante .			2.319		2.319	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	-1473
Situação VII	Subst. GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	2.751	2.319		5.508	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	1716
Situação VIII	Subst. GLP, eletricid, biofertil e Créd	438	2.751	2.319	4.495	10.003	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	6211
Situação IX	Subst. GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.036		2.319	4.495	9.851	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	6058
Situação X	Subst. eletric, biofertil e Créd Carbono		3.215	2.319	4.495	10.029	7.838	10	784	314	3.346	133,2	3793	6236

APÊNDICE AA - Quadro 59. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 250 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional	
										Mão-obra	água			
300 CAPRINOS	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	
Situação I	Substituição do GLP.	3.643				3.643	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	-681
Situação II	Substituição de eletricidade.		3.857			3.857	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	-466
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	3.394			3.832	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	-492
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	3.643		2.781		6.424	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	2100
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		3.857	2.781		6.639	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	2315
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			2.781		2.781	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	-1543
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	3.394	2.781		6.613	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	2289
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	3.394	2.781	5.394	12.007	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	7683
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	3.643		2.781	5.394	11.818	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	7494
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		3.857	2.781	5.394	12.033	9.050	10	905	362	3.802	159,9	4324	7709

APÊNDICE BB - Quadro 60. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 300 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
											Mão-obra	água		
350 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	4.251				4.251	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	-631
Situação II	Substituição de eletricidade.		4.500			4.500	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	-382
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.037			4.475	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	-407
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.251		3.245		7.496	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	2614
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		4.500	3.245		7.746	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	2864
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.245		3.245	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	-1637
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.037	3.245		7.720	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	2838
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.037	3.245	6.293	14.013	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	9131
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.251		3.245	6.293	13.789	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	8907
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		4.500	3.245	6.293	14.039	10.263	10	1.026	411	4.258	213,2	4882	9157

APÊNDICE CC - Quadro 61. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 350 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		Ganho GLP	Ganho Energia	Ganho Bio Fertilizante	Ganho Créd Carb	Benefício Total	Custo Implantação biodig.	Vida Útil	Custo depreciação	Custo Manut. (4% aa.)	Custo Operacional		Total Custo Fixo	Saldo do Fluxo Operacional
											Mão-obra	água		
400 CAPRINOS		R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$	anos	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$
Situação I	Substituição do GLP.	4.858				4.858	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	-529
Situação II	Substituição de eletricidade.		5.143			5.143	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	-243
Situação III	Substituição de GLP e eletricidade	438	4.679			5.117	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	-269
Situação IV	Substituiç.de GLP e biofertiliz.	4.858		3.709		8.567	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	3180
Situação V	Substituição de eletricidade e biofertilizante.		5.143	3.709		8.853	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	3466
Situação VI	Substituição do biofertilizante .			3.709		3.709	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	-1677
Situação VII	Substituição do GLP, eletricid. e biofertilizante.	438	4.679	3.709		8.827	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	3440
Situação VIII	Substituir GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono	438	4.679	3.709	7.192	16.019	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	10632
Situação IX	Substituir GLP, biofert. e Créd Carbono.	4.858		3.709	7.192	15.759	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	10372
Situação X	Substituir eletric, biofertil e Créd Carbono		5.143	3.709	7.192	16.045	11.475	10	1.148	459	4.715	213,2	5387	10658

APÊNDICE DD - Quadro 62. Fluxo de Caixa Operacional (com custo de mão-de-obra incluso) - Unidade com 400 caprinos

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE EE - Tabela 14 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 50 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 50 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	1466	14%	6,43										1,42
Situação II	Eletricidade.				1297	12%	5,82							1,50
Situação III	GLP e eletricidade				1058	11%	7,43							1,44
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							4589	23%	4,36				2,50
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										1545	9%	8,75	2,58
Situação VI	Biofertilizante							(1073)	0%	5,35				1,08
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										1305	8%	8,52	2,52
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(150314)	TD	0,00	0,12
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(147031)	TD	0,00				0,12
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(150075)	TD	0,00	0,12

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE FF - Tabela 15 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 100 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 100 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	5211	25%	4,66										1,94
Situação II	Eletricidade.				4578	19%	5,65							2,06
Situação III	GLP e eletricidade				4338	18%	5,52							2,01
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							12656	39%	2,10				3,42
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										7935	17%	5,32	3,54
Situação VI	Biofertilizante .							1336	10%	7,06				1,48
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										7695	17%	5,25	3,50
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(135544)	TD	0,00	0,24
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(130583)	TD	0,00				0,24
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(135304)	TD	0,00	0,24

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE GG - Tabela 16 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 200 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 200 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	12554	33%	3,60										2,35
Situação II	Eletricidade.				9885	20%	5,88							2,49
Situação III	GLP e eletricidade				9644	20%	5,82							2,46
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							28644	53%	2,89				4,14
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										19350	22%	4,18	4,28
Situação VI	Biofertilizante							6001	18%	5,40				1,79
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										19110	22%	4,15	4,26
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(107367)	-10%	0,00	0,47
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(97833)	-9%	0,00				0,46
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(107127)	-10%	0,00	0,47

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE HH - Tabela 17 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 250 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 250 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	16302	35%	3,80										2,47
Situação II	Eletricidade.				12264	20%	5,81							2,61
Situação III	GLP e eletricidade				12024	19%	5,76							2,59
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							36724	58%	1,06				4,35
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										24848	22%	4,30	4,50
Situação VI	Biofertilizante							8419	20,04%	5,88				1,88
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										24608	22%	4,27	4,48
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(93488)	-7%	0,00	0,58
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(81373)	-6%	0,00				0,57
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(93249)	-7%	0,00	0,58

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE II - Tabela 18 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 300 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 300 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	20048	37%	3,94										2,55
Situação II	Eletricidade.				14546	19,29%	5,74							2,70
Situação III	GLP e eletricidade				14305	19,08%	5,70							2,69
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							44774	61%	1,17				4,50
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										30222	23%	4,36	4,65
Situação VI	Biofertilizante							10811	22%	4,19				1,95
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										29981	23%	4,34	4,63
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(79734)	-5%	0,00	0,69
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(64941)	-3%	0,00				0,68
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(79494)	-4%	0,00	0,69

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE JJ - Tabela 19 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 350 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 350 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	23547	38%	2,01										2,58
Situação II	Eletricidade.				15876	18%	5,45							2,73
Situação III	GLP e eletricidade				15636	18%	5,41							2,71
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							52601	64%	1,24				4,54
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										34666	22%	4,28	4,69
Situação VI	Biofertilizante							12976	23%	4,37				1,97
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										34426	22%	4,26	4,68
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(66908)	-3%	0,00	0,79
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(48734)	-1%	0,00				0,78
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(66669)	-3%	0,00	0,80

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE KK - Tabela 20 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício versus custos para 400 caprinos (mão-de-obra não incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 400 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	27545	39%	2,11										2,67
Situação II	Eletricidade.				17706	17,25%	5,31							2,83
Situação III	GLP e eletricidade				17466	17,10%	5,27							2,81
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							60925	66%	1,31				4,71
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										39611	22%	4,25	4,87
Situação VI	Biofertilizante							15639	24%	4,58				2,04
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										39370	22%	4,24	4,85
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(53584)	-1%	0,00	0,90
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(32029)	1%	0,00				0,88
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(53343)	-1%	0,00	0,90

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE LL - Tabela 21 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 50 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 50 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(12711,50)	TD	0,00										0,31
Situação II	Eletricidade.				(12880,65)	TD	0,00							0,33
Situação III	GLP e eletricidade				(13119,95)	TD	0,00							0,32
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							(9588,97)	TD	0,00				0,55
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(12633,13)	TD	0,00	0,57
Situação VI	Biofertilizante							(15250,59)	TD	0,00				0,24
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(12872,42)	TD	0,00	0,55
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(164491,68)	TD	0,00	0,11
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(161208,23)	TD	0,00				0,11
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(164252,38)	TD	0,00	0,11

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE MM - Tabela 22 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 100 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 100 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(13220,25)	TD	0,00										0,47
Situação II	Eletricidade.				(13853,24)	TD	0,00							0,49
Situação III	GLP e eletricidade				(14093,37)	TD	0,00							0,48
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							(5775,20)	TD	0,00				0,82
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(10496,19)	TD	0,00	0,85
Situação VI	Biofertilizante							(17095,08)	TD	0,00				0,36
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(10736,32)	TD	0,00	0,84
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(153974,82)	TD	0,00	0,21
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(149013,70)	TD	0,00				0,21
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(153734,69)	TD	0,00	0,22

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE NN - Tabela 23 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 200 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 200 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(14383,42)	0%	0,00										0,62
Situação II	Eletricidade.				(17052,76)	TD	0,00							0,66
Situação III	GLP e eletricidade				(17293,13)	TD	0,00							0,65
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							1706,68	9%	8,83				1,09
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.						9,22				(7587,65)	-4%	0,00	1,13
Situação VI	Biofertilizante							(20936,43)	TD	0,00				0,47
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(7828,03)	-4%	0,00	1,12
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono						0,00				(134305,04)	TD	0,00	0,40
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(124770,33)	TD	0,00				0,40
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono						0,00				(134064,67)	TD	0,00	0,40

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE OO - Tabela 24 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 250 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 250 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(14888,81)	TD	0,00										0,66
Situação II	Eletricidade.				(18926,93)	TD	0,00							0,70
Situação III	GLP e eletricidade				(19166,76)	TD	0,00							0,70
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							5532,91	15%	6,85				1,17
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(6343,21)	-1%	0,00	1,21
Situação VI	Biofertilizante							(22771,83)	TD	0,00				0,51
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(6583,04)	-1%	0,00	1,20
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(124679,32)	-13%	0,00	0,49
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(112563,36)	-12%	0,00				0,48
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(124439,48)	-13%	0,00	0,49

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE PP - Tabela 25 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 300 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 300 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(15396,19)	TD	0,00										0,70
Situação II	Eletricidade.				(20898,51)	TD	0,00							0,74
Situação III	GLP e eletricidade				(21139,13)	TD	0,00							0,73
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							9330,08	20%	5,82				1,23
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(5222,25)	1%	0,00	1,27
Situação VI	Biofertilizante							(24632,92)	TD	0,00				0,53
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(5462,87)	1%	0,00	1,26
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(115178,39)	-10%	0,00	0,57
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(100385,45)	-9%	0,00				0,56
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(114937,77)	-10%	0,00	0,57

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE QQ - Tabela 26 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 350 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 350 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO X CUSTO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	
Situação I	GLP.	(16149,97)	TD	0,00										0,72
Situação II	Eletricidade.				(23821,45)	TD	0,00							0,76
Situação III	GLP e eletricidade				(24061,16)	TD	0,00							0,76
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							12903,07	23%	4,35				1,27
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(5031,41)	2%	0,00	1,31
Situação VI	Biofertilizante							(26721,54)	TD	0,00				0,55
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(5271,12)	2%	0,00	1,31
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(106605,90)	-8%	0,00	0,64
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(88431,71)	-7%	0,00				0,63
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(106366,19)	-8%	0,00	0,64

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE RR - Tabela 27 Consolidação dos valores VPL, TIR, *payback* e benefício vs custos para 400 caprinos (mão-de-obra incorporada)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO 400 CAPRINOS		Implantação 1			Implantação 2			Implantação 3			Implantação 4			RELAÇÃO BENEFÍCIO
		VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	VPL EM 10 ANOS	TIR	PAY BACK (ANOS)	X CUSTO
Situação I	GLP.	(16405,59)	TD	0,00									0,74	
Situação II	Eletricidade.				(26244,26)	TD	0,00						0,79	
Situação III	GLP e eletricidade				(26485,13)	TD	0,00						0,78	
Situação IV	e GLP e biofertiliz.							16974,22	26%	4,78			1,31	
Situação V	Eletricidade e biofertilizante.										(4339,45)	3%	0,00	1,35
Situação VI	Biofertilizante							(28312,01)	TD	0,00			0,57	
Situação VII	GLP, eletricid. e biofertilizante.										(4580,31)	3%	0,00	1,35
Situação VIII	GLP, eletricid, biofertil e Créd Carbono										(97534,35)	-6%	0,00	0,71
Situação IX	GLP, biofert. e Créd Carbono.							(75979,81)	-5%	0,00			0,70	
Situação X	Eletric, biofertil e Créd Carbono										(97293,48)	-6%	0,00	0,71

TD – Taxa desprezível

Fonte: Elaboração própria, 2009

APÊNDICE SS - Tabela 28 – Cálculo do volume pluviométrico

MUNICÍPIO	População A1	Área Rural A2	Unidades Rurais		Rebanho Caprino A5	Índice Pluviométrico A6	Índice Pluviométrico Mínimo A7	Volume diário de água de chuva na área rural A8=(A7 *1000/365) * A2	Volume diário de água de chuva/ unidade rural A9=A8/A3	Consumo de água /(rebanho-dia) A10= (A5*0,5*4) /1000	Percentual do volume diário de consumo por rebanho A11=A10/ A8
			Quantidade A3	com Capri- nos A4							
		(km ²)	unid.	unid.	cabeça	mm/ano	mm/ano	m ³ /dia	m3/unid.rural- dia	m3/cabeça-dia	%
Anagé	25.823	764	3.190	411	47.146	600-700	600	1.256.548	394	94,29	0,008%
Andorinha	14.359	516	864	587	43.762	600-700	600	848.367	982	87,52	0,010%
Antônio Gonçalves	11.107	218	933	8	3.384	600-700	600	357.863	384	6,77	0,002%
Barra	49.705	264	872	10	4.800	600-700	600	433.627	497	9,60	0,002%
Barreiras	135.650	3.606	1.694	45	2.100	1100-2000	1100	10.865.981	6.414	4,20	0,000%
Bom Jesus da Lapa	65.148	1.459	2.688	81	9.811	800-1100	800	3.197.392	1.190	19,62	0,001%
Cpo.Alegre Lourdes	27.686	789	3.109	1.908	120.965	600-700	600	1.297.726	417	241,93	0,019%
Campo Formoso	67.582	2.202	3.802	841	65.393	800-1100	800	4.825.381	1.269	130,79	0,003%
Cansanção	33.920	773	4.949	660	61.139	400-500	400	846.696	171	122,28	0,014%
Canudos	15.229	1.200	1.101	906	51.300	400-500	400	1.315.068	1.194	102,60	0,008%
Casa Nova	65.747	2.538	6.537	4.849	212.399	400-500	400	2.781.655	426	424,80	0,015%
Curaçá	33.929	1.341	3.177	2.775	167.453	400-500	400	1.470.093	463	334,91	0,023%
Euclides da Cunha	58.746	1.194	6.564	438	14.321	600-700	600	1.963.249	299	28,64	0,001%
Feira de Santana	584.497	587	7.824	250	7.474	800-1100	800	1.286.005	164	14,95	0,001%

Cont. APÊNDICE SS - Tabela 28 – Cálculo do volume pluviométrico

MUNICÍPIO	População A1	Área Rural A2	Unidades Rurais		Rebanho Caprino A5	Índice Pluviométrico A6	Índice Pluviométrico Mínimo A7	Volume diário de água de chuva na área rural A8=(A7 *1000/365) * A2	Volume diário de água de chuva/ unidade rural A9=A8/A3	Consumo de água /(rebanho-dia) A10 =(A5*0,5*4) /1000	Percentual do volume diário de consumo por rebanho A11=A10/ A8
			Quantidade A3	com Capri- nos A4							
		(km ²)	unid.	unid.	cabeça	mm/ano	mm/ano	m ³ /dia	m3/unid.rural- dia	m3/cabeça-dia	%
Filadélfia	16.319	413	1.611	45	3.522	600-700	600	678.148	421	7,04	0,001%
Guanambi	79.190	963	3.822	68	1.800	600-700	600	1.582.225	414	3,60	0,000%
Jaguarari	30.222	414	1.353	797	38.269	600-700	600	680.877	503	76,54	0,011%
Jequié	150.351	2.015	1.852	79	32.327	600-700	600	3.312.477	1.789	64,65	0,002%
Jeremoabo	13.771	1.578	2.775	353	38.915	600-700	600	2.593.184	934	77,83	0,003%
Juazeiro	237.627	2.452	4.045	2.214	218.951	400-500	400	2.686.948	664	437,90	0,016%
Jussara	15.229	457	1.804	192	12.000	600-700	600	750.904	416	24,00	0,003%
Monte Santo	53.577	1.359	8.041	2.938	117.600	600-700	600	2.233.414	278	235,20	0,011%
Oliveira dos Brejinhos	23.436	1.239	2.692	535	27.000	600-700	600	2.036.416	756	54,00	0,003%
Paulo Afonso	105.837	567	2.211	395	17.600	600-700	600	931.315	421	35,20	0,004%
Pilão Arcado	34.144	1.190	4.619	2.365	80.488	600-700	600	1.955.392	423	160,98	0,008%
Pintadas	10.831	484	1.461	52	2.999	400-500	400	530.849	363	6,00	0,001%
Ponto Novo	14.974	209	656	68	3.455	600-700	600	342.822	523	6,91	0,002%
Remanso	39.415	1.230	2.688	1.987	124.829	600-700	600	2.021.573	752	249,66	0,012%
Senhor do Bonfim	75.393	362	848	71	25.719	600-700	600	595.397	702	51,44	0,009%

Cont. APÊNDICE SS - Tabela 28 – Cálculo do volume pluviométrico

MUNICÍPIO	População A1	Área Rural A2	Unidades Rurais		Rebanho Caprino A5	Índice Pluviométrico A6	Índice Pluviométrico Mínimo A7	Volume diário de água de chuva na área rural A8=(A7 *1000/365) * A2	Volume diário de água de chuva/ unidade rural A9=A8/A3	Consumo de água /(rebanho-dia) A10=(A5*0,5*4) /1000	Percentual do volume diário de consumo por rebanho A11=A10/A8
			Quantidade A3	com Caprinos A4							
		(km ²)	unid.	unid.	cabeça	mm/ano	mm/ano	m ³ /dia	m3/unid.rural-dia	m3/cabeça-dia	%
Sento Sé	38.181	2.030	2.135	691	46.639	400-500	400	2.225.096	1.042	93,28	0,004%
Sobradinho	21.978	201	370	130	13.352	600-700	600	330.427	893	26,70	0,008%
Uauá	25.257	977	2.896	2.286	191.485	400-500	400	1.070.203	370	382,97	0,036%
Valente	22.489	307	1.512	356	9.600	600-700	600	504.263	334	19,20	0,004%
Vitória da Conquista	313.898	1.816	3.550	229	14.121	600-700	600	2.984.827	841	28,24	0,001%

Fonte: Elaboração própria, 2009