



XI-036 - POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO USO DE BIODIGESTORES EM UM LATICÍNIO

André Pereira Rosa ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). Professor Substituto – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG).

Vitor Tosetto

Engenheiro Ambiental (UFV), Mestre em Saneamento Ambiental, Universidade de São Paulo (USP).

Ann Honor Mounteer

Professora Adjunta, Departamento de Engenharia Civil, Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Avenida do Contorno, 842, 7º andar. Centro, Belo Horizonte - MG. Fone: (31) 3409 1880. e-mail: anperominas@yahoo.com.br

RESUMO

Apresentam-se neste trabalho uma concepção de dimensionamento e análise econômica do biogás gerado com o projeto de instalação de um biodigestor para o tratamento do efluente (soro+leitelho) de um laticínio na cidade de Viçosa-MG. A produção de queijo e manteiga foi avaliada para a unidade ao longo do ano de 2006. Com base na estimativa do volume de efluente gerado para este período foram dimensionadas as unidades integrantes do sistema de tratamento: tanque de equalização, biodigestor (modelo indiano) e leito de secagem. Outra etapa do projeto compreendeu a análise econômica da viabilidade de duas alternativas para o aproveitamento e conversão do biogás gerado em (i) energia elétrica e (ii) energia térmica, dado pela queima combinada do gás e da lenha na caldeira. Para uma produção em 2006 de 65.096 kg de queijo (1.605 L de soro/dia) e 14.727 kg de manteiga (12,9 L de leite/dia) a carga orgânica do soro e do leite foram de 248 kg DQO/d e de 1,44 kgDQO/d, respectivamente. No que se refere às dimensões das unidades, o tanque de equalização tem um volume estimado de 11,34 m³, o biodigestor um volume bruto de 35 m³, com câmara de biodigestão de 4,7 m de altura total, 3,1 m de diâmetro interno; o gasômetro com 2,18 m de altura e diâmetro de 3,2 m; o volume previsto para o leito de secagem é de 33 m³. As caixas de carga e descarga foram projetadas para operarem por gravidade e receberem um volume correspondente à carga diária (990 L) prevista em três aplicações. A geração média de biogás foi estimada em 29,7 m³ de biogás/dia. Na comparação das duas alternativas propostas para o uso do biogás observa-se uma vantagem de seu aproveitamento na conversão para energia térmica, em virtude dos gastos mais reduzidos para a concepção e manutenção do sistema, sendo representado pelo saldo (R\$ 280,86 contra R\$ 215,53 para energia elétrica) e tempo de retorno do investimento mais favoráveis, (9,9 anos contra 19,6 anos para energia elétrica).

PALAVRAS-CHAVE: biodigestores, Laticínios, geração de energia.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda de energia é um assunto que muito vem preocupando a sociedade. As fontes existentes atualmente já não são suficientes, e a busca de novas alternativas se faz necessária. Após a crise energética sofrida pelo país em 2001, houve um aumento no interesse por fontes alternativas de energia, principalmente nas indústrias. Dentre essas fontes destaca-se o biogás, combustível gasoso rico em metano que possui um potencial energético comparável ao do gás natural.

O biogás pode ser produzido em biodigestores através da degradação anaeróbia da matéria orgânica. As condições climáticas favoráveis aliadas à simplicidade de construção e operação dos biodigestores fazem com que estas unidades sejam uma alternativa atraente para o tratamento de efluentes no Brasil. A utilização desta tecnologia apresenta-se vantajosa às indústrias com grande geração de efluentes com elevadas cargas orgânicas, condição esta que garante uma produção de biogás suficiente para se tornar uma fonte segura de energia.



Dentro deste contexto, podemos destacar os laticínios pela expressiva participação na economia do país. No estado de Minas Gerais são estimadas cerca de 1.250 unidades que dispõem seus efluentes, muitas vezes, sem nenhum tipo de tratamento em cursos d'água ou outra forma de disposição final inadequada (MACHADO *et.al.*, 2002). O efluente gerado nessa tipologia é constituído basicamente de produtos lácteos produzidos e não aproveitados durante o processo produtivo, detergentes e produtos de limpeza e sólidos em suspensão gerados pelo processo de limpeza fabril.

A utilização de biodigestores pode ser uma solução interessante para o tratamento dos efluentes de laticínios. As vantagens do tratamento anaeróbio relacionam-se a economia de área, baixos custos de implantação e reduzido consumo de energia, além do potencial do aproveitamento do biogás (CHERNICHARO, 1997). Dentre as configurações de biodigestores, destacam-se o modelo chinês e o indiano, sendo este último modelo amplamente utilizado, com especial destaque para a maior facilidade de construção e a geração de uma pressão de gás constante (CARIOCA *et al.*, 1981). O biogás gerado nestas unidades tem o potencial de ser utilizado na geração de energia elétrica ou ainda ser combustível em caldeiras. Em estudos conduzidos por Vilella e Silveira (2005), verificou-se um poder calorífico inferior para o biogás gerado em laticínios de 22.475 kJ/Nm³ e uma composição gasosa predominante de metano (62,7%) e menores proporções de H₂S (14,1%), N₂ (13,4%) e CO₂ (2,4%).

Buscou-se neste estudo avaliar a viabilidade de aproveitamento do biogás para geração de energia através do uso de biodigestores no tratamento de soro e leiteiro produzido no Laticínios Viçosa, assim como quantificar e comparar a economia ao Laticínio com a transformação do biogás em energia elétrica e térmica.

METODOLOGIA

O Programa de Geração de Energia Alternativa (PGEA) foi desenvolvido numa parceria entre a Universidade Federal de Viçosa, através do Departamento de Engenharia Civil e o Laticínios Viçosa, Viçosa – MG. Este programa buscou mensurar os ganhos econômicos e ambientais ao Laticínios Viçosa com a geração de energia através do biogás produzido a partir da digestão anaeróbia dos efluentes de soro e leiteiro em biodigestores, visto a ausência de unidades de tratamento no laticínios e o lançamento do efluente gerado na rede de esgoto.

O projeto desenvolvido contemplou a produção para o ano de 2006, sendo que neste período a linha de produção compreendia doce de leite, iogurte, queijo, manteiga, requeijão e leite pasteurizado na sua linha light e diet. Para a elaboração do PGEA, foram desenvolvidas as etapas descritas a seguir.

Quantificação e caracterização de soro gerado no Laticínios Viçosa

Os efluentes quantificados e caracterizados foram o leiteiro, subproduto da fabricação da manteiga, e o soro, proveniente da produção de queijos. O soro foi caracterizado através da determinação dos parâmetros: pH, sólidos totais, sólidos totais voláteis e demanda química de oxigênio (DQO), enquanto que para o leiteiro houve a determinação da DQO e o pH. Nesta etapa foram amostrados quatro dias de produção, sendo as análises laboratoriais realizadas em quadruplicata, seguindo o disposto no *Standard Methods* (APHA, 1998). Para se estimar a geração de soro e leiteiro, foram utilizados os seguintes valores de consumo específico propostos por Baralle e Schmidell (1981): consumo de 10 L leite para a produção de 1 kg de queijo; geração de 9 L de soro de queijo para a produção de 1 kg de queijo e a geração de 0,32 L de leiteiro para a produção de 1 kg de manteiga. A vazão de projeto foi calculada com base na produção média mensal do laticínio no ano de 2006

Dimensionamento de biodigestores e estimativa de produção de biogás

Na proposta das unidades de tratamento previu-se a instalação de um tanque de equalização, um biodigestor modelo indiano e leitos de secagem para o lodo gerado no tratamento. Com o objetivo de armazenar o soro produzido e regular a vazão aplicada aos biodigestores, calculou-se o volume do tanque de equalização com base na geração máxima de efluentes em sete dias consecutivos. Para os leitos de secagem, o dimensionamento correspondeu à situação extrema de volume a ser disposto, o volume útil do biodigestor. No dimensionamento dos biodigestores, os seguintes parâmetros de projeto foram definidos:



Tempo de Partida (dias)

Correspondendo ao tempo necessário de adaptação dos organismos anaeróbios às condições do substrato, tendo como consequência uma produção constante de biogás. Para o modelo indiano foi previsto um tempo de partida de 80 dias (SOUZA, 2002).

Tempo de Retenção (dias)

Tempo médio de permanência do efluente no reator. Foi adotado um intervalo de 30 dias, valor reportado como suficiente para se realizar a estabilização da matéria orgânica e ainda garantir a produção de gás (SOUZA, 2002).

Volume do biodigestor (m³)

O volume (m³) do biodigestor foi calculado pela equação 1, na qual 1,15 representa o fator de segurança.

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = 1,15 \times \text{vazão (m}^3\text{)} \times \text{tempo de retenção (d)} \quad \text{Eq. 1}$$

Dimensões da câmara de digestão e do gasômetro:

As dimensões das unidades componentes do biodigestor foram obtidas em função do volume bruto do biodigestor (V, m³), de acordo com as seguintes relações (Equações 2 a 5), apresentadas por Souza (2002):

$$\text{Altura da câmara de biodigestão (m)} = 1,1972 \times \ln(V) + 0,38 \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Diâmetro da câmara de biodigestão (m)} = 0,7446 \times \ln(V) + 0,41 \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{Altura do gasômetro (m)} = 0,588 \times \ln(V) + 0,06 \quad \text{Eq. 4}$$

$$\text{Diâmetro do gasômetro (m)} = 0,7446 \times \ln(V) + 0,51 \quad \text{Eq. 5}$$

De posse do volume bruto do biodigestor, o volume útil da câmara de digestão foi determinado (equações 6 e 7) para a obtenção do volume de inóculo inicial de esterco bovino maturado para a partida do sistema anaeróbio. Foi adotada uma relação de 1 parte de efluente para 8 partes de dejetos bovinos maturados para o inóculo inicial (MANFRON, 1989).

$$\text{Vol}_{\text{útil}} = \text{Vol}_{\text{CD}} - \text{Vol}_{\text{PD}} \quad \text{Eq. 6}$$

$$\text{Vol}_{\text{útil}} = \pi r^2 \times h - b \times h \times c \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

Vol_{CD}= volume da câmara de digestão (m³)

Vol_{PD}= volume da parede divisória (m³)

r= raio interno da câmara de digestão (m)

h= altura da câmara de digestão (m)

b= largura da parede (m)

c= comprimento da parede divisória (m)

Caixas de carga e descarga

Estas unidades possuem a função de alimentar e receber o efluente tratado pelo biodigestor. Foi previsto a alimentação de 330L em cada aplicação, num total de três ao longo do dia. Incluiu-se um fator de segurança de 15% sobre o volume diário necessário (990L) para o dimensionamento das caixas.

Análise de custos

Quanto ao orçamento do material necessário para a construção de todas as etapas do tratamento (tanque de equalização, biodigestor e leitos de secagem) foi realizado um levantamento de todos os materiais a serem utilizados na construção das unidades. Em etapa posterior, os preços desses materiais foram pesquisados em dois pontos comerciais de material de construção na cidade de Viçosa. Os menores custos foram considerados para a análise econômica.

Aproveitamento do biogás

Para este aproveitamento foram propostas duas alternativas de transformação de biogás, a energia elétrica e a térmica.

**Alternativa I: energia elétrica**

Foi proposto o uso de um grupo motor-gerador com potência de 22 kW e consumo de biogás de 13 m³/h, além da instalação dos equipamentos listados na Tabela 1. Para esta alternativa, as seguintes considerações foram feitas: (i) a vida útil do grupo motor-gerador, fornecido pelo fabricante, é de 8.000 horas; (ii) após vencimento da vida útil do grupo motor-gerador será preciso fazer a retificação do equipamento, com custo equivalente a 1/3 do valor do equipamento; (iii) o fabricante do grupo motor-gerador recomenda que o motor funcione entre 20 e 80 % da sua carga nominal, portanto utilizou-se de um fator de capacidade de 0,8 para estimar a potência líquida do motor; (iv) o custo do combustível foi considerado nulo, pois o biogás é subproduto da digestão anaeróbia; (v) diante da facilidade de operação, não foi incluído a contratação de um novo funcionário; (vi) o custo da energia elétrica para indústria com ICMS = 0,532 R\$/kWh (CEMIG, 2007).

Tabela 1: Descrição dos equipamentos necessários para geração de biogás a energia elétrica

Equipamento	Descrição
Válvula de segurança e alívio	Proteção contra sobrepressão do biogás
Sistema de purificação do biogás	Filtro para a retirada do H ₂ S e umidade do biogás
Medidor de vazão do biogás	Medição da vazão gerada
Monitoramento da pressão	Manômetro instalado para determinação da pressão dentro do gasômetro
Alimentação do grupo Motor- Gerador	Dispositivo para a regulação da vazão de gás gerado
Abrigo para equipamentos	Colocação do medidor de vazão, grupo motor-gerador e manômetro
Grupo motor-gerador	Conversão do biogás a combustível

Consideraram-se também os custos de operação e manutenção do grupo motor-gerador durante sua vida útil, seguindo recomendações do manual do equipamento. Para a análise econômica foram consideradas as seguintes relações:

- 1) Energia gerada pelo sistema = (potência do motor x fator de capacidade x produção de biogás diária) / consumo de biogás do motor
- 2) Custo de operação e manutenção do sistema = custo de manutenção / (potência líquida gerada x vida útil do equipamento)
- 3) Custo de depreciação do equipamento = custo do módulo gerador x produção de biogás diária / (Vida útil do equipamento x consumo de biogás pelo motor x energia gerada)
- 4) Custo de geração = Σ custos / energia gerada
- 5) Economia de energia elétrica = energia gerada x custo da energia elétrica
- 6) Saldo = economia de energia elétrica – custo de geração
- 7) Tempo de retorno do investimento = custo dos equipamentos/saldo

Alternativa II: energia térmica

Esta alternativa visa o aproveitamento do biogás para a geração de energia térmica a partir da sua queima em uma caldeira a gás. Atualmente, o Laticínios Viçosa faz uso de uma caldeira alimentada com lenha, sendo a análise econômica realizada com os gastos da fábrica para obtenção da madeira. Os equipamentos necessários para a implantação do sistema térmica de aproveitamento do biogás são essencialmente os mesmos utilizados no processo de conversão em energia elétrica, apenas com a troca do grupo motor-gerador pela caldeira alimentada por gás, sendo os custos de operação e manutenção baseados nas recomendações do fabricante da caldeira.

Os valores adotados para esta alternativa são: (i) densidade aparente da lenha: 400 kg/m³; (ii) poder calorífico inferior da lenha (50% de umidade): 1.500 kcal/kg; (iii) poder calorífico do biogás: 8.450 kcal/m³ e (iv) consumo diário de lenha: 6 m³/dia e um gasto de R\$ 0,35/m³, de acordo com dados fornecidos pelo laticínio. Em adição, as seguintes relações foram utilizadas:

- 1) Poder calorífico da lenha = consumo de lenha x densidade aparente x poder calorífico da lenha
- 2) Redução no consumo de lenha = poder calorífico do biogás x produção diária de biogás / (poder calorífico da lenha x consumo da lenha)
- 3) Gasto com lenha utilizando o biogás = (consumo de lenha x (1-redução no consumo de lenha/100)) x custo da lenha



- 4) Economia com a compra de lenha = gasto com lenha – gasto com lenha utilizando o biogás
- 5) Saldo = economia com a compra de lenha – custo de operação e manutenção
- 6) Tempo de retorno do investimento = custo dos equipamentos/saldo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação e caracterização de efluentes a serem tratados no biodigestor

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da caracterização do soro e do leiteiro, sendo evidente a elevada carga orgânica destes efluentes.

Tabela 2: Caracterização do soro e leiteiro do Laticínios Viçosa

Parâmetro	Soro	Leiteiro
DQO, mg/L	155.444	111.667
ST, mg/L	73.828	-
STV, mg/L	65.283	-
pH, mg/L	6,6	6,4

Na Tabela 3 são apresentados os dados da produção mensal de queijo e manteiga no ano de 2006. Houve uma produção total de 65.096 kg de queijo e de 14.727 kg de manteiga. Dessa forma, estimou-se uma geração média de 12,9 L/d de leiteiro e 1.605 L/d de leiteiro. Com base nestas vazões e as concentrações de DQO (Tabela 2), foram estimadas as cargas orgânicas de 248 kg DQO/d para o soro e de 1,44 kg DQO/d para o leiteiro.

Tabela 3: Produção mensal de queijo e manteiga no Laticínios Viçosa em 2006

Mês	Queijo, kg		Manteiga, kg
	Mussarela	Frescal	
Jan	4.798	145	845
Fev	4.019	106	680
Mar	6.424	115	1.467
Abr	3.061	81	1.207
Mai	4.715	159	1.375
Jun	5.089	116	1.549
Jul	4.272	79	1.160
Ago	7.605	149	1.314
Set	6.049	150	1.055
Out	9.295	40	1.268
Nov	5.694	112	1.493
Dez	2.630	193	1.314
Total	63.651	1.445	14.727

Dimensionamento dos biodigestores e estimativa de produção de biogás

Os volumes e as principais dimensões das unidades projetadas para uma vazão média diária de 1.618 L de soro e leiteiro são resumidos a seguir. A disposição das unidades no Laticínios Viçosa está ilustrada na Figura 1.

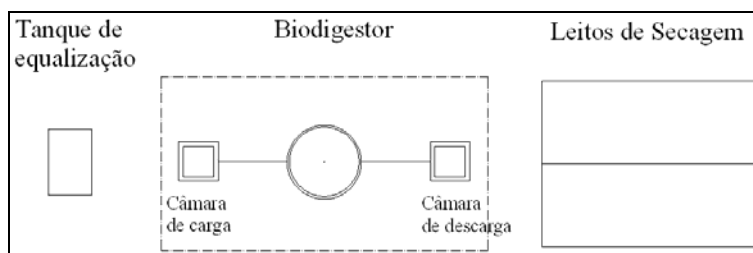


Figura 1: Layout das unidades dimensionadas para o Laticínios Viçosa.



Tanque de equalização

Volume = 15 m^3

Largura = 2 m

Comprimento = 3 m

Altura = 2,5 m (borda livre = 0,6 m)

Biodigestor (Tempo de retenção = 30 d)

Volume bruto = 35 m^3

Espessura da parede divisória = 0,2 m

Para a fase de partida do biodigestor serão necessários volumes de $3,62 \text{ m}^3$ de efluente e $28,84 \text{ m}^3$ de esterco.

Câmara de biodigestão

Altura = 4,6 m

Diâmetro interno = 3,1 m

Volume útil = $32,56 \text{ m}^3$

Gasômetro

Altura = 2,2 m

Diâmetro = 3,2 m

Para uma geração média de biogás correspondente a 30 L por litro de soro aplicado (CARIOCA e ARORA, 2002) e uma carga aplicada de 990 litros diários, estimou-se uma geração de $29,7 \text{ m}^3$ de biogás/dia.

Caixas de carga e descarga

Volume = $1,2 \text{ m}^3$

Largura = 1,4 m

Comprimento = 1,4 m

Altura = 0,6 m

A caixa de carga deve ser construída com cota 60 cm acima da caixa de descarga, para garantir o fluxo por gravidade.

Leitos de secagem

Volume = 33 m^3 , 2 leitos de $16,5 \text{ m}^3$

Largura = 3,8 m

Comprimento = 10 m

Altura = 0,6 m (incluída a borda livre = 0,20 m)

Estudo comparativo de alternativas para aproveitamento do biogás

Alternativa I: energia elétrica

Após o levantamento dos custos de equipamentos para a instalação da alternativa de geração de energia elétrica utilizando o biogás gerado e coletado de biodigestores, verifica-se o gasto total de R\$ 50.727,50 (Tabela 4). Os gastos com manutenção do grupo motor-gerador são apresentados na Tabela 5.

**Tabela4: Descrição e orçamento dos equipamentos necessários para conversão de biogás a energia elétrica**

Equipamento	Descrição	Valor unitário (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Válvula de esfera	Controle de fluxo do biogás	120,00	5	600,00
Válvula de alívio	Proteção contra sobrepressão	150,00		120,00
Medidor de Pressão		2.100,00	1	2.100,00
Medidor de Vazão		6.412,50	1	6.412,50
Módulo gerador	motor, gerador, filtro de biogás, decantador do biogás	30.882,00	1	30.882,00
Painel elétrico	horímetro, amperômetro, voltímetro, frequenciometro	2.904,00	1	2.904,00
Tubulação	Ligação do biodigestor até o motor	1,15/metro	80 m	92,00
Tanque de equalização	Equalização de vazão do efluente	1.400,00	1	1.400,00
Biodigestor	Unidade produtora de biogás	3.832,00	1	3.832,00
Leito de secagem	Desidratação do lodo	2.300,00	1	2.300,00
TOTAL				50.627,50

Tabela 5: Gastos com manutenção dos equipamentos necessários para geração de biogás a energia elétrica

Componentes	Especificações	Horas para troca	Custo (R\$)	Custo total (R\$) durante a vida útil
Óleo lubrificante	troca do óleo a cada 200 horas	200	101,00	4.040,00
	troca do filtro a cada 400 horas	200		
Filtro de ar	troca a cada 2000 horas	2000	15,00	60,00
Sistema de combustível	limpeza da válvula de gás	2000	80,00	320,00
Sistema de refrigeração	troca do liquido refrigerante, da correia dentada e do esticador da correia	1000	221,00	1.768,00
Alternador	Troca da correia e do jogo de velas,	1000	298,00	2.384,00
	Troca do rolamentos	2000		
Retificação		8000	10.294,00	10.294,00
TOTAL				18.866,00

De acordo com relações já estabelecidas, as principais características para esta concepção são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Tabela resumo com as informações sobre a geração de biogás a energia elétrica

Dado	Valor
Energia gerada	14.475,32 kWh/ano
Custo de operação e manutenção	R\$ 0,13/kWh
Custo de depreciação	R\$ 0,22/kWh
Custo de geração	R\$ 426,21/mês
Economia de energia elétrica	R\$ 641,74/mês
Saldo mensal	R\$ 215,53/mês
Tempo de retorno do investimento	19,6 anos

Alternativa II: energia térmica

Os gastos gerados com a compra de equipamentos e materiais necessários para a geração de energia térmica são apresentados na Tabela 7, de forma adicional, a manutenção da caldeira a gás é demonstrada na Tabela 8.



As informações compiladas quanto à opção de conversão de biogás a energia térmica são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 7: Descrição e orçamento dos equipamentos necessários para geração de biogás a energia térmica

Equipamento	Descrição	Valor unitário, (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Válvula de esfera	Controle de fluxo do biogás	120,00	5	600,00
Válvula de alívio	Proteção contra sobrepressão	150,00		120,00
Medidor de Pressão		2.100,00	3	6.300,00
Medidor de Vazão		6.412,50	1	6.412,50
Sistema de purificação	filtro de biogás, decantador do biogás	1.500,00	1	1.500,00
Caldeira a gás		15.000,00	1	15.000,00
Tubulação	Ligação do biodigestor até o motor	1,15	80	92,00
Tanque de equalização	Equalização de vazão do efluente	1.400,00	1	1.400,00
Biodigestor	Unidade produtora de biogás	3.832,00	1	3.832,00
Leito de secagem	Desidratação do lodo	2.300,00	1	2.300,00
TOTAL				33.386,50

Tabela 8: Gastos com manutenção dos equipamentos necessários para geração de biogás a energia térmica

Operação	Período para manutenção (meses)	Custo, R\$	Custo mensal, R\$
Inspeção da caldeira	12	500,00	41,67
Manutenção do queimador	3	350,00	116,67
TOTAL			158,33

Tabela 9: Tabela resumo com as informações sobre a geração de biogás a energia térmica

Dado	Valor
Poder calorífico gerado pela lenha	3.600 Mcal/dia
Gasto com lenha	R\$ 6.300/dia
Poder calorífico gerado pelo biogás	250.965 kcal/dia
Redução no consumo de lenha	6,97%
Gasto com lenha utilizando o biogás	R\$ 5.860,81/mês
Custo de operação e manutenção	R\$ 158,33/mês
Economia de gastos com a compra de lenha	R\$ 439,19/mês
Saldo	R\$ 280,86/mês
Tempo de retorno do investimento	9,9 anos

Na Tabela 10 são apresentadas as variáveis relevantes para o cálculo do tempo de retorno do investimento para as duas alternativas.

Tabela 10: Custos comparativos das alternativas de geração de energia

Variável	Energia elétrica	Energia térmica
Custo dos equipamentos, R\$	50.672,50	33.386,50
Custo mensal, R\$	426,21	158,33
Economia mensal, R\$	641,74	439,19
Saldo, R\$	215,53	280,86
Tempo de retorno do investimento, anos	19,6	9,9

Comparando-se os custos entre as duas alternativas avaliadas observa-se a vantagem da conversão do biogás na alternativa de energia térmica com um tempo de retorno do investimento de 9,9 anos, em virtude dos



menores gastos para a concepção e manutenção representando, assim, um saldo mais favorável que a alternativa do uso da energia elétrica (19,9 anos de tempo de retorno do investimento).

CONCLUSÕES

A alternativa de aproveitamento de biogás como fonte de energia térmica foi avaliada como a melhor opção para as condições do ano de 2006, trazendo economia à fábrica e apresentando um período de retorno de investimento relativamente curto, além de contribuir com o pré-tratamento do principal efluente gerado no laticínio.

O projeto, apesar de ter sido desenvolvido para um laticínio, pode ser perfeitamente aproveitado em outras tipologias industriais com elevada carga orgânica, como suinoculturas e granjas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF (1999). Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington, DC: APHA.
2. BARALLE, S.B.; SCHMIDELL, W. "Fermentação alcoólica do soro do leite – estudos preliminares". Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – São Paulo. Relatório Interno (1981).
3. CARIOCA, J.O.B.; ARORA, H.L. Biomassa: fundamentos e aplicações técnicas. Ceará: Segrac, 2002. 224p.
4. CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias –Reatores Anaeróbios. Volume 5. Belo Horizonte: DESA – UFMG, 1997. 246 p.
5. MACHADO, R.M.G.; FREIRE, V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E.; NASCIMENTO, M.C.P. Controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios. Belo Horizonte: Segrac, 2002. 224p.
6. MANFRON, M.P. Aproveitamento do Soro de Queijo para Produção de Metano. 1989. 96f. Dissertação (Mestrado - Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 1989.
7. VILLELA, A.C.; SILVEIRA, J.L. Aspectos técnicos da produção de biogás em um laticínio. Janus, Lorena, ano 2, nº 2, 1º semestre de 2005