

O biodigestor como alternativa energética para a pequena propriedade rural¹

ADEMIR FRANCISCO GIROTTO² e VATER JOSÉ STÜLP³

RESUMO - O presente estudo, realizado em dezembro de 1984, se propunha analisar a viabilidade econômica dos biodigestores, como alternativa energética para as pequenas propriedades rurais da microrregião do alto Uruguai catarinense. Estudou-se o efeito do tipo (digestor de pedra ou tijolo e campânula de ferro ou fibra de vidro) e tamanho do biodigestor (12 ou 25 m³ de biomassa) sobre seu custo anual e o custo do metro cúbico do biogás produzido. As relações entre as variáveis foram estudadas via análise tabular, enquanto que, para a análise da integração do biodigestor e sua competitividade frente a outras fontes alternativas de energia, usou-se a programação linear. O menor custo de produção do metro cúbico do biogás foi obtido pelo biodigestor de 25 m³ de biomassa, com campânula de ferro e digestor de pedra. Nas propriedades com até 12 ha de terra, com rede elétrica perto, o maior lucro é obtido combinando o uso do biodigestor de 12 m³ com eletricidade; já nas propriedades com mais de 12 ha, este lucro é alcançado com o uso do biodigestor de 25 m³; porém, neste caso, se o produtor resolver usar também a eletricidade, o seu lucro é reduzido em 8,5%. Concluiu-se que o biodigestor de 12 ou de 25 m³ se torna economicamente competitivo, frente às demais fontes energéticas, quando o biogás for utilizado em substituição ao gás de cozinha (GLP), gasolina ou óleo diesel.

Termos para indexação: biogás, energia.

¹ Recebido em 14.07.86.

Aceito para publicação em 05.10.88.

² Economista, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPASA), Caixa Postal D-3, CEP 89700 Concórdia, SC.

³ Economista Agrícola, Ph.D., Professor-Adjunto do Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas da UFRGS, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

THE BIOGAS PLANT AS AN ENERGETIC OPTION TO SMALL FARMER

SUMMARY - This study was carried out in December 1984 in order to analyze the economic viability of biogas plants as an energetic option to small farms of the alto Uruguai catarinense microregion. The effect of the kind (stone or brick digester and iron or fiber glass bellflower) and size of the biogas plant (12 or 25 m³ of sludge) over its own annual cost and the cost of each cubic meter (m³) of the produced biogas was studied. The relations among the variables were studied by tubular analysis, while linear programming was used to the analysis of the integration of the digester and its competitiveness compared to other alternative sources of energy. The lowest cost of each m³ of produced biogas was obtained by the plants with 25 m³ of organic wastes with iron bellflower and stone digester. In the group of farms up to 12 ha of land, the largest gain was obtained combining the use of 12 m³ large digester plants and electricity; in farms with more than 12 ha, this gain was gotten with the use of 25 m³ digest, but in this case, if the farmer also decided to use the electricity, the gain was reduced in 8.5%. It was concluded that the biogas plants became economically competitive compared to other alternative sources of energy when biogas was used in substitution to petroleum gas, gasoline or oil.

Index terms: biogas, energy.

INTRODUÇÃO

A independência energética, que tem sido buscada, em todo o País, com a construção de hidroelétricas, usinas nucleares e, principalmente, com a perfuração de novos poços de petróleo, é também uma necessidade a ser buscada pela propriedade rural. A energia encontra-se disponível nas propriedades sob a forma de recursos naturais, como, por exemplo: água, vento, sol e, ainda, os animais de tração, a força humana e a biomassa.

A produção do biogás, obtida através da fermentação anaeróbia de matérias orgânicas, tais como: dejetos de animais, restos de culturas etc., representa uma possibilidade importante na solução do problema de energia no meio rural.

Além de produzir o biogás, a biomassa, ao sofrer a fermentação anaeróbia, se transforma num biofertilizante de ótima qualidade, que pode ser utilizado como substituto do adubo químico, o que representa, para a propriedade, uma economia, e, para o País, uma redução na evasão de divisas.

A não-utilização de um recurso disponível na propriedade – como, por exemplo, os dejetos de suínos –, pode resultar na poluição dos rios, lagos, lagoas, atraindo moscas e possibilitando a sua proliferação, exalando um

forte odor, e, o que é mais grave, contamina os mananciais de água que abastecem tanto os homens como os animais.

O rebanho suíno da Microrregião do alto Uruguai catarinense, segundo dados da Associação de Crédito e Assistência Rural de Catarina, em 1983, era de cerca de 600 mil cabeças, e este rebanho produz em torno de 800 mil unidades para o abate por ano. Acredita-se que o manejo dos dejetos destes animais tem muito a ver com a contaminação da água, encontrada em trabalho realizado pela mesma instituição em 1983, na referida microrregião, onde se verificou que 92,42% das amostras de água coletadas para consumo humano apresentavam-se contaminadas, principalmente por *Ascaris* sp. e *Ancilostomus*.

TABELA 1. Destino dos dejetos de suínos, Santa Catarina, 1979.

Locais específicos para destino dos dejetos (%)	Níveis tecnológicos*			
	Baixo	Médio	Alto	Geral
Direto na lavoura	44,49	45,88	41,56	45,25
Esterqueira	4,96	11,93	42,53	9,25
Lagoa	9,60	6,66	—	7,90
Não aproveitados	38,18	35,25	15,91	36,27

* A classificação dos níveis tecnológicos está descrita na publicação a seguir.

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979).

Se utilizados, os dejetos de suínos que não são aproveitados, e mesmo os que são lançados diretamente na lavoura, poderiam representar uma redução nos custos de produção, ao gerar energia através de um biodigestor, e um aumento de produtividade na lavoura, quando utilizados como biofertilizantes.

A adoção de biodigestores como alternativa de redução dos gastos com energia tem encontrado resistência por parte dos produtores. Segundo Christmann (1983), existiam em 1982 apenas 236 biodigestores em Santa Catarina, embora o domínio da tecnologia de digestão anaeróbia e de operação de biodigestores em geral, na prática, não seja complexo nem difícil.

A resistência ao uso de biodigestor pode estar relacionada a problemas de inviabilidade econômica.

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a viabilidade econômica do biodigestor, como alternativa energética para a pequena propriedade rural. E como objetivos específicos: 1. avaliar o efeito do tamanho, do tipo de material usado na construção do biodigestor e do volume de produção, sobre o custo do metro cúbico do biogás; 2. analisar a competitividade econômica do biodigestor, frente a outras fontes energéticas capazes de atender à demanda de energia, na propriedade rural; 3. estimar o prazo de retorno do investimento em biodigestores efetuado pelos produtores, nas condições atuais de uso.

MATERIAL E MÉTODOS

A região objeto deste estudo é a microrregião do alto Uruguai catariense, que compreende os municípios de Concórdia, Seara, Itá, Xavantina, Irani, Ipumirim, Jaborá, Presidente Castelo Branco, Peritiba, Piratuna e Ipirá.

O tamanho médio das propriedades nesta microrregião é de, aproximadamente, 20 hectares.

Os dados primários foram levantados no período de setembro a outubro de 1984, por entrevistas diretas com todos os produtores que possuíam biodigestor em pleno funcionamento em suas propriedades no referido período. Dos 25 biodigestores encontrados, três foram desconsiderados, por não estarem instalados em propriedades rurais.

O nível de preços refere-se ao mês de dezembro de 1984.

A situação encontrada nas propriedades, quanto ao tipo e tamanho de biodigestor, está indicada na Tabela 2.

A distância média da propriedade à rede elétrica principal, considerada como longe, foi de 1,83 km, enquanto que como perto, consideraram-se menos de 100 m.

Alguns coeficientes técnicos sobre os biodigestores – por exemplo: quanto biogás produz cada tipo de influente; quanto consome cada equipamento que usa o biogás como combustível, etc. – foram levantados em revisão bibliográfica, conforme Antunes (1981), Silva (1980) e Filgueiras (1979).

A produção de biogás foi medida levando-se em consideração a capacidade de armazenamento da biomassa em digestão e o tipo de influente utilizado.

TABELA 2. Classificação das propriedades por tipo e tamanho de biodigestor.

Tipo	Tamanho		Total
	12 m ³	25 m ³	
1. Campânula de ferro e digestor de pedra	1	4	5
2. Campânula de ferro e digestor de tijolo	—	7	7
3. Campânula de fibra de vidro e digestor de pedra	1	1	2
4. Campânula de fibra de vidro e digestor de tijolo	1	7	8
Total	3	19	22

No presente estudo, analisou-se a relação entre o custo do metro cúbico de biogás produzido (C) e o tamanho do biodigestor (S), o tipo de biodigestor quanto ao material de construção (T) e a quantidade de biogás produzida (Y), ou seja: $C = f(S, T, Y)$.

O estudo das relações entre as variáveis da função acima foi realizado via análise tabular.

A competitividade econômica do biodigestor frente a outras fontes energéticas, dentro da propriedade agrícola, foi analisada através da programação linear.

Para esta análise, foram classificadas as 22 propriedades em dois grupos. O primeiro grupo, composto por 15 propriedades com até 12 ha, e o segundo grupo, por 07 propriedades com mais de 12 e no máximo 50 ha cultiváveis. A propriedade média do primeiro grupo é denominada, aqui, de propriedade 1, e a média do segundo grupo, de propriedade 2.

Simulou-se a integração do biodigestor na propriedade agrícola, via técnica da programação linear, para ambas as propriedades médias.

A seguir, são apresentados os principais componentes do modelo de programação linear empregado no presente estudo. O modelo de programação linear é composto de função-objetivo, atividades e restrições.

Função-objetivo

A função, maximizada pela programação, é representada pela soma das vendas dos animais e produtos da lavoura no ano agrícola, menos os custos relacionados com insumos agropecuários e serviços no processo

produtivo, sendo descontados, ainda, as depreciações, juros do capital, valor do trabalho não remunerado, bem como a energia destinada ao consumo familiar.

Atividades

As atividades de decisão consideradas no modelo são as seguintes:

1. Atividades de produção agropecuária: representam os processos pelos quais os recursos são transformados em produtos agrícolas ou de pecuária.

2. Atividades de vendas: são representadas pela venda de suínos terminados, reprodutores descartados, milho, soja, feijão etc.

3. Atividades de compra dos insumos: são representadas pelas compras de milho, concentrados, ração inicial, sementes, fertilizantes, defensivos, energia e outros.

4. Atividades de investimento: são as aquisições de equipamentos, instalações, benfeitorias.

5. Atividades de produção de energia: no modelo, foram introduzidos o biodigestor e a produção de lenha, que são atividades que demandam mão-de-obra, capital e terra.

Restrições incluídas no modelo

Foram consideradas as restrições referentes à disponibilidade de recursos e ao limite máximo de algumas culturas, por problemas de risco associado ao rendimento físico e/ou ao preço. Os recursos considerados foram os seguintes:

1. Mão-de-obra: são considerados todos os membros da família como trabalhadores na propriedade. Sua disponibilidade foi estimada por período. Foram considerados quatro períodos (agosto/outubro; novembro/janeiro; fevereiro/maio; junho/julho).

2. Terra: foram considerados como disponíveis todos os hectares atualmente cultivados.

3. Equipamentos: foram considerados todos os atualmente em uso nas propriedades.

4. Força animal: existe em cada propriedade uma junta de bois.

5. Edificações: foram consideradas as pocilgas, os depósitos etc.

6. Culturas: devido ao alto risco associado à cultura do feijão, limitou-se a área cultivada com feijão solteiro e milho consorciado com feijão. Limi-

tou-se, também, o cultivo de milho consorciado com soja, devido, principalmente, a problemas na colheita da soja, que é feita de forma manual (o terreno da região não permite mecanização) e exige um sacrifício muito grande por parte do produtor. Os limites máximos destas culturas foram considerados de acordo com as médias encontradas no levantamento de dados.

O instrumento de análise para a avaliação do prazo de retorno do investimento em biodigestores foi o Método da Vida de Retorno do Investimento (Service Life) descrito por Hirschfeld (1979), sendo a fórmula:

$$P = \frac{A(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} + \frac{F}{(1+i)^n}, \text{ onde:}$$

P = investimento inicial, em Cr\$;

A = receita anual líquida obtida com o investimento em Cr\$;

F = valor residual do investimento em Cr\$;

n = vida de retorno do investimento;

i = taxa de juros.

Para a análise, trabalhou-se com duas taxas de juros: 12% e 6% ao ano.

RESULTADOS

Análise das relações entre variáveis

O estudo das relações entre variáveis foi realizado via análise tabular, não se efetuando testes estatísticos, porque as 22 observações analisadas constituem a população de propriedades com biodigestor, na região de estudo.

Foi encontrado um único biodigestor do modelo chinês (desativado); todos os demais eram do modelo indiano.

A Tabela 3 apresenta as relações entre o custo do metro cúbico de biogás e o tipo de biodigestor; o tamanho do biodigestor e o nível de produção de biogás (considerando o nível atual obtido pelos produtores e o nível a plena capacidade do biodigestor).

Pode-se observar que o índice de aproveitamento do biodigestor, por parte dos produtores, é muito baixo, o que eleva muito o custo de produção do metro cúbico de biogás.

O efeito do tamanho sobre o custo do metro cúbico de biogás é bem acentuado. Isto é ressaltado quando considerada a plena capacidade de produção.

Também o tipo de biodigestor influi no custo do biogás. Pode-se verificar, na Tabela 3, que o menor custo do biogás é o obtido com o biodigestor tipo 1, de 25 m³ de biomassa e operando a plena capacidade.

Todos os biodigestores do tipo 2, que existem na microrregião em estudo, são de 25 m³ de biomassa. Assim, não foi possível analisar o efeito do tamanho para este tipo de biodigestor. Todavia, pode-se comparar este com os outros tipos do mesmo tamanho.

Análise da integração do biodigestor na propriedade rural

Nesta etapa avaliou-se a competitividade do biogás com outras fontes energéticas alternativas na propriedade rural a região estudada.

As diversas opções energéticas à disposição da propriedade agrícola constituem variáveis inteiras. Ou a propriedade usa um biodigestor ou não usa; ou implanta a rede elétrica ou não implanta. Não existe fração de biodigestor ou fração de rede elétrica.

Estas alternativas energéticas seriam melhor avaliadas via programação linear inteira. Pela indisponibilidade de programa computacional para programação inteira, optou-se pela avaliação, considerando as várias combinações possíveis de alternativas energéticas, tanto para a propriedade 1 como para a propriedade 2.

Cada uma das combinações apresentadas nas Tabelas 4 e 5 constitui uma alternativa para os produtores agrícolas. Estas combinações foram, ainda, avaliadas frente a duas situações possíveis de serem encontradas pelas propriedades da região: 1^a) a rede de energia elétrica passa na frente da propriedade; 2^a) a rede de energia elétrica não passa perto da propriedade.

Neste último caso, foi considerada uma distância média de 1,83 km entre a sede da propriedade e a rede de energia elétrica, com base no levantamento de dados.

Através de programação linear, determinaram-se planos ótimos de exploração e de uso de energia para as propriedades 1 e 2, em relação a todas as combinações descritas acima.

Para cada combinação de opções energéticas, o plano ótimo de exploração e de uso de energia é o mesmo, quer a rede elétrica passe perto ou longe da propriedade. Muda tão somente o lucro. Isto acontece porque as variáveis correspondentes às opções energéticas são inteiras e binárias: do tipo "usa ou não usa". Assim, mesmo que a rede elétrica passe longe, uma

TABELA 3. Efeito do tamanho e do tipo de biodigestor e do nível de produção sobre o custo do metro cúbico de biogás.

Tipo de biodigestor	Tamanho m ³	Nº de obs. Un	NANI	Custo anual do biodig. Cr\$	Produção de biogás obtida m ³	Custo do m ³ do biogás ¹ Cr\$	Capacidade de prod. de biogás m ³	Custo do m ³ de biogás ² Cr\$	Índice de aproveitamento (%)
Tipo 1									
Val. ³	12	01	11	281.533	1.365	248	2.625	129	52
Abs.	25	04	27	478.386	4.390	135	5.741	93	76
Var. ⁴	12		100	100	100	100	100	100	
Perc.	25		245	170	322	54	219	72	
Tipo 2	25	07	38	616.722	4.231	167	5.741	117	74
Tipo 3									
Val.	12	01	02	396.904	1.203	378	2.625	173	46
Abs.	25	01	04	593.522	1.191	546	5.741	113	21
Var.	12		100	100	100	100	100	100	
Perc.	25		200	150	99	144	219	65	
Tipo 4									
Val.	12	01	04	504.826	1.352	416	2.625	214	51
Abs.	25	07	25	835.403	3.358	350	5.741	173	58
Var.	12		100	100	100	100	100	100	
Perc.	25		625	165	248	84	219	81	

¹ Considerando o volume de produção de biogás obtido pelos produtores.

² Considerando a produção de biogás a plena capacidade do biodigestor.

³ Val. Abs. = Valor absoluto.

⁴ Var. Perc. = Cariação percentual.

Obs.: O número de animais refere-se a suínos reprodutores.

TABELA 4. Resultados das simulações para a Propriedade 1.

Combinacões Componentes do plano ótimo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Eletric. e motor elétrico	Biodig. de 12 m ³ elet. mot. biogás	Biodig. de 12 m ³ elet. mot. elétrico	Biodig. de 12 m ³ elet. mot gasolina	Biodig. de 25 m ³ mot. a biogás	Biodig. de 25 m ³ mot. a gasolina	Biodig. de 25 m ³ elet. mot. gasolina	Biodig. de 25 m ³ elet. mot. biogás	Biodig. de 25 m ³ elet. mot. elétrico
Lucro c/rede perto (Cr\$)	2.399.131	2.786.159	2.875.760	2.652.330	2.531.001	2.435.790	2.484.098	2.617.927	2.707.527
Lucro c/rede longe (Cr\$)	1.526.718	1.913.746	2.003.347	1.779.917	2.531.001	2.435.790	1.611.685	1.745.514	1.835.114
Nº de suínos comerc. (cab.)	53.85	53.85	53.85	53.85	66.81	61.85	53.85	53.85	53.85
Prod. de biogás inv. (m ³)	–	675.39	675.39	675.39	802.52	753.85	675.39	675.39	675.39
Prod. de biogás verão (m ³)	–	1.329.75	1.329.75	1.329.75	1.580.10	1.484.25	1.329.70	1.329.70	1.329.70
Área p/o feijão solt. (ha)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Área p/milho c/feijão (ha)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Área p/milho solteiro (ha)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Área p/milho c/soja (ha)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Área p/mandioca (ha)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Energia p/cocção	GLP	Biogás	Biogás	Biogás	Biog./GLP	Biog./GLP	Biogás	Biogás	Biogás
Energia p/iluminação	Elet.	Elet.	Elet.	Elet.	Biogás	Biogás	Elet.	Elet.	Elet.
Energia p/banho	Elet.	Elet./Biog.	Elet./Biog.	Elet./Biog.	Biogás	Biogás	Biog./Elet.	Biog./Elet.	Biog./Elet.
Energia p/aquecimento	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha
Energia motor	Elet.	Biogás	Elet.	Gasolina	Biogás	Gasolina	Gasolina	Biogás	Elet.
Energia p/refrigeração	Elet.	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás

TABELA 5. Resultados das simulações para a Propriedade 2.

Combinções Componentes do plano ótimo	1 Eletricidade. e motor elétrico	2 Biodigestor. de 25 m ³ e mot. a biog.	3 Biodigestor. de 25 m ³ e mot. a gasol.	4 Biodigestor. de 25 m ³ e elet. mot. biog.	5 Biodigestor. de 25 m ³ e elet. mot. elet.	6 Biodigestor. de 25 m ³ e motor a gasol.
Lucro c/rede perto (Cr\$)	8.713.914	10.397.367	10.008.350	10.333.783	10.388.916	9.945.045
Lucro c/rede longe (Cr\$)	7.841.501	10.397.367	10.008.350	9.461.370	9.516.503	9.072.632
Nº de suínos comerc. (cab.)	138,8	138,8	138,8	138,8	138,8	138,8
Prod. de biogás inv. (m ³)		1.506,0	1.506,0	1.506,0	1.506,0	1.506,0
Prod. de biogás verão (m ³)	–	3.066,2	3.066,2	3.066,2	3.066,2	3.066,2
Área p/o feijão solt. (ha)	2	2	2	2	2	2
Área p/milho c/feijão (ha)	3	3	3	3	3	3
Área p/milho solteiro (ha)	10	10	10	10	10	10
Área p/milho c/soja (ha)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Área p/mandioca (ha)	1	1	1	1	1	1
Energia p/cocção	GLP	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás
Energia p/iluminação	Elet.	Biogás	Biogás	Biog./Elet.	Biog./Elet.	Biog./Elet.
Energia p/banho	Elet.	Biogás.	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás
Energia p/aquecimento	Lenha	Len./Biog.	Biog./Len.	Biog./Len.	Biogás	Biogás
Energia motor	Elet.	Biogás	Gasolina	Biogás	Elet.	Gasolina
Energia p/refrigeração	Elet.	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás	Biogás

vez que o proprietário decidiu usar eletricidade, tudo o mais é idêntico ao caso em que a rede passa perto; com exceção do lucro.

Os resultados obtidos nas programações constam na Tabela 4 (propriedade 1) e Tabela 5 (propriedade 2).

Em relação à propriedade 1, constata-se que:

a) Se o produtor dispuser de energia elétrica perto da propriedade, ele, para obter o maior lucro possível, deveria construir um biodigestor de 12 m^3 de biomassa e combinar o seu uso com a energia elétrica e lenha, nas diferentes atividades consumidoras de energia. Isto é, o produtor deveria usar a combinação 3, de alternativas energéticas apresentadas na Tabela 4.

b) No caso de haver a necessidade de se buscar a energia elétrica mais longe, verificou-se que a solução para o suprimento das necessidades energéticas da propriedade 1 seria o biodigestor de 25 m^3 , com o uso de motor a biogás. Isto é, o produtor deveria usar a combinação 5, de alternativas energéticas.

O biodigestor de 12 m^3 de biomassa, sozinho, não consegue atender à demanda mínima de energia da propriedade, razão pela qual esta opção não consta na relação de combinações apresentadas na Tabela 4.

Não foram considerados, por não ser possível mensurá-los, o conforto que proporciona a energia elétrica e as facilidades do seu uso, e também a higienização da propriedade, obtida com o uso do biodigestor.

Nas combinações analisadas em relação à Propriedade 2 (tabela 5), não foi incluído o biodigestor de 12 m^3 de biomassa, porque ele se mostrou incapaz de suprir totalmente as necessidades de energia da propriedade 1, que são bem menores que as da propriedade 2.

Com relação à propriedade 2, constatou-se o seguinte:

a) Caso a rede elétrica passe perto da propriedade, o produtor, para obter o maior lucro possível, deveria construir um biodigestor de 25 m^3 de biomassa e usar a lenha extraída na propriedade, para o aquecimento (combinação nº 2). Porém, o lucro não sofreria grande redução, se o produto combinasse o uso do biodigestor de 25 m^3 de biomassa com eletricidade e motor elétrico, conforme pode ser visto na combinação nº 5.

b) No caso de o produtor não dispor de energia elétrica a aproximadamente 100 m de distância e, desta forma, ter custos com a rede de transmissão elétrica, a solução apontada pelo modelo como a mais rendosa é a construção do biodigestor de 25 m^3 de biomassa, com o uso de motor a biogás (combinação nº 2).

Prazo de retorno do investimento em biodigestores

Estimou-se o prazo para o retorno do investimento em biodigestores, nas condições atuais de uso (média por tipo de biodigestor) e nas condições ótimas determinadas pela programação.

Observou-se que, considerando só o uso do biogás (ao nível da produção obtida) substituindo o GLP para cocção, a eletricidade para a iluminação e refrigeração, e a gasolina para motores, os tipos 1 e 3 com 12 m³ e 25 m³ de biomassa, respectivamente, da forma como estão sendo utilizados pelos produtores, simplesmente não se pagam, pois não há o retorno do capital investido dentro do prazo de vida útil (20 anos), caso a taxa de juros seja de 12%. Nas mesmas condições, com a taxa de juros de 6%, não se pagam o tipo 1 de 12 m³ e os de 12 m³ e os de 12 m³ e 25 m³ do tipo 3 (Tabela 6).

Como o efluente também precisa ser levado em conta, pode-se ver, na Tabela 6, que todos os biodigestores se pagam dentro do prazo de sua vida útil, viabilizando, desta forma, o investimento inicial, nas condições atuais de seu uso pelos produtores.

Considerando que o biogás, em termos de equivalência com outras fontes alternativas de energia, pode ser valorizado, conforme Tabela 7, com base na situação real encontrada no levantamento de dados, e também, no que até aqui foi comentada, pode-se afirmar que a situação de inviabilidade econômica verificada em alguns casos poderia ser revertida, se os produtores procurassem: 1. utilizar a plena capacidade de produção de biogás, e 2. adotar ou adaptar equipamentos para consumir o biogás onde o mesmo oferece maior retorno (em moeda), como, por exemplo: aquecedores e chuveiros a biogás (não encontrados no levantamento) ou biogás substituindo gasolina (foram encontrados, no levantamento, somente seis motores que funcionam com biogás).

Reforçando o que foi exposto acima, tomamos como exemplo a combinação que proporciona o maior lucro para a propriedade 2 do Modelo de Simulação, cujo consumo de energia foi o seguinte:

– aquecimento	405,04 m ³ de biogás;
– cocção	658,80 m ³ de biogás;
– banho	1.405,44 m ³ de biogás;
– iluminação	200,71 m ³ de biogás;
– iluminação	69,89 kwh de eletricidade;

TABELA 6. Cálculo do tempo (anos) de retorno do investimento inicial por tipo e tamanho de biodigestor.

Tipos	Tipo 1		Tipo 2	Tipo 3		Tipo 4	
	12 m ³	25 m ³	25 m ³	12 m ³	25 m ³	12 m ³	25 m ³
Nº de observações	1	4	7	1	1	1	7
Custo do biodigestor (Cr\$)	2.188.823	3.718.863	4.792.608	3.086.110	4.615.532	3.923.785	5.933.204
Prod. biogás no verão (m ³)	1.007	3.268	3.124	887	879	997	2.496
Prod. biogás no inv. (m ³)	358	1.122	1.111	316	313	355	888
Valor Líquido do biogás*	57.245	421.025	1.283.102	53.832	50.399	628.651	907.587
Valor do efluente	612.978	2.211.117	2.811.129	708.627	724.904	822.610	2.328.633
Soma (biogás + efluente)	670.223	2.632.142	4.094.231	654.795	775.303	1.451.261	3.236.220
Com juros de 12% a.a.							
– Tempo p/se pagar c/biogás	Não paga**	Não paga	4,84	Não paga	Não paga	11,52	12,82
– Tempo p/se pagar c/soma	4,03	1,50	1,22	6,85	10,41	3,17	1,99
Com juros de 6% a.a.							
– Tempo p/se pagar c/biogás	Não paga	12,02	3,96	Não paga	Não paga	7,40	7,86
– Tempo p/se pagar c/soma	3,41	1,38	1,13	5,21	6,96	2,75	1,81

* O valor do biogás foi calculado, transformando o que foi consumido na propriedade da seguinte forma:

- gasto em iluminação e refrigeração, para valor equivalente em eletricidade;
- gasto em motores, para valor equivalente em gasolina;
- gasto em cocção, para valor equivalente em GLP.

Obs.: Do valor obtido descontou-se o valor relativo à mão-de-obra necessária para obtenção do biogás e 3% sobre o valor do biodigestor, referentes à manutenção do mesmo.

** Não paga: significa que o investimento não se pagaria no seu tempo de vida útil.

- refrigeração 805,2 m³ de biogás;
- motor 530,19 kwh de eletricidade.

Considerando o biogás como substituto direto do GLP para aquecimento e cocção, e da eletricidade para banho, iluminação e refrigeração, e aplicando os índices da Tabela 7, o valor total do biogás consumido será de Cr\$ 690,713.

Com este valor, o tempo de retorno do investimento do biodigestor Tipo 3 (por exemplo), que, nas condições atuais de uso pelos produtores, é maior que na sua vida útil, só com o uso do biogás se reduz para 8,98 e 6,33 anos, respectivamente, com taxas de juros de 12% e 6% a.a.

TABELA 7. Equivalência e valor do m³ de biogás por tipo de energia alternativa.

Combustível	Equivalência energética	Cr\$/m ³ de biogás
GLP	0,454 kg/m ³	375
Óleo diesel	0,553 l/m ³	569
Gasolina	0,632 l/m ³	943
Eletricidade	1,428 kwh/m ³	121

Fonte: Sganzerla (1983).

CONCLUSÕES

O nível de aproveitamento do biodigestor pelos produtores é muito baixo, o que eleva muito o custo por metro cúbico de biogás produzido. Este custo pode ser reduzido aumentando-se o tamanho do biodigestor, pois há retornos crescentes de escala. Neste caso, porém, deve ocorrer, simultaneamente, um aumento do consumo de biogás; caso contrário, haverá maior capacidade ociosa do biodigestor, com elevação de custos. Finalmente, o tipo de material usado na construção do biodigestor também pode contribuir, significativamente, para a redução do custo de produção do biogás.

A integração do biodigestor ao sistema de produção das propriedades rurais, como fonte alternativa de suprimento de energia, requer assistência técnico-rural na decisão de construir ou não o biodigestor, no manejo do mesmo e no uso do biogás e do biofertilizante.

Para as propriedades rurais, tanto as pequenas (menos de 12 ha) como as maiores, que estejam afastadas da rede elétrica, o biodigestor constitui uma alternativa energética com grande vantagem econômica. Porém, mesmo quando já há rede elétrica perto da propriedade, o biodigestor poderá ser usado com vantagens econômicas em combinação com a energia elétrica.

Propriedades com energia elétrica à disposição

Com a disponibilidade da energia elétrica nas proximidades da propriedade, o produtor, com o objetivo de maximizar seu lucro, deverá combiná-la com o uso do biodigestor, considerando os seguintes aspectos:

1. Os resultados apresentados na simulação e na análise dos dados reais obtidos pelas propriedades recomendam a construção de um biodigestor (modelo indiano) com digestor de pedra (vedado internamente) e com campânula de ferro.

2. Tamanho do biodigestor – O tamanho do biodigestor deverá estar de acordo, principalmente, com as necessidades energéticas da propriedade, com a capacidade de consumo de biogás produzido e também com o número de animais existentes ou a introduzir na propriedade. Os resultados alcançados nas simulações recomendam, para a propriedade com 8,5 ha de terra agricultável, o biodigestor de 12 m³ de biomassa; e para a propriedade com 21,5 ha de terra, o biodigestor de 25 m³ de biomassa, considerando quatro e onze suínos reprodutores para a propriedade menor, e onze para a maior.

3. Consumo de biogás – O consumo do biogás deverá estar direcionado para as atividades onde ele oferece maior retorno em cruzeiros. Constatou-se que, para iluminação e motores, o biogás não oferece vantagens, comparativamente com a eletricidade. As opções para a substituição, com vantagens econômicas para o biogás, são: gasolina, óleo diesel, gás de cozinha (GLP), lenha (caso se considere o seu custo de extração) e eletricidade para o banho e refrigeração.

Propriedades sem energia elétrica à disposição

Sem a energia elétrica à disposição, e tendo que arcar com os custos de transmissão, o lucro para a propriedade com 8,5 ha de terra agricultável fica maior com a opção pelo biodigestor, que, neste caso, tem de ser de 25

m³ de biomassa, pois o de 12 m³, sozinho, não tem condições de atender às necessidades energéticas da propriedade.

No caso da propriedade com 21,5 ha de terra agricultável, o lucro também é maior com o uso do biodigestor de 25 m³ de biomassa do que com o emprego da energia elétrica. Porém, se o produtor estiver disposto a ter seu lucro reduzido em aproximadamente 8,5%, poderá optar por uma combinação de biogás e energia elétrica, com o que terá maior conforto e a segurança proporcionados pela energia elétrica. O consumo do biogás deverá seguir o que foi exposto.

O número de animais (suínos reprodutores), recomendado com base nos resultados das simulações, é de cinco e onze cabeças para as propriedades com 8,5 ha e 21,5 ha, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, A.J. **Apontamento sobre biogás**. Belo horizonte, EMATER, 1981.
- ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL DE SANTA CATARINA, Concórdia, SC. **Qualidade da água e incidência de verminose no meio rural do Alto Uruguai Catarinense**. Concórdia, 1983.
- CHRISTMANN, A. **Influência da temperatura na biodigestão anaeróbica**. Brasília, EMATER, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Concórdia, SC. **Características da produção de suínos no Estado de Santa Catarina**. Concórdia, 1979.
- FILGUEIRAS, G. **Energização no meio rural brasileiro, através do aproveitamento da biomassa**. Rio de Janeiro, ELETROBRÁS, 1979.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica**. São Paulo, Atlas, 1979.
- SGANZERLA, E. **Biogás, uma solução**. Porto Alegre, Sulina, 1983.
- SILVA, N.A. da. **Manual de biodigestores: modelo chinês**. Brasília, EMBRATER, 1980.