

Reunião Técnica sobre Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos e Uso de Biogás

ANAIS



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Sílvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kleper Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Suínos e Aves

Elsio Antonio Pereira de Figueiredo
Chefe-Geral

Jerônimo Antônio Fávero
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Claudio Bellaver
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Dirceu Benelli
Chefe-Adjunto de Administração

Documentos 106

Reunião Técnica sobre Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos e Uso de Biogás

ANAIS

Coordenação: Airton Kunz
Paulo A.V.de Oliveira

*Concórdia, SC
2006*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves

Caixa Postal 21

89.700-000, Concórdia, SC

Telefone: (049) 34410400

Fax: (049) 34428559

<http://www.cnpsa.embrapa.br>

sac@cnpsa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade:

Presidente: *Jerônimo Antonio Fávero*

Membros: *Claudio Bellaver*

Cícero J. Monticelli

Gerson N. Scheuermann

Airton Kunz

Valéria M. N. Abreu

Suplente: *Arlei Coldebella*

Coordenação editorial: *Tânia Maria Biavatti Celant*

Normalização bibliográfica: *Irene Z.P. Camera*

Editoração eletrônica: *Vivian Fracasso*

Foto da capa: *Paulo A. V. de Oliveira*

Tiragem: 100 unidades

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n.º 9.610).

Reunião Técnica sobre Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos e Uso de Biogás (2006 : Concórdia, SC).

Anais da Reunião Técnica sobre Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos e Uso de Biogás/ coordenada por Airton Kunz e Paulo A.V. de Oliveira. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

53p.; 29cm. – (Documentos / Embrapa Suínos e Aves, ISSN 0101-6245; 106)

1. Suíno – dejetos – tratamento. 2. Biodigestor. 3. Biogás. I. Kunz, Airton. II. Título. III. Série.

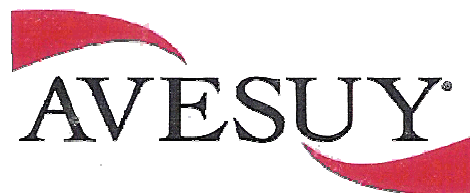
CDD 628.7466

© Embrapa 2006

Patrocínio



sansuy



Pierog & Pierog Ltda

Sumário

Experiência da Embrapa com Biodigestão Anaeróbia de Dejetos Suínos – I.....	07
<i>Airton Kunz</i>	
Purificação de Biogás.....	13
<i>Geraldo D. Pergher</i>	
Grupo Fockink.....	21
Sistemas de Aquecimento.....	26
<i>Rudolf Giovani Portela</i>	
Apresentação Seminário Biodigestores/Biogás Concórdia – SC.....	36
<i>Empresa Arcotherm</i>	
Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos.....	38
<i>Egídio Arno Konzen</i>	
Dejetos Fermentados em Biodigestores e seu Impacto Ambiental no uso como Fertilizante do Solo.....	45
<i>Milton Antônio Seganfredo</i>	

EXPERIÊNCIA DA EMBRAPA COM BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS - I

Airton Kunz

*Doutor em Química Ambiental, Pesquisador da Embrapa - Suínos e Aves
e-mail: airton@cnpa.embrapa.br*

1. Introdução

A suinocultura da região Sul do Brasil é de longe a maior e a mais tecnificada do País. De meados da década de 80 ao final da década de 90, a taxa de abate média da suinocultura da região elevou-se em mais de 65%, colocando-a em níveis similares aos apresentados por países avançados na atividade. Nessa região o maior destaque ficou por conta do estado de Santa Catarina, por ter aumentado sua participação na produção nacional de 22,55% em 1985, para mais de 30% em 2000. Nesse Estado, as mesoregiões Oeste e Sul tiveram grandes evoluções tecnológicas, aumentaram suas participações na produção estadual, tiveram reduções significativas na quantidade de produtores e grande aumento do número de animais produzidos nas propriedades abaixo de 100 há, gerando resíduos muitas vezes de difícil manejo em função das pequenas áreas para disposição.

A utilização da biodigestão anaeróbia através de biodigestores para estabilização de diferentes substratos é bastante antiga e apresenta-se como uma boa alternativa à questão dos resíduos das atividades agropecuárias. No Brasil esta tecnologia teve um forte impulso nas décadas de 70 e 80 caindo posteriormente em descrédito devido, principalmente, a falta de conhecimento e acompanhamento técnico desta tecnologia. Na década de 90, a biodigestão anaeróbia novamente ganhou força, colocando-se como alternativa para agregação de valor ao dejetos além de propiciar uma degradação parcial da fração líquida podendo ser utilizado como biofertilizante dentro dos preceitos das boas práticas agronômicas.

Existem vários modelos de biodigestores que foram desenvolvidos e adaptados a diferentes matrizes e substratos, para a suinocultura o biodigestor de modelo canadense tem ganhando bastante impulso face a algumas vantagens como baixo custo, facilidade e rapidez de implementação.

No que diz respeito a operação, os biodigestores podem apresentar problemas de eficiência no que tange a influencia da temperatura durante os meses de inverno, no Brasil isto é mais significativo nos estados do sul devido a invernos mais rigorosos.

2. Construção do Biodigestor e Utilização do Biogás

O trabalho foi desenvolvido em uma granja produtora de suínos contendo 50 matrizes operando em ciclo completo localizada na região de Concórdia/SC. A produção diária de dejetos oscilou em torno de 4 m³/dia (alimentado de maneira intermitente), o biodigestor modelo canadense, revestido em lona de PVC, com capacidade de 150 m³ e tempo de residência hidráulica de 30 dias.

O biodigestor foi enchido completamente e antes do fechamento do sistema foi instalado um agitador com três pontos de agitação para revolvimento da biomassa no sentido de acelerar a degradação do dejetos de suíno (veja fig.1). Após o enchimento o sistema foi fechado com a lona de PVC no sentido de se criar um ambiente de anaerobiose e iniciar a produção de biogás (fig.1), um detalhe importante de ser ressaltado se refere a dificuldade em dar partida ao sistema devido as condições extremamente adversas encontradas nos meses de inverno que interferem negativamente na geração do biogás.



Fig. 1. Detalhe do dejetos sob agitação (a), após fechamento do biodigestor (b), início da produção de biogás (c) e com o gasômetro completamente cheio de biogás (d).



Fig. 2. Unidade para purificação e compressão do Biogás. A) Coletor de Umidade; B) Filtro de H_2S ; C) Espuma; D) Totalizador de gás; E) Compressor de gás

3. Unidade para Purificação e Compressão do Biogás

Para se retirar a umidade e o sulfeto de hidrogênio (H_2S) do biogás que podem prejudicar a operação e eficiência do sistema de transmissão e utilização do biogás se desenvolveu uma pequena unidade para remoção destas espécies (fig.2). O módulo para remoção de umidade consiste de vários tubos concêntricos de tal forma a permitir a condensação da água enquanto que o módulo para remoção de H_2S é formado por um cilindro empacotado internamente com limalha de ferro finamente dividida. O sistema possui ainda um totalizador de gás para medir o volume de gás a ser consumido no aviário e um compressor para que o gás seja levado até o aviário (cerca de 200 metros de linha) a uma pressão de cerca de $1,5 \text{ Kg/cm}^2$.

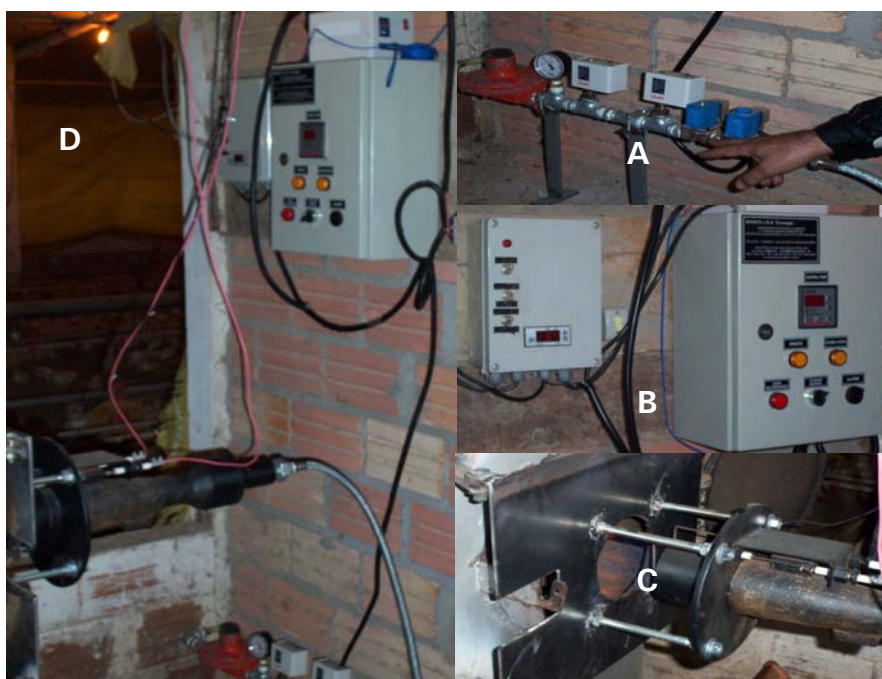


Fig. 3. A) rampa de segurança; B) painéis de controle; C) queimador; e D) vista do sistema completo

4. Utilização do Biogás no Aquecimento de Aviário

O biogás gerado no biodigestor será utilizado para aquecimento de aviário (12m x 100 m) com capacidade para 12.000 aves localizado a cerca de 200 metros do biodigestor. Para transportar o biogás gerado foi construída inicialmente uma linha com mangueira plástica que atualmente está sendo substituída por uma tubulação em PVC no sentido de se diminuir as perdas de biogás na linha de transmissão.

O queimador de biogás instalado no aviário (fig.3) opera de maneira automática não necessitando da interferência de operador, possui uma rampa de segurança para regulagem da pressão do gás que chega até o queimador, o ajuste da temperatura interna do aviário é feito no painel frontal e o acionamento da chama de queima é feito por ionização não necessitando desta forma uma chama piloto.

5. Manejo do Biodigestor

O manejo do biodigestor é uma das práticas que requerem bastante atenção quando se trata da utilização do biogás, pois um manejo mal realizado pode comprometer todo o sistema de utilização do gás. Neste sentido, buscou-se práticas para uniformizar a entrada de dejetos no biodigestor de tal forma que esta fosse o mais homogênea possível. A entrada do dejetos foi estabelecida como sendo 3 vezes na semana. Para um melhor acompanhamento pelos funcionários da granja, foi desenvolvido um protocolo de manejo bastante simples para que pudesse ser seguido por todos.

Algumas melhorias foram implementadas como o fechamento de canaletas de dejetos no sentido de se reduzir a emissão de odores e proliferação de moscas. A colocação de telas (fig.4) para retenção de pelos, folhas e outros sólidos grosseiros também teve um efeito positivo no manejo do dejetos de suínos.



Fig. 4. Colocação de telas nas canaletas de dejetos

6. Acompanhamento de Parâmetros Físico-Químicos para Avaliar a Eficiência do Biodigestor

As análises foram realizadas no Laboratório Físico-Químico da Embrapa Suínos e Aves e os parâmetros analisados foram Demanda Bioquímica de Oxigênio mensurada em 5 dias (DBO_5), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Amônia (NH_3), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (P_{Total}), Sólidos Fixos (SF), Sólidos Totais (ST) e Sólidos Voláteis (SV). As análises físico-químicas seguiram as metodologias padrões (ALPHA, 1995).

A tabela abaixo apresenta os dados de eficiência de remoção físico-química do biodigestor compreendendo um período de 10 meses.

Tabela 1. Médias (g L^{-1}) das determinações de carga orgânica e nutrientes para a alimentação e o efluente do biodigestor

Parâmetro	Afluente	Efluente
DQO	$66,9 \pm 13,5$	$8,5 \pm 1,0$
DBO_5^{20}	$34,8 \pm 7,4$	$3,2 \pm 1,2$
N- NH_3	$2,6 \pm 0,8$	$2,3 \pm 0,7$
N _{Total}	$4,8 \pm 1,1$	$3,2 \pm 0,5$
P _{Total}	$1,60 \pm 0,41$	$0,22 \pm 0,14$
Sólidos Voláteis	$41,7 \pm 15,6$	$9,7 \pm 4,9$

Médias do período de março a dezembro de 2004

A utilização da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos mostrou-se um sistema eficaz para remoção de material orgânico, caracterizada por 87% na redução da DQO e 90% na redução da DBO_5^{20} . No entanto a redução de nutrientes é limitada, principalmente para nitrogênio, onde grande parte do nitrogênio orgânico é convertido em amônia.

7. Referências Bibliográficas

APHA. Standard methods for examination of water and wastewater, 19th edition. Ed. Amer. Publ. Health Ass. 1995.

HIGARASHI, M. M. (2005). " Exemplos de tecnologias de tratamento de dejetos de suínos através da co-geração energética". *Suinocultura Industrial*, 3: 186, pp.12-14.

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

KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; BORTOLI, M. MENOZZO, G.F. Utilização de biodigestão anaeróbia para o tratamento de dejetos de suínos. Livro de

resumos da 28^a reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas, 2005.

KUNZ, A.; PALHARES, J.C.P. Créditos de carbono e suas conseqüências ambientais. *Suinocultura Industrial*, Porto Feliz, n.177, p.14-15. Agosto/Setembro2004.

KUNZ, A.; CHIUCHETTA, O.; MIELE, M.; GIROTTTO, A. Comparativo do custo de implantação de diferentes tecnologias de armazenagem/ tratamento e disposição de dejetos de suínos. *Circular Técnica* n° 42. Embrapa Suínos e Aves, Junho de 2005.

OLIVEIRA, P.A.V.O. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos, manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 109f, 2004.

PALHARES, J. C. P. (2004). "Considerações Técnicas para a Viabilização Ambiental de uma Granja de Suínos". *Comunicado Técnico n°364*. Embrapa Suínos e Aves. Dezembro de 2004.

PURIFICAÇÃO DE BIOGAS

Geraldo D. Pergher

1. Porque Utilizar Biogás:

- ⇒ Combustível renovável;
- ⇒ Tomando-se como exemplo a produção dos 7,2 milhões de biodigestores instalados na China até dezembro 1979, a energia gerada por eles equivalente a cinco "Itaipus" ou 48 milhões de toneladas de carvão mineral.

2. Fatores que Influenciam na Obtenção de um "Bom" Biogás:

- ⇒ Impermeabilidade ao ar;
- ⇒ A decomposição de matéria orgânica na presença de oxigênio produz dióxido de carbono (CO_2); na ausência de ar (oxigênio) produz metano. Se o biodigestor não estiver perfeitamente vedado à produção de biogás é inibida;
- ⇒ Temperatura adequada;
- ⇒ Nutrientes;
- ⇒ Teor de água.

3. Características do Biogás:

"O Biogás é um gás inflamável produzido por microorganismos, quando matérias orgânicas são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, em um ambiente impermeável ao ar".

3.1. Gases Contidos no Biogás:

- ⇒ CH_4 - 55 a 80%;
- ⇒ CO_2 - restante;
- ⇒ H_2S - de 1000 a 15000 ppm (0,01 a 0,15%);
- ⇒ H_2O - saturado.

3.2. Capacidade Calorífica do Metano – Biogás Altamente Purificado:

- ⇒ O poder calorífico do biogás varia de 5 000 a 7 000 Kcal/m³;
- ⇒ O biogás altamente purificado pode alcançar até 12 000 Kcal/m³;
- ⇒ De acordo com Meynell, ^{i[1]} a energia esperada do metano puro e de 896-1069 Btu/ft³; o gás natural tem energia aproximadamente 10% maior porque contem gases líquidos como butano.

3.2.1. Um Metro Cúbico de Biogás Purificado Equivale a:

- ⇒ 0,613 litro de gasolina
- ⇒ 0,579 litro de querosene
- ⇒ 0,553 litro de óleo diesel
- ⇒ 0,454 litro de gás de cozinha
- ⇒ 1,536 quilo de lenha
- ⇒ 0,790 litro de álcool hidratado
- ⇒ 1,428 kW de eletricidade
- ⇒ **1,0 m³ de metano = 0,716 kg**

3.3. Principais Impurezas do Biogás:

- | | |
|--------------------------|------------------|
| a) Sulfeto de Hidrogênio | H ₂ S |
| b) Dióxido de Carbono | CO ₂ |
| c) Vapor de Água | H ₂ O |
| d) Dióxido de enxofre | SO ₂ |



4. Purificação do Biogás:

4.1. Retirada de H₂S e Traços de SO₂

A retirada do H₂S é necessária devido:

a) A sua toxicidade: tempo máximo de exposição ao H₂S segundo a OSHA.(Occupational Safety and Health Administration)

- 8 horas (time weighted average) TWA.....10 ppm
- 15 minutos (short term exposure limit) STEL.....15 ppm
- Risco de vida (immediately dangerous to life or health) IDLH.....300 ppm

b) A sua acidez que destrói os equipamentos bem como provoca a chuva acida resultante dos gases de combustão do motor.

4.1.1. Retirada por Meio Químico a Seco

Aplicado em fluxos baixos de Biogás e instalações de menor porte, até 500 Nm³/h.

Um leito de palha de aço oxidada é atravessado pelo gás a ser purificado acontecendo as seguintes reações:

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} = \text{Fe}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$durante o ciclo de purificação
- $2\text{Fe}_2\text{S}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{S}_2$durante a regeneração

1Kg de óxido de ferro remove 0.64Kg de H₂S

Observar que o leito de óxido de ferro pode ser regenerado simplesmente deixando-se passar ar pelo seu interior, devido à reação ser altamente exotérmica deve-se controlar a entrada de ar no leito para evitar incêndios. Será formado enxofre na forma natural muitas vezes fundido pelo calor, onde o mesmo recobre (impermeabiliza) o óxido de ferro o que impossibilita seu re-uso.

Uma regeneração continua do leito pode ser conseguida adicionando-se ao gás a ser purificado um pequeno percentual de O₂ proporcional à concentração de H₂S existente deste modo as duas reações acima ocorrem simultaneamente.

4.1.2. Método de Retirada Biológico

Destinado a remoção de H₂S para fluxos elevados de Biogás, entre 200 a 2500 Nm³/h, com capacidade de produzir até 50 toneladas de Enxofre ao dia.

Casos de sucesso da aplicação dessa tecnologia são em tratamento de efluentes de indústrias de celulose, destilarias de petróleo, tratamentos de esgotos domésticos municipais e indústrias químicas.



Características Tecnológicas:

- ⇒ Alta eficiência na remoção de H_2S ;
- ⇒ Alta atividade biológica;
- ⇒ Remoção do odor por conversão dos componentes;
- ⇒ Pequeno tempo para partida do sistema;
- ⇒ Processo robusto;
- ⇒ Operação a pressão e temperatura ambiente;
- ⇒ Baixo custo operacional;
- ⇒ Produção de enxofre e reutilização do produto.

Princípio de Operação:

A absorção do H_2S ocorre em meio levemente alcalino (pH 8-9) permitindo a seguinte reação: $H_2S_{\text{gas}} + OH^- = HS^-_{\text{liquid}} + H_2O$

A fase líquida HS^-_{liquid} é direcionada ao bioreator, onde o Sulfeto é oxidado por bactérias, resultando enxofre puro. $HS^- + \frac{1}{2} O_2 = S^0 + OH^-$

Observação: Outros métodos de remoção de H_2S e SO_2 , podem ser aplicados, porém são economicamente inviáveis e na maioria das vezes, geram subprodutos poluentes que devem ser descartados de forma apropriada.

4.2. Retirada do CO_2

A remoção do CO_2 é necessária, visando elevar o poder calorífico do biogás, atingindo valores próximos ao gás natural (10% inferiores).

4.2.1. Retirada por dissolução em água

Um fluxo contínuo de água em baixa temperatura (inferior a 20°C) e lava em contra-fluxo ao metano com dióxido de carbono, dissolvendo o CO₂ formando ácido carbônico dissolvido em água. O processo ocorre à pressão e temperatura ambientes.



Buscando permitir a maior dissolução, utilizam-se torres de lavagem com recheio adequado, aumentando a superfície de contato.

Para a reutilização da mesma água novamente, basta remover o ácido carbônico através da aeração eficiente da mesma – ideal a formação de microgotas.



4.2.2. Retirada Utilizando-se Membranas Semipermeáveis

Através da tecnologia de membranas semipermeáveis, é possível remover o CO₂ do Biogás, por simples diferença de volume molecular, entre o CH₄, o CO₂ e H₂O, onde o CO₂ e a H₂O são permeados, permanecendo o CH₄ – biogás purificado, já praticamente seco.

A desvantagem desse processo é o consumo energético, pois exige que seja elevada a pressão de todo o gás (biogás contaminado com gás carbônico) para permitir a separação, bem como deve ser provido de filtros de alta eficiência evitando danificar as membranas.

Quando o biogás gerado apresenta baixo teor de CO₂, inferior a 20%, esse processo torna-se economicamente viável energeticamente, apesar de apresentar custo de aquisição ainda elevado.

4.3. Secagem ou Remoção Completa de H₂O

Os únicos processos de secagem adequados à remoção completa de água do gás já purificado, assegurando a eficiência do combustível gerado e a durabilidade dos componentes envolvidos, são a adsorção, com ponto de orvalho de -40°C e as membranas semipermeáveis, com ponto de orvalho de -20°C.

O processo da adsorção apresenta vantagem, pois é mais robusto e apresenta menor consumo energético.

Processo de secagem	Ponto de orvalho	Qtd. de água
Nenhum	N/A	30,4 g H ₂ O/m ³
Refrigeração	+ 4 °C	0,30 g H ₂ O/m ³
Membranas semipermeáveis	-20 °C	0,12 g H ₂ O/m ³
Adsorção – Alumina Ativada	-40 °C	0,05 g H ₂ O/m ³
Adsorção – Peneira Molecular	-80 °C	0,01 g H ₂ O/m ³



5. O Uso do Biogás

O biogás por ser extremamente inflamável, oferece condições para:

- ⇒ uso em fogão doméstico;
- ⇒ em lampião;
- ⇒ como combustível para motores de combustão interna;
- ⇒ em geladeiras;
- ⇒ em chocadeiras;
- ⇒ em secadores de grãos ou secadores diversos;
- ⇒ geração de energia elétrica.

5.1. Características do Biogás para Diversas Aplicações:

- ⇒ Caldeiras e aquecedores (3) $\text{H}_2\text{S} < 1000\text{ppm}$;
- ⇒ Motores de combustão interna (3) $\text{H}_2\text{S} < 100\text{ppm}$ os motores de ciclo Otto são mais sensíveis ao H_2S que os Dieséis;
- ⇒ Microturbinas (4) toleram até 70.000ppm;
- ⇒ Para substituição de gás natural (5) $\text{H}_2\text{S} < 4\text{ppm}$, $\text{CH}_4 > 95\%$, $\text{CO}_2 < 2\%$ em volume e ponto de orvalho -40°C .



6. Referencias Bibliográficas

SEIXAS, Jorge. "Construção e Funcionamento de Biodigestores", por Jorge Seixas, Sérgio Folle e Delomar Machetti. Brasília, EMBRAPA - DID, 1980. 60p. (EMBRAPA - CPAC. Circular técnica, 4).

Meynell, P-J. (1976). *Methane: Planning a Digester*. New York: Schocken Books. pp. 30-31.

Wellinger and Linberg (2000).

Capstone turbine corp (2000).

Koln an Neilsen (1997).

GRUPO FOCKINK

1. Apresentação

Empresa com mais de 55 anos no mercado nacional. Possui cerca de 1000 funcionários e uma área de 14mil m² distribuídos em três Fábricas e uma Administração Central.

A unidade de Energia Alternativa localiza-se junto a Fabrica II no distrito industrial da cidade. Panambi encontra-se no Noroeste do Estado e é considerado o terceiro pólo metal mecânico do Rio Grande do Sul.

2. Seguintos de Atuação e Linha de Produtos

Com uma gama grande de produtos e serviços que vão desde o projeto as execuções. Atuando em distintos segmentos como por exemplo em indústrias, agroindústrias, portos, mineração, siderurgia e construção civil.

Os produtos oferecidos pela indústrias são: identificadores, transformadores, automação, irrigação, resfriadores de leite, painéis de BT/MT, cercas elétricas, metalurgia, ordenhadeiras, aeração, armazenagem, instalações elétricas, termometria, mecânica de utilidades.

3. Unidade de Energia Alternativa

3.1. Geração a Gás

Em 2002 a Fockink foi procura pela Petrobrás para desenvolver um congelador que funcionasse com gás natural, nesse momento o objetivo era de fomentar o consumo no Brasil.

Aceitamos o desafio, e um ano e oito meses depois, concluímos com êxito o projeto.

3.2. Parceiros do Projeto

Tivemos como parceiros no projeto a Petrobrás que nos cedeu o motor Mercedes OM366 e no CTGás (Centro Tecnológico de Gás do Nordeste) foi colocado para verificar o funcionamento do Grupo Cogrador com o fornecimento de água quente (1800 l/h a 85°C), ar condicionado (7TR's) e energia elétrica (35kVA).

3.4. Etapas do Desenvolvimento

Foi seguida as seguintes etapas de desenvolvimento: Descrição técnica do projeto, Elaboração do projeto, Montagem, Teste de desempenho e Teste de durabilidade.

No descritivo técnico consta os módulos básicos do sistema: Modulo acionador, modulo gerador, modulo de exaustão, modulo de refrigeração, modulo chassi, modulo armazenador e modulo de controle.

3.5. Premissas Básicas do Projeto

- ⇒ Sistema 100% nacional de característica modular, em forma compacta, o qual é equipado com um motor nacional de alta performance;
- ⇒ Sistema produz baixo nível de ruído;
- ⇒ Sistema opera em sincronismo com a rede possibilitando o fornecimento de energia em horários de pico ou emergência;
- ⇒ Opção de geração descentralizada – implementação próxima aos centros de carga;
- ⇒ Redução dos investimentos em geração, transmissão e distribuição de eletricidade – eficiência econômica;
- ⇒ Aumento na confiabilidade do fornecimento de energia elétrica para o usuário final, sem os transtornos da falta de energia;
- ⇒ Garantia de segurança e a qualidade do sistema.

3.6. Resultado Obtido

O projeto foi concluído com sucesso, o mesmo se encontra hoje instalado no CTGás em Natal-RN, gerando energia elétrica, ar condicionado e água quente.

3.7. Módulo Acionador

No LACTEC foram feitos os seguintes testes no motor Mercedes-Benz OM366: Curva de torque, potência e consumo; Torque, potência e consumo com rotação constante; Tempo de recuperação de carga; Torque, potência e consumo com variação de contra-pressão; Consumo de óleo; Emissão de Gases (CO, CO₂, HC, NO_x, O₂).

3.8. Módulo Gerador

Resistência de Isolamento; Tensão suportável (aplicada); Resistência elétrica dos enrolamentos da armadura; Resistência elétrica dos enrolamentos do campo principal; Resistência elétrica dos enrolamentos da excitatriz; Aquecimento; Ensaio de curto-circuito trifásico permanente; Ensaio de elevação da temperatura; Determinação do rendimento.

4. Bancada LACTEC

4.1. Painel Elétrico

Automático com transferência de carga em rampa para trabalhar em regime contínuo/*prime-power*/emergência. Tipo microprocessado com supervisão e controle do grupo gerador e rede elétrica.

Equipado com sistema para garantir a estabilidade de tensão nominal, controle de velocidade, proteção para alta temperatura d'água, baixa pressão de óleo, curto-circuito, tensão/frequência anormais e falha na partida/parada.

Supervisão de sobrecorrente, leitura de tensão de rede e grupo F-F/F-N, horas de funcionamento, rotação do motor, bloqueio do grupo gerador e alarme de preventiva.

4.2. Carenagem

Sistema de proteção e isolamento acústica que pode ser adicionado ao grupo gerador.

5. Potências Desenvolvidas

5.1. Motores

Motores a Gás Natural

- ⇒ Motor OM366 de 50 a 112kVA;
- ⇒ Marca: MERCEDES- BENZ;
- ⇒ Modelo: OM366G;
- ⇒ Tipo: aspirado, quatro (04) tempos, seis (06) cilindros em linha;
- ⇒ Sistema de arrefecimento: à água através de radiador com ventilador soprante;
- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante.

Motor OM447 para 122 e 170kVA

- ⇒ Marca: MERCEDES-BENZ;
- ⇒ Modelo: OM447LA;
- ⇒ Tipo: estacionário, 6 cilindros, interculado, turbinado e refrigerado por radiador.

Motores a Biogás

- ⇒ Motor 1.0 para 20kVA;
- ⇒ Marca: VOLKSWAGEN;
- ⇒ Modelo: AP 1.0;
- ⇒ Tipo: veicular, quatro (04) cilindros, aspirado;
- ⇒ Sistema de arrefecimento: à água através de radiador com ventilador soprante;

- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante;
- ⇒ Consumo médio: 11 m³/h.

Motor 1.8 para 25kVA

- ⇒ Marca: VOLKSWAGEN;
- ⇒ Modelo: AP 1.8;
- ⇒ Tipo: veicular, quatro (04) cilindros, aspirado;
- ⇒ Sistema de arrefecimento: à água através de radiador com ventilador soprante;
- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante;
- ⇒ Consumo médio: 13 m³/h.

Motor 2.0 para 30 e 36kVA

- ⇒ Marca: VOLKSWAGEN;
- ⇒ Modelo: AP 2.0;
- ⇒ Tipo: veicular, quatro (04) cilindros, aspirado;
- ⇒ Sistema de arrefecimento: à água através de radiador com ventilador soprante;
- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante.

Motor OM366 de 50 a 90kVA

- ⇒ Marca: MERCEDES- BENZ;
- ⇒ Modelo: OM366G;
- ⇒ Tipo: aspirado, quatro (04) tempos, seis (06) cilindros em linha;
- ⇒ Sistema de arrefecimento: à água através de radiador com ventilador soprante;
- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante.

Motor OM447 112k e 122kVA

- ⇒ Marca: MERCEDES-BENZ;
- ⇒ Modelo: OM447LA;
- ⇒ Tipo: estacionário, 6 cilindros, interculado, turbinado e refrigerado por radiador;
- ⇒ Filtros: ar a seco e óleo lubrificante.

6. Geração a Biogás

A partir dos testes feitos no LACTEC, com diferentes concentrações de metano (CH₄), chegou-se a uma parecida com a do Biogás.

Com isto colocamos para fazer os primeiros testes na Granja da Sadia em Faxinal do Guedes-SC.

7. Geração de Energia

Transformação de biogás em energia elétrica. Após testes em campo chegamos aos seguintes dados, 1m³ de biogás gera 1,6 KW de energia.

8. Sadia – Faxinal dos Guedes

Foi o primeiro teste do nosso equipamento com o Biogás como combustível. Devido o biogás ser de baixa qualidade (cerca de 50% de metano) e no motor Mercedes recomenda-se que tenha no mínimo 65% para um bom rendimento teve que ser colocado um filtro para purificar este gás.

9. Modelo de Crédito de Carbono, Granja Becker – Patos de Minas- MG

Primeira Granja a implantar o conceito do crédito de carbono no Brasil. Esta serviu de modelo para que autoridades do Brasil e do Mundo pudessem vir a conhecer e avaliar o processo.

10. Fazenda Ponte Alta, Itararé-SP

Primeira Granja onde a Fockink instalou o sistema de paralelismo com a rede onde obteve grande sucesso. O biogás é levado do biodigestor até o ponto de consumo por um compressor radial de 300m³/h a quase 1000 metros de distância.

11. Fazenda São Sebastião, Santa Juliana – MG

Nesta granja tem instalado um grupo gerador de 122kVA, assim tornando essa granja auto-suficiente em energia elétrica. A redução na conta de energia esta em torno de 90%.

12. Referencias Bibliográfica

MERCEDES-BENZ do BRASIL S.A. *Manual de Operação*. São Paulo-SP: Editora da Mercedes-Benz do Brasil S.A.

WOODWARD AUTOMOTIVE PRODUCTS. *Kit M 366G Industrial*. Campinas-SP.

WEG INDUSTRIAS S.A. *Manual de Instalação e Manutenção Geradores Síncronos*. Jaraguá do Sul-SC. Editora WEG. 2003.

Sansuy, Biodigestores – www.sansuy.com.br.

SISTEMAS DE AQUECIMENTO

Rudolf Giovani Portela

*Engenheiro Mecânico da Agromarau Ind. e Com. Ltda.
The GSI Group Brasil, Marau – RS rudolf@gsibrasil.ind.br*

Por não existir uma classificação e/ou nomenclatura oficial para os sistemas de aquecimento, tomo a liberdade de utilizar denominações próprias, que podem eventualmente diferir daquelas utilizadas em determinadas regiões ou empresas. Contudo, acredito que as elucidações referentes a cada item não deixarão dúvidas sobre o tipo de equipamento referido.

1. Classificação Geral dos Aquecedores

1.1. Geradores de Ar Quente

Trata-se de um mecanismo capaz de gerar ar aquecido, o qual é então conduzido para o ambiente a ser aquecido. A transmissão de calor para o ambiente se dá por convecção, ou seja, o calor contido no fluido (ar) mais quente transfere-se ao fluido mais frio, devido ao movimento de ambas as massas. Por ser um processo extremamente sujeito a perdas de calor, demanda prioritariamente um ótimo isolamento térmico do local. Devido às diferenças de densidades existentes entre o ar frio e o ar quente, este último, por ser mais leve, sobe rapidamente para junto do teto. Portanto, o ar aquecido necessita ser continuamente movimentado para baixo.

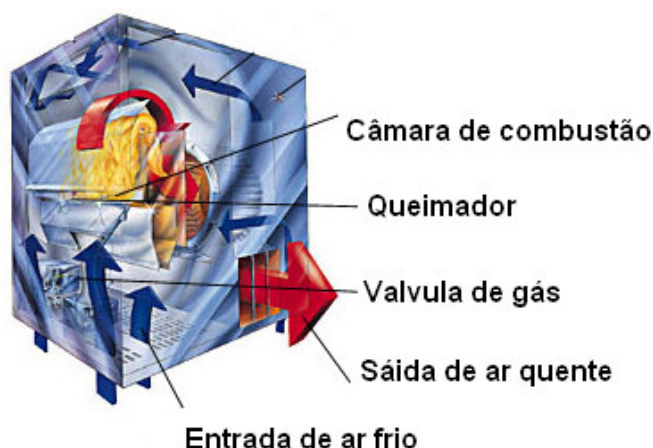
1.2. Aquecimento Direcionado (ou “criadoras”)

Nestes sistemas, há uma ou mais fontes de calor, normalmente instaladas em alturas próximas ao piso ou no próprio piso. Daí receberem a denominação popular de “criadoras”. Dependendo das características construtivas, a transmissão de calor pode dar-se por convecção, irradiação ou então numa combinação de ambas as formas. Quanto mais incandescente estiver a fonte de calor, tanto maior será sua irradiação de calor. Praticamente toda a irradiação se dá num comprimento de onda menor que o infravermelho, portanto as ondas não são visíveis ao olho humano. Nos sistemas irradiantes, as perdas não são tão elevadas, mesmo com um pobre isolamento térmico podem atender a demanda, embora isso implique em um considerável aumento no consumo energético. São normalmente mais efetivos em manter o solo seco e aquecido.

2. Geradores de Ar Quente

2.1. Gerador de Ar Quente Queima Direta e Gerador de Ar Quente a Gás

Usados há muito tempo, especialmente na América do Norte e alguns países da Europa. Utiliza como combustível Propano, gás natural ou GLP. Experiências com uso de biogás (sem tratamento adequado) mostraram-se inviáveis economicamente e tecnicamente, devido ao baixo poder calorífico desse gás, e aumento do nível de monóxido e dióxido de carbono no ambiente. Basicamente é composto por uma unidade de controle, um queimador e um ventilador centrífugo posicionado dentro de uma câmara de combustão, onde o ar quente proveniente da queima da mistura ar mais combustível é succionado pelo ventilador e insuflado diretamente para o ambiente. Podem ser instalados internamente ou externamente, se instalado internamente é preciso prever renovação contínua de no mínimo 75% de ar fresco, a fim de prover oxigênio em quantidade suficiente tanto para a combustão como para a não elevar a quantidade de monóxido e dióxido de carbono a níveis prejudiciais aos animais. Podem ser acionados manualmente ou de forma automática.

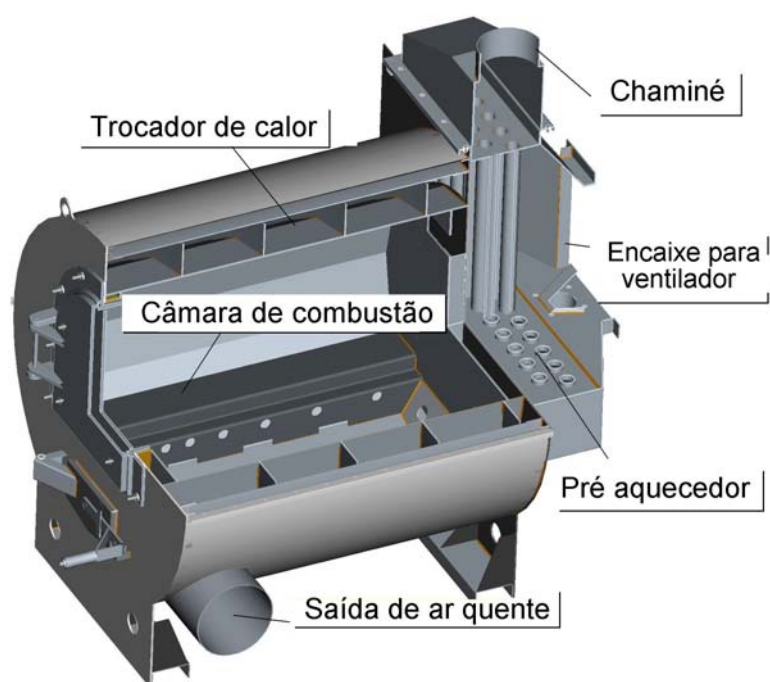


2.2. Geradores de Ar Quente de Queima Indireta

2.2.1. Gerador de Ar Quente a Lenha

Este sistema vem popularizando-se cada vez mais, devido aos crescentes aumentos nos preços do petróleo e seus derivados, como uma alternativa mais econômica. Tidos à primeira vista como “ecologicamente incorretos”, na verdade é preciso considerar que utilizam combustível obtido a partir de uma fonte renovável desde que não se utiliza madeira de matas nativas. Seu princípio construtivo e de funcionamento baseia-se em uma fornalha de fogo indireto, que a décadas é utilizada para secagem de grãos, principalmente o café. Basicamente é composto por uma câmara de combustão, um ou mais trocadores de calor, e um ventilador, (geralmente centrífugo). O ar frio é

succionado pelo ventilador e forçado a passar através do trocador de calor, o qual é mantido aquecido por convecção, e irradiação pelos gases da combustão da lenha e pelas labaredas respectivamente. O ar frio ao passar pelo trocador de calor é aquecido e conduzido ao ambiente (galpão). Em alguns modelos a câmara de combustão é o próprio trocador de calor neste caso ocorre além de convecção e irradiação, também há troca de calor por condução entre as brasas e a lenha em combustão com a superfície do trocador de calor. O ar em ambos os modelos troca calor com o trocador por convecção. Este tipo de aquecedor pode ter acionamento do ventilador automático controlado por um termostato porem, requer considerável mão-de-obra para o abastecimento.



2.2.3. Gerador de Ar Quente a Gás ou Diesel

O princípio construtivo e de funcionamento se assemelha muito ao exemplo anteriormente descrito. O combustível utilizado para este tipo de gerador pode ser diesel, GLP, Propano ou Gás Natural, sendo que o queimador muda em função do tipo de combustível a ser utilizado. Este tipo de aquecedor é composto geralmente por um queimador, câmara de combustão, trocador de calor e um ventilador centrífugo ou ainda axial. O ar frio é succionado pelo ventilador e forçado a passar através do trocador de calor, o qual é mantido aquecido pela queima do combustível na câmara de combustão e pelos gases provenientes da combustão. Ainda existem modelos que o mesmo combustível, utilizado para queima acionar também o motor que faz girar o ventilador. Geralmente este tipo de aquecedor apesar de seu tamanho médio pode vir montado sobre rodas o que facilita o transporte. Seu principal atrativo quando o motor do ventilador é acionado pelo combustível utilizado pelo queimador é a não dependência de energia elétrica.



2.2.4. Gerador de Ar Quente Elétrico

Este modelo praticamente inexistente no Brasil, devido ao elevado custo da energia elétrica e dificuldades para suprimento e transmissão da mesma, em especial nas áreas rurais. Consiste de um painel composto de resistências elétricas aletadas, sobre o qual é soprado ar, sendo então conduzido para o interior do galpão. Não consome oxigênio para a produção de calor, portanto pode ser utilizado internamente, sem problemas para o bem estar animal. Alguns sistemas apresentam ajuste automático de potência, conforme a necessidade de calor requerido o que pode representar uma economia de energia, além de proporcionar uma curva de fornecimento de calor bastante uniforme, sem picos de temperatura. Dependem totalmente de energia elétrica e sua manutenção é elevada.



3. Aquecimento Direcionado (ou “criadoras”)

3.1 Aquecedor Convencional a Gás

Também conhecidas como “campânulas”, possuem um ou mais queimadores, montados junto a um refletor, que objetiva direcionar o calor para baixo. Esses queimadores podem ser fabricados em materiais diversos, como aço, porém o

modelo mais comum usa uma placa perfurada de cerâmica refratária, que atua como difusor para o gás, a queima ocorre sobre a sua superfície externa. O refletor pode ser feito em chapa galvanizada, alumínio ou aço esmaltado. Nestes modelos, a potência é determinada pela quantidade de gás queimado, e eficiência da queima. A transmissão de calor dá-se basicamente por convecção, podendo ocorrer alguma irradiação conforme a capacidade calorífica, a qual é fixa para cada modelo. Desse modo, apresentam perdas consideráveis, portanto instaladas o mais próximo possível do ponto que se deseja aquecer, outra particularidade deste tipo de aquecedor é a inexistência de controle de potência e temperatura (termostato).



3.2. Aquecedor Infravermelho a Gás

Seu uso teve larga ampliação ao longo da última década, tornando-se praticamente uma unanimidade com um desempenho muito satisfatório para as necessidades térmicas das aves. Mesmo passando por importantes evoluções tecnológicas, seu uso vem sendo contestado recentemente, pelo aumento dos custos do gás GLP. Os queimadores podem ser cerâmicos ou em aço inoxidável refratário. A maior parte do calor gerado é transmitido por irradiação, sendo que em alguns modelos esse percentual pode atingir valores acima de 80%. A denominação de infravermelha provém dessa característica. Os modelos mais eficientes são aqueles que direcionam todos os raios infravermelhos em direção ao solo, a fim de minimizar as perdas são dotados de um refletor. Via de regra, estes equipamentos operam de forma automática, comandados por controlador eletrônico ou por termostato. No primeiro caso, apresentam resposta mais rápida e precisa, há modelos de controladores operados por bateria e outros que permitem controle manual, caso falte energia elétrica. Já os modelos com termostato não dependem de eletricidade, mas apresentam menor precisão e velocidade de resposta, além de componentes um pouco mais delicados ao manuseio. Geralmente possuem uma válvula de segurança incorporada, que corta a passagem de gás caso se apague, evitando o risco de incêndios. Grande parte dos modelos existentes pode ajustar a sua capacidade calorífica variando a vazão do gás que passa pelo injetor em função da temperatura através de um termostato acoplado a uma válvula de fluxo. Existem ainda modelos que acionam um segundo injetor quando é necessário elevar o poder calorífico ainda mais. Como a maior parte

do calor é irradiado, portanto pouco suscetíveis a influência do ar ambiente, e são instaladas em alturas bem superiores às dos aquecedores convencionais.



3.3. Aquecedor Infravermelho Elétrico

Composto de uma ou mais resistências elétricas, em forma cilíndrica, circular ou de bulbo, alojadas em um refletor, geralmente em alumínio. Embora de construção barata e instalação muito simples, não teve boa aceitação pelo mercado devido às limitações impostas pelo uso de eletricidade, tais como custo energético elevado, dificuldades de transmissão em ambientes rurais, manutenção elevada, riscos de acidentes e funcionamento totalmente dependente de fonte energética variável e sujeita a falhas constantes. Apesar de serem dotados de um sistema de transmissão de calor bastante eficiente (irradiação), o custo da transformação de energia elétrica em energia térmica e as perdas envolvidas nesse processo têm indicado este equipamento como economicamente inviável. Sistemas mais modernos podem apresentar capacidade de variação na potência calorífica automática, o que reduz consideravelmente o consumo de energia elétrica.



3.4. Aquecedor de Tubo Irradiante a Gás

Apresenta-se como uma nova alternativa de aquecimento, que na verdade mescla os conceitos fundamentais dos dois princípios para sistemas de aquecimento. A transmissão de calor se dá majoritariamente por irradiação e convecção, pois os gases de combustão são conduzidos através de tubos metálicos cobertos por um refletor ao longo de toda a tubulação. Este tipo de equipamento consiste em um queimador acoplado diretamente a uma tubulação e refletores dispostos em cima desta tubulação afim refletir a irradiação ao solo. O queimador opera em função da temperatura ambiente, de modo automático ligando e desligando em alguns casos também modulando a potência. O comprimento da tubulação de irradiação é determinado pela potência calorífica do queimador o qual tem sua potência determinada pela sua capacidade de queima e combustível utilizado (GLP, Propano ou Gás natural). Sua utilização ainda é inexistente no Brasil, mas na América do Norte vêm sendo utilizados há alguns anos, com resultados muito satisfatórios. Tornou-se atraente pela simplicidade de operação, que é totalmente automática e por não consumir o oxigênio interno, já que o gerador de ar quente pode ser instalado externamente, ou ainda internamente com captação de ar externo, a saída dos gases de combustão é sempre externa.



3.5. Utilização de Biogás em Aquecedores

A condição prévia principal de utilização de biogás é a disponibilidade de queimadores de biogás especialmente projetados. Modificações em queimadores projetados para trabalhar com GLP, Propano ou Gás Natural, na maioria dos casos não são recomendadas pelos seus fabricantes, sendo que, as modificações e adaptações são de ordem prática e experimental, e objetivam obter uma chama estável, compacta, e ligeiramente azulada.

Para combustão completa de um litro de biogás são requeridos aproximadamente 5,7 litros de ar, enquanto que o GLP necessita em torno de 30,9 litros, e o Propano 23,8 litros. O gás GLP ou Propano possui até três

vezes o valor calórico do biogás. Tendo como base um queimador de GLP ou Propano, as modificações práticas incluem:

- ⇒ Aumento de diâmetro do bico injetor numa razão de 2 a 4 vezes;
- ⇒ Modificação na provisão de ar;
- ⇒ Aumento das aberturas de jato (evite se possível);
- ⇒ Aumento ou diminuição da pressão de fornecimento do gás.

A eficiência de aquecimento está diretamente relacionada com o poder calorífico do biogás, a retirada de impurezas presente no biogás visa aumentar a concentração de metano conseqüentemente o aumento do poder calorífico do biogás, as praticas mais comuns para purificar o biogás são:

- ⇒ Secagem do biogás (retirada da água);
- ⇒ Redução do percentual de gás sulfídrico (H_2S);
- ⇒ Redução do percentual de dióxido de carbono (CO_2).

4. Tabelas de Propriedades do Biogás

Tabela 1. Comparativo entre combustível

1 m³ de Biogás = 6000 Kcal - é equivalente a:
1,7 m ³ de Metano
1,5 m ³ de Gás de Cidade
0,8 L de Gasolina
1,3 L de Álcool
2 Kg de Carboneto de Cálcio
0,7 L de Querosene
7 Kw h de Eletricidade
2,7 Kg de Madeira
1,4 Kg de Carvão de Madeira
0,2 m ³ de Butano
0,3 m ³ de Propano

Tabela 2. Poder calorífico de diferentes gases

Metano (CH_4)	50 a 75 %
Dióxido de Carbono (CO_2)	25 a 40 %
Hidrogênio (H_2)	1 a 3 %
Azoto (N_2)	0.5 a 2.5 %
Oxigênio (O_2)	0.1 a 1 %
Sulfureto de Hidrogênio (H_2S)	0.1 a 0.5 %
Amoníaco (NH_3)	0.1 a 0.5 %
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0.1 %
Água (H_2O)	variável

Tabela 3. Poder calorífico de diferentes gases

P.C.I. de diferente Gases	
Gás	P.C.I. em Kcal/m ³
Metano	8500
Propano	22000
Butano	28000
Gás Natural	7600
*Biogás	5500
* o P.C.I. pode variar em função da concentração de Metano	

5. Tendências

Como fica bastante claro após a análise dos diferentes modelos relacionados e disponíveis, o grande desafio para um futuro muito próximo é o desenvolvimento de um sistema de aquecimento que utilize algum tipo de combustível limpo, renovável, eficiente, e principalmente, com um custo acessível. Pesquisas nesta área indicam ganhos em mesclar o uso de alguns dos sistemas e até mesmo mais de um tipo de combustível, a fim de obter de cada um deles as melhores características, em face de cada circunstância de utilização.

A elevação constante nos custos de mão de obra nos faz crer que a busca por sistemas mais automatizados e que demandem pouca ou nenhuma mão de obra deve ser outra tendência.

Finalmente, a evolução da consciência coletiva, a gradativa padronização das instalações, e a cobrança por parte dos usuários em relação a certificação dos aquecedores conforme normas técnicas fará com que cada vez mais, a segurança de operação, e garantias de desempenho sejam uma característica inerente a todos os sistemas de aquecimento.

6. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e Documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

AVICULTURA INDUSTRIAL. Porto Feliz, Gessuli Agribusiness, Edição 1108, Janeiro, 2003.

BIOGAS DIGEST VOLUME II. Biogas - Application and Product Development GTZ-GATE, Eschborn, Germany, 1999,
Disponível em <http://www5.gtz.de/gate/publications/BiogasDigestVol2.pdf> > .
Acessado em: 10 junho 2005.

BOLLA, Gerry. Small Scale Poultry Keeping – Brooding and Rearing Chickens. NSW Agriculture Agfact A5.1.6, Queensland, 2ª Edição, Outubro, 1997.

CZARICK, Michael; LACY, Michael P. Heating System Thermostat/Sensor Location. Poultry Housing Tips – The University of Geórgia Cooperative Extension Service, EUA, Volume 12, N. 3, Março, 2000.

CZARICK, Michael; LACY, Michael P. Reducing Temperature Stratification in Houses with Forced Air Furnaces. Poultry Housing Tips – The University of Geórgia Cooperative Extension Service, EUA, Volume 12, N. 4, Março, 2000.

DONALD, Jim; ECKMAN, Mike; SIMPSON, Gene. Cardinal rules for wintertime broiler house ventilation. The Alabama Poultry Engineering and Economics Newsletter. EUA, N. 15, Janeiro, 2002.

GLOBAL, Aquecedor Automático. Manual de Instalação, Utilização e Manejo, Agromarau – The GSI Group Brasil, Marau, Rev. 11, Fevereiro, 2002.

POULTRY HOUSING. Plan M-5000, Canadá, Canada Plan Service, New 81:09, 2002.

PURA FIRE, Aquecedor. Manual de Instalação, Utilização e Manejo, Agromarau – The GSI Group Brasil, Marau, Rev. 01, Janeiro, 2003.

REVISTA AVIMIG, Belo Horizonte, Assoc. dos Avicultores de Minas Gerais, N. 27, Novembro, 2002.

TUBE HEATER INSTALLATION, OPERATION, MAINTENANCE AND PARTS MANUAL Detroit Radiant Products Co, EUA, Rev. Fevereiro, 2004.

APRESENTAÇÃO SEMINÁRIO BIODIGESTORES/BIOGÁS CONCÓRDIA-SC

Empresa Arcotherm

1. ALD & BM2

1.1. BM2

- ⇒ Situada no Norte da Italia: Cherasco;
- ⇒ Líder na Europa em aquecimento, aves, suínos, floricultura e ambientes industriais;
- ⇒ 25 anos de experiência em tecnologia de aquecimento;
- ⇒ Equipamentos com operação: Diesel, GLP, Gás metano/Biogás;
- ⇒ Presença no Brasil há mais de 8 anos.

1.2. ALD

- ⇒ Distribuidora da BM2 no Brasil;
- ⇒ Sede no Rio de Janeiro;
- ⇒ Responsável pela distribuição dos equipamentos da BM2 no território Sul-americano;
- ⇒ Atuação no mercado nacional com representantes regionais;
- ⇒ Alvo em aquecimento de aves e suínos;
- ⇒ Sistemas Diesel, GLP e Biogás.

2. Biogás como Fonte de Energia para Aquecimento

- ⇒ Os Biodigestores em operação e experiência há mais de 26 anos;
- ⇒ Crescente número de interessados, destaque para tratamento de dejetos de suínos: Solução ambiental;
- ⇒ Forte influencia pelo Tratado de Kyoto e oportunidade venda crédito de carbono
- ⇒ Influencia pela elevação do custo dos combustíveis;
- ⇒ Grande número de Biodigestores em operação e em desenvolvimento de sistemas de aproveitamento energético;
- ⇒ Aquecimento de granjas, geradores de energia, motores e etc.

3. Biogás como Fonte para Aquecimento no Brasil

- ⇒ Unidades em operação: Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul;

- ⇒ Aquecimento de creches de suínos, aves, secadores de grãos e rações;
- ⇒ Utilização de equipamentos transformados de GLP para Biogás: baixa performance;
- ⇒ Existem riscos das instalações devido às improvisações e desconhecimento;
- ⇒ Baixa qualidade do Biogás: alto nível de corrosão dos sistemas utilizados para a queima;
- ⇒ Falta tecnologia para aplicação;
- ⇒ Grande expectativa dos usuários pela melhoria tecnológica;
- ⇒ Alto nível de aprovação dos usuários que estão utilizando o Biogás para aquecimento.

4. Posição da BM2 com o Gás Metano/Biogás

- ⇒ Ampla experiência de utilização de metano na Europa;
- ⇒ Equipamentos seguros e tecnologicamente confiáveis;
- ⇒ Oferece informações e dados técnicos específicos aos clientes: gás metano;
- ⇒ Aliança com Embrapa e outras instituições para aplicação de biogás para aquecimento;
- ⇒ Estimula o desenvolvimento da aplicação dos biodigestores e aproveitamento do biogás como fonte energética
- ⇒ Oferece apoio e orientações técnicas para melhoria da performance dos sistemas
- ⇒ Fomenta o aproveitamento do biogás como fonte de recuperação de custo: *é a energia mais barata que o produtor pode obter*

5. Comentários Gerais

- ⇒ tratamento de resíduos com Biodigestores veio para ficar;
- ⇒ biogás é uma fonte de energia com baixo custo/benefício;
- ⇒ mercado atual está muito eufórico;
- ⇒ desinformação: conseqüentemente baixo aproveitamento dos que já possuem biodigestores;
- ⇒ oportunidade para produtores atenderem à legislação ambiental e recuperar custos com o biogás;
- ⇒ a BM2 oferece apoio técnico e equipamentos de alta tecnologia
- ⇒ Informações: www.biemmedue.com
www.alddistribuidora.com.br
ald@alddistribuidora.com.br
 Tel.: (21) 25842701 - 98527650

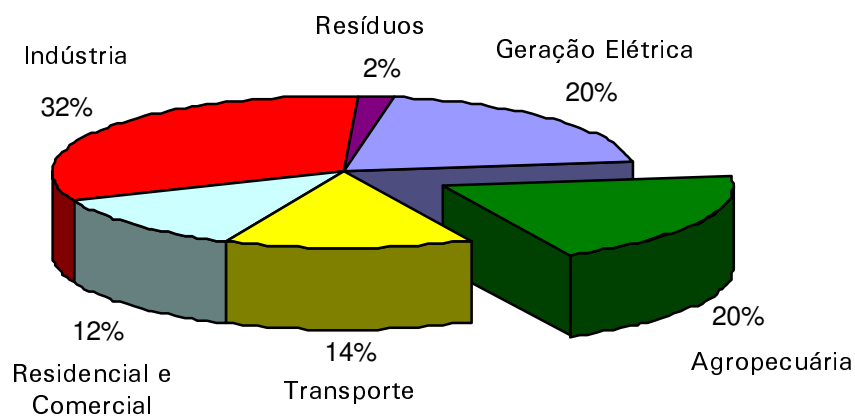
BIODIGESTORES PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Egídio Arno Konzen

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo – Rod. MG 424 Km 65 – Cx. Postal 151
35701-970, Sete Lagoas, MG. E-mail: konzen@cnpmis.embrapa.br*

A preocupação com as mudanças climáticas e com aquecimento global que vem ocorrendo é expressa no tratado de Kyoto. Este, por sua vez, autoriza mecanismos de redução de emissão gases de efeito estufa denominado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, destinado a países desenvolvidos e em desenvolvimento, que é o caso do Brasil. O MDL obedece a alguns critérios, entre os quais são citados: contribuir para o objetivo primordial da ONU; contribuir para o desenvolvimento sustentável do país e demonstrar adicionalidade. A captura de biogás gerado pelos dejetos de suínos, através de Biodigestores, representa a grande adicionalidade tecnológica nos sistemas de produção e de tratamento dos dejetos de suínos. Estes, por sua vez, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e eram utilizados como adubo orgânico. O desenvolvimento da Suinocultura intensiva trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos, normalmente armazenados em lagoas e depósitos abertos, onde se desenvolve a produção de gases nocivos que são transferidos para a atmosfera. Os alarmantes índices de contaminação dos recursos naturais e da qualidade de vida nos grandes centros produtores nos indicam que boa parte dos efluentes da produção de suínos são lançados diretamente ou indiretamente no solo e cursos de água, sem receber um tratamento adequado, transformando-se em uma grande fonte poluidora.

Os dados de emissão demonstram que a agropecuária tem enorme potencial para auxiliar na solução dos problemas mundiais causados pelos gases de efeito estufa (Fig. 1). O potencial da suinocultura, em função de sua estruturação no Brasil, chamou a atenção da empresa AgCert para o investimento em tecnologia de biodigestores e oferecer os créditos das reduções certificadas de emissões (RCEs) para financiamento da tecnologia e as mudanças na prática de manejo e tratamento dos dejetos de suínos.



Fonte: US EPA

Fig. 1. Fontes de emissão mundiais

O tratamento dos dejetos em biodigestor, além de produzir biogás, reduz a carga orgânica em 84% , podendo atingir até 96%, quando auxiliados por agentes de biorremediação (bactérias). Além da carga orgânica observaram-se, nas mesmas avaliações, reduções de fósforo total (40%), cobre total (40%) e zinco total (22%). Com a adição de agentes de biorremediação as reduções atingiram a 91, 96 e 97%, respectivamente para fósforo, cobre e zinco (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição dos biofertilizantes de uma granja, sem adição de agentes de biorremediação (2005)

Composição	Antes	Depois mg / Litro	Redução %
DBO5	8.586	1.861	78
DQO	16.962	2.586	84
FÓSFORO	265	134	49
COBRE	4,48	2,67	40
ZINCO	6,24	4,82	22
pH	6,86	7,03	-

Fonte: Análises do Laboratório SANEAR, Belo Horizonte, MG (2005).

Tabela 2. Composição dos biofertilizantes de uma granja, com adição de agentes de biorremediação (2005)

Composição	Antes	Depois mg / Litro	Redução %
DBO5	11.177* - 7.621 ⁺	414 - 2.023	96 - 73
DQO	19.986 - 11.635	775 - 7.549	96 - 35
FÓSFORO	407 - 273	34 - 213	91 - 23
COBRE	11,56 - 16,88	0,46 - 10,17	96 - 40
ZINCO	14,85 - 48,38	0,44 - 14,23	97 - 71
pH	6,69 - 6,41	8,03 - 7,37	-

Fonte: Análises do Laboratório SANEAR, Belo Horizonte, MG (2005). * Análises realizadas em fevereiro de 2005. Análises realizadas em junho de 2005.

Reuniões de divulgação e conscientização, envolvendo as associações de produtores, foram realizadas em Uberlândia no Triângulo Mineiro em 2002. A partir das reuniões iniciaram-se os cadastros das granjas dispostas a adotar o biodigestor como tratamento dos dejetos. Os primeiros modelos de contratos dos biodigestores para a comercialização das RCEs foram apresentados no início de 2003, quando foram construídas duas unidades (Fazenda Água Limpa e Granja Becker) ainda fora dos contratos das RCEs. Durante o ano de 2003 foram assinados em torno de cinquenta contratos em Minas Gerais, iniciando-se então a construção das primeiras unidades pela certificadora em parceria com a SANSUY S.A. Indústria de Plásticos, de São Paulo e a IENGEP Fertirrigação e Biodigestores Ltda., de Patrocínio, MG. Os projetos de construção dos biodigestores obedecem algumas etapas e critérios. O dimensionamento para a região do sudeste e centro-oeste baseia-se no tempo de retenção hidráulica (32 dias) e nas quantidades de dejetos produzidos por fase:

Matrizes CC¹ = 145 litros/matriz/dia = 2,22 m³/biogás = 1,58 m³/metano

Terminação = 14 litros/suíno/dia = 0,30 m³/biogás = 0,21m³/metano.

Matrizes UPL² = 45 litros/matriz/dia.

Creche = 3 litros/leitão/dia.

(¹ Ciclo completo. ² Unidades de produção de leitões).

O desenvolvimento do programa do MDL para a suinocultura mineira está sendo apoiado pelo governo do estado, através de seus órgãos ambientais, entre eles o Instituto Estadual de Florestas, tanto é que, em 2004 foi feita a inauguração oficial do primeiro biodigestor para certificação dos créditos das Rces.

Os projetos dos biodigestores com aval da ONU e implantados pela empresa AgCert obedecem a um modelo estabelecido em parceria com a Sansuy, IENGEP e USP-Jaboticabal (Fig. 2, A e B).

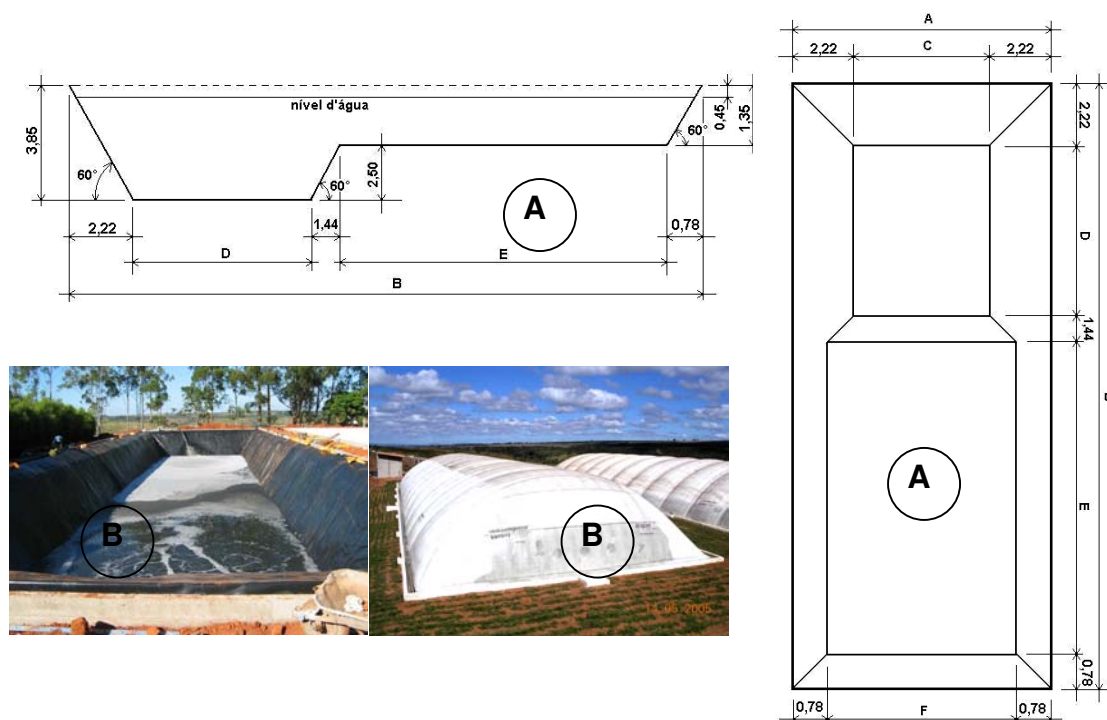


Fig. 2. Modelo de biodigestor adotado pela empresa AgCert, em planta baixa (A) e construído (B)

A partir do funcionamento dos primeiros biodigestores (Fazenda Água Limpa e Granja Becker) desenvolveram-se sistemas de utilização dos biofertilizantes como insumo na produção agrícola e pastagem. Os biofertilizantes foram analisados e sua composição revelou ser bastante diferente dos dejetos de suínos não tratados em biodigestor. As elevadas reduções observadas em alguns componentes, tais como demanda bioquímica e química de oxigênio, fósforo, cobre e zinco infere que o biofertilizante constitui-se em insumo ambientalmente mais seguro que os dejetos sem tratamento. Os primeiros resultados com a utilização do biofertilizante foram observados na Granja 5 Estrelas, em Patrocínio, MG. Implantou-se um sistema de locação estratégica dos lagos de armazenamento do biofertilizante no meio da lavoura, a aproximadamente 700 metros do biodigestor. A transferência do mesmo é feito com motor gasolina adaptado para biogás e a distribuição pelo autopropelido é feito por um motor diesel-biogás (Fig. 3 A e B).

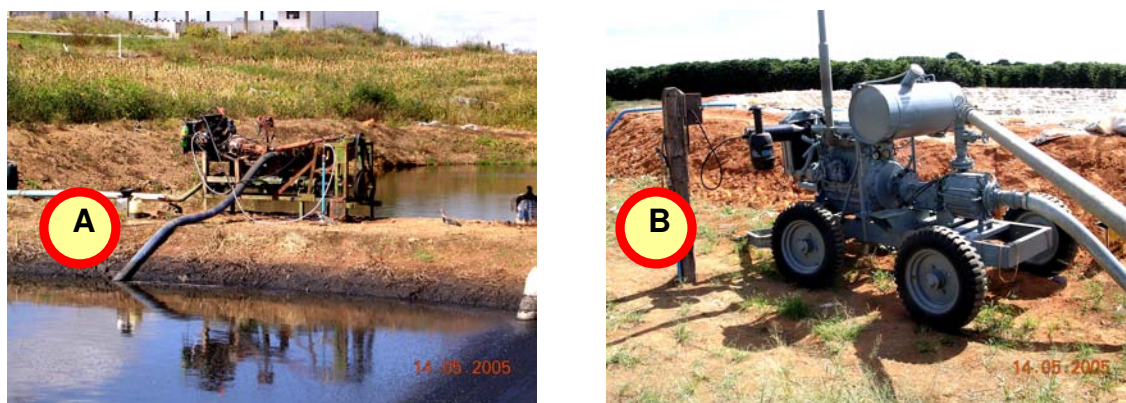


Fig. 3. Transferência do biofertilizante com motor gasolina/biogás (A) e aplicação no campo via autopropelido com motor diesel/biogás (B)

O acompanhamento do efeito de biofertilizante, especificamente, da Granja 5 Estrelas vem sendo realizado em parceria com a IENGEP de Patrocínio, abrangendo as culturas de café e milho. A complementação da adubação com biofertilizante tem mostrado, em sua avaliação preliminar, efeitos positivos especialmente em relação à produção para a safra posterior (Fig. 4).



Fig. 4. Projeção de entrenós nos ramos de produção para safra futura do café. Patrocínio, MG (2005)

A produção de café normalmente obtém boa produtividade num ano e no ano seguinte manifesta queda acentuada (sazonalidade). A complementação, salvo ocorram condições climáticas muito adversas, sinaliza para redução do efeito da sazonalidade na produção de café. Além do café foi conduzida uma lavoura de milho, utilizando apenas biofertilizante como insumo, atingindo a produtividade de 9.684 kg por hectare (Fig. 5).



Fig. 5. A produtividade de milho grão alcançada com biofertilizante foi de 9.684 kg por hectare. Patrocínio, MG (2005)

Além da avaliação em culturas foi desenvolvido um estudo, em laboratório de controle biológico da Embrapa Milho e Sorgo, utilizando o biofertilizante de suínos como meio de cultura para produção de bioinseticida com *Bacillus thuringiensis*, extraído do próprio biofertilizante. O resultado preliminar dos ensaios tem-se mostrado animador, restando confirmá-lo a campo (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados de mortalidade da lagarta do cartucho do milho em ensaios preliminares, com 50 lagartas por tratamento. Embrapa Milho e Sorgo (2005)

Concentração	Nº. de lagartas mortas	Fuga	Mortalidade %
1,4 X 10 ⁷ esp/ml	9	0	18
1,4 X 10 ⁸ esp/ml	47	0	94
1,4 X 10 ⁹ esp/ml	50	0	100

Fonte: Ensaios do Laboratório de Controle Biológico da Embrapa Milho e Sorgo (2005).

A implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, nos sistemas de produção de suínos no Brasil hoje já é fato concreto e que no futuro deverá tomar grandes proporções. Os números fornecidos pela gerência de operações ambientais da AgCert mostram que haverá um avanço significativo na adoção de biodigestores como método de tratamento dos dejetos de suínos, especialmente na região Sudeste (Tabela 4).

Tabela 4. Unidades de biodigestores em operação nas diversas regiões e contratados

Regiões	Operando	Em Construção	Contratados
Brasil	100	180	600
Minas Gerais	30	70	200
Triângulo Mineiro	12	25	60

Fonte: Gerência de Operações Ambientais da AgCert (junho 2005).

Referências Bibliográficas

TECNOLOGIAS para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p. PNMA II. Gestão Integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina. Convênio N. 2002CV000002.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos e ambientais. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 3, 2005, Diamantina. Anais... Diamantina; Faculdades Federais Integradas de Diamantina, 2005. p. 55-78.

KONZEN, E. A.; MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; PIMENTA, F. F. ; PEREIRA, S. C.. Monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos como insumo na agricultura: 3 –Efeito de Doses na Produtividade de Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis.[Resumos expandidos]... Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/EPAGRI, 2002. CD-ROOM. Seção trabalhos.

KONZEN, E. A.; BARROS, L. C. de. Lagoas de estabilização natural para armazenamento de dejetos líquidos de suínos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1997. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 9).

KONZEN, E. A. Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 10 p.. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 31) Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br> >. Acesso em: 09 mar. 2004.

KONZEN, E. A. Aproveitamento de Dejetos Líquidos de Suínos para Fertirrigação e Fertilização em Grandes Culturas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 32). Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br> >. Acesso em: 09 mar. 2004.

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento dos dejetos de suínos. Suinocultura Industrial, Porto Feliz, nº. 152, p. jun./ jul. 2001.

FURTADO, P. G. O uso de biodigestores como opção rentável para tratamento de dejetos de suínos. Belo Horizonte, 2005. 2 p. (Não publicado).

Eak / Reunião Técnica – Biodigestores / julho 2005.

DEJETOS FERMENTADOS EM BIODIGESTORES E SEU IMPACTO AMBIENTAL NO USO COMO FERTILIZANTE DO SOLO

Milton Antonio Segránfredo

Embrapa Suínos e Aves, BR 153 km 110, Vila Tamanduá, Caixa Postal 21, Concórdia SC, CEP 89700-000. milton@cnpsa.embrapa.br

Resumo

Os dejetos suínos efluentes de biodigestores, em função de submetidos ao mesmo tipo de fermentação, possuem composição química e valor fertilizante semelhante àqueles das esterqueiras. Após sua fermentação, poderão ser usados especialmente para cereais, pastagens e hortaliças em substituição aos adubos químicos, desde que observadas as recomendações técnicas e a legislação sanitária. Entretanto, ao contrário dos adubos químicos, que podem ser formulados para cada cultura e solo, os dejetos suínos apresentam, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em desproporção, na comparação com a demanda de nutrientes das plantas. Com isso, as adubações excessivas, e, ou, continuadas com os dejetos suínos, poderão causar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo e a poluição dos recursos hídricos, cujo grau dependerá da composição do efluente, da capacidade extratora das plantas, do tipo de solo e das taxas aplicadas e acúmulos. Mesmo tratando-se de dejetos suínos fermentados em biodigestores, mostra-se necessário reavaliar a concepção de que o uso como fertilizante não representa riscos ambientais, pois além de equivocada, está retardando a busca de outras alternativas de reciclagem que não dependam de áreas agrícolas.

Os Biodigestores e as Razões do Interesse no seu Uso

O primeiro período de grande interesse no uso de biodigestores ocorreu no final década de 70 e início da década de 80, quando o estado de Santa Catarina, através da então Empresa Catarinense de Assistência Técnica e Extensão Rural (ACARESC), estimulou a construção dessas estruturas visando o suprimento e, ou, a substituição da energia elétrica no meio rural. Entretanto, em função de algumas limitações técnicas, citando-se a purificação do biogás, conversão de motores, tipos de queimadores e tubulação condutora do biogás, o programa foi de curta duração e poucos foram os biodigestores que permaneceram ativos.

O segundo período, ora em vigor, foi desencadeado com a assinatura do protocolo de Kyoto, que se constitui num protocolo de intenções para a redução das emissões gasosas. O elo de ligação entre tal tratado e os biodigestores, está no fato de que o poder de poluição atmosférica do metano é em torno de 21 vezes superior ao do gás carbônico. Assim, queimando o metano, reduz-se a poluição atmosférica e isso habilita à venda de créditos de

carbono no mercado internacional, que por sua vez, estimula o interesse nos biodigestores. Como fator de persuasão, repete-se o argumento de que além de reduzir o potencial de inóculo dos organismos de risco sanitário e ambiental, os biodigestores aumentam o valor fertilizante dos dejetos.

Neste trabalho, serão abordados alguns riscos ambientais envolvidos no uso como fertilizante do solo, de dejetos suínos fermentados em biodigestores.

Dejetos Animais Fermentados em Biodigestores; Seu Potencial Fertilizante e Impacto Ambiental

O uso de dejetos animais como fertilizante do solo se deve ao fato de que possuem elementos químicos que após sua mineralização, podem ser absorvidos pelas plantas similarmente aos adubos químicos. Os dejetos efluentes de biodigestores, sendo submetidos ao mesmo tipo de fermentação, se equiparam em composição química e valor fertilizante, àqueles das esterqueiras, a principal forma de armazenagem usada no Sul do Brasil, especialmente em Santa Catarina.

Da mesma forma que os dejetos fermentados em esterqueiras, o cálculo das quantidades a serem aplicadas ao solo é relativamente simples, enquanto o objetivo estiver voltado para o suprimento de nutrientes e a resposta das culturas (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1995). Basta conhecer o tipo de cultura para a qual os dejetos serão usados e as quantidades de nutrientes nos dejetos e no solo, que são determinadas através de análises de laboratório. A partir daí, segue-se, basicamente, os mesmos princípios das adubações com fertilizantes químicos (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1995), podendo-se obter produtividades semelhantes. Como sobre o potencial fertilizante dos dejetos já existe significativa literatura nacional (Konzen, 2000) e esse assunto será abordado numa outra seção desta obra, o foco deste capítulo será o impacto ambiental.

Os dejetos suínos, após sua fermentação no biodigestor, poderão ser usados especialmente para cereais, pastagens e hortaliças, substituindo parcial ou totalmente os adubos químicos, desde que observadas as recomendações técnicas e a legislação sanitária e ambiental. Recomendenda-se, porém, atenção no manuseio dos efluentes dos biodigestores, pois, apesar da fermentação anaeróbica reduzir significativamente o potencial de inóculo do efluente, ainda restarão organismos de risco para os animais, homem e meio ambiente (Wiest, 1982/83; Wiest, 1982). Além disso, deve-se observar que a Legislação Brasileira não permite o uso de dejeções animais na irrigação de hortaliças destinadas ao consumo cruas (Brasil, 2005).

Outro aspecto a destacar é o de que contrariamente aos fertilizantes químicos, que podem ser formulados para cada cultura e solo, os dejetos apresentam, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em desproporção, na comparação com a demanda de nutrientes das plantas. Com isso, as

adubações excessivas, e, ou, continuadas, poderão causar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cujo grau dependerá da composição dos dejetos, da capacidade extratora das plantas, do tipo de solo, das taxas aplicadas e teores acumulados.

Que Doses de Efluente de Biodigestores podem ser Aplicadas ao Solo ?

No cálculo das quantidades deverão ser seguidos os critérios e recomendações de adubação e de calagem específicos para cada região, que para o Sul do Brasil, encontram-se em Comissão de Fertilidade do Solo do RS/SC (1995).

Poucas vezes, no entanto, o uso dos dejetos é feito de forma planejada e observadas adequadamente as tabelas das recomendações de adubação. Alegando-se redução de custos, geralmente se aplica em dose única, a quantidade de dejetos para suprir o total de nitrogênio (N) ou fósforo (P) indicado para todo o ciclo da planta. Em tais condições, os riscos de poluição são elevados, pois apesar da dose ter sido calculada com base na demanda da planta, não foi observada a recomendação de parcelamento da dose de N para evitar as perdas por erosão e lixiviação, as quais poderão causar a poluição das águas. Esses cuidados são válidos para qualquer tipo de dejetos animais e também para os fertilizantes químicos. A situação se aplica também para os Cerrados, pois Menezes et al (2005) relatam que no primeiro ano de comparação entre dejetos suínos e fertilizante NPK num Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa (LE) cultivado no sistema de plantio direto, a produtividade tanto de milho quanto de soja foi maior nos tratamentos com dejetos, porém, no segundo ano, foi inferior àquela do fertilizante químico NPK. No caso da soja, já no primeiro ano praticamente não houve diferença entre a maior produtividade obtida com dejetos e aquela obtida com fertilizante NPK. No mesmo experimento, enquanto para o fertilizante NPK os teores de NO_3 até a profundidade de 1,20 m permaneceram próximos a 10 mg kg^{-1} , para os dejetos suínos na dose de 100 m^3 os valores atingiram até 20 mg kg^{-1} .

Embora os solos dos Cerrados geralmente apresentem baixos teores de nutrientes, as altas doses e frequência de uso induzem ao acúmulo de nutrientes no solo. Com isso, além do risco de toxidez às plantas, são favorecidas as perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, destacando-se entre eles o N e o P, pela poluição das águas através do processo da eutroficação. Partindo das doses de dejetos usualmente aplicadas nos Cerrados e de um solo com capacidade de adsorção de $6,88 \text{ t ha}^{-1}$ de P na forma de P_2O_5 , Segnanfredo (2004) projetou o tempo de saturação dos sítios de adsorção de P para 4 cenários quanto aos riscos ambientais. Para um cenário de risco intermediário, no qual se consideraria que somente haveriam danos ambientais após atingido um grau de saturação de P de 25% até a profundidade de 2 m, os tempos até se atingir tal saturação seriam de 273 e 71 anos, respectivamente, para doses de $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos, no caso de dois cultivos por ano (Tabela 1). No cenário de maior risco

ambiental ou seja, admitindo-se perdas de P logo ao se atingir 25% de saturação nos primeiros 20 cm do perfil, os tempos seriam de 14 e 4 anos, respectivamente, para $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos e $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e um cultivo por ano e, de 7 e 2 anos, respectivamente, para $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e dois cultivos por ano.

Os Riscos Ambientais em Função do Critério de Cálculo das Doses

Os principais critérios de cálculo das doses de dejetos a aplicar por área e seus respectivos riscos ambientais (Seganfredo, 2004), são os seguintes (Tabela 2): 1. Dejetos para suprir, numa única aplicação, uma dose de N igual àquela que as plantas retirariam do solo durante todo o seu ciclo. Mesmo que economicamente viável, essa opção contraria as orientações sobre adubação, provoca o acúmulo de nutrientes e põe em risco a qualidade das águas, podendo contaminá-las com vários minerais e organismos de risco, via erosão e lixiviação; 2. Dejetos para suprir o N de base, complementando-se os demais com fertilizantes químicos ou orgânicos. Através desse critério, diminui-se o acúmulo de macronutrientes, mas não se atende, adequadamente, o objetivo de conservar a qualidade ambiental, pois ainda haverá excesso de micronutrientes no solo, os quais poderão causar a poluição das águas; 3. Doses de dejetos limitadas pelo elemento crítico. Tendo-se como objetivo a conservação da qualidade ambiental, a opção é limitar as doses de dejetos pelo elemento crítico, ou seja, aquele absorvido em menor quantidade; 4. Doses de dejetos limitados pelo P. Esse critério diminui o acúmulo de nutrientes em relação ao critério 1, no qual se aplicam os dejetos em dose única para suprir o N de todo o ciclo da cultura, mas será de maior risco, comparado ao critério do N de base.

Como Reduzir os Riscos Ambientais

A questão é complexa e não existem soluções “receita de bolo”. Entretanto, já se conhecem medidas capazes de reduzir significativamente os riscos ambientais.

Independente do tipo de solo e de planta, deve-se elaborar um plano de manejo de nutrientes e usar práticas conservacionistas para o controle das perdas de solo e água das lavouras. Deve-se optar por dejetos que contenham o mínimo possível de elementos de risco como cobre (Cu), zinco (Zn), P, N, organismos potencialmente nocivos e resíduos de antibióticos e outros medicamentos. Para evitar o acúmulo de minerais no solo, a maneira mais prática é não adicionar maiores quantidades de nutrientes do que aquelas retiradas pela cultura ou seqüência de culturas. Para isso, calcula-se as doses de dejetos em função do elemento crítico, ou seja, aquele que na menor quantidade, atende a demanda da planta. Para o planejamento do uso, buscar as orientações junto aos Engenheiros Agrônomos das regiões específicas.

Como recomendações adicionais destacam-se as seguintes: 1. Analisar periodicamente o solo e as águas para detectar eventuais contaminações, 2. Proceder à análise de solo e águas próximas às áreas de uso dos dejetos, atentando-se para possíveis alterações, 3. Acompanhar o desenvolvimento das plantas a campo, para detectar eventuais anomalias ou sintomas de toxidez de minerais, 4. Utilizar espécies e linhagens de plantas com alta e seletiva capacidade de extração de nutrientes, visando a depuração dos solos já submetidos a excessos.

As medidas sugeridas possibilitam diminuir os riscos de poluição, mas os mesmos ainda permanecem em elevado grau, o que torna necessária a busca de outras alternativas de reciclagem que não dependam de áreas agrícolas. Além disso, em função dos custos de armazenagem, transporte e aplicação, o uso dos dejetos suínos como fertilizante do solo somente é economicamente viável, para curtas distâncias de transporte e altas concentrações de nutrientes e, mesmo assim, mais caro do que o tratamento, uma alternativa de menor risco ambiental (Seganfredo e Girotto, 2004a). Com base no balanço econômico, Seganfredo e Girotto (2004b), concluíram ser viável o tratamento dos dejetos para unidades terminadoras de suínos, demonstrando, dessa forma, que o uso de tecnologias limpas não inviabilizaria a suinocultura. Para os produtores, a dificuldade estaria nos recursos para o investimento na instalação do sistema. Isso, entretanto, não seria insolúvel, pois o Estado, mediante a participação da agroindústria e o compromisso dessas e dos produtores de manter e operar adequadamente os sistemas de tratamento, financiá-los a juros compatíveis. Sendo, no entanto, a suinocultura um negócio com diversos beneficiários que têm em comum sua dependência da qualidade ambiental, o rateio dos custos do tratamento deverá compatibilizar os interesses de todos eles; os suinocultores, as agroindústrias, os fornecedores de insumos, os consumidores e o poder público, enquanto gerente dos interesses dos cidadãos, nos quais se inclui a conservação e a melhoria da qualidade ambiental.

Para a efetiva solução da poluição ambiental causada pelos dejetos animais, é essencial reavaliar a concepção de que o uso como fertilizante não representa riscos ambientais, pois isso retarda a busca de outras alternativas que atendam aos interesses de toda a coletividade. Parte indispensável da solução é a revisão dos sistemas de produção animal, de maneira que se reduzam os resíduos potencialmente nocivos ao homem, animais e, ou, ao ambiente e assim a reciclagem dos dejetos seja de menor risco. Para regiões com restrições de áreas agrícolas, um dos caminhos é o uso de sistemas de tratamento que incluam a remoção de nutrientes, de simples operação e custos compatíveis com a suinocultura. Outra opção é a desidratação dos dejetos, visando viabilizar o transporte para regiões de demanda de nutrientes ou outros tipos de uso, citando-se a construção civil.

Conclusões

Os dejetos suínos fermentados em biodigestores poderão ser utilizados na adubação de cereais, pastagens e hortaliças substituindo os adubos químicos, desde que observadas recomendações técnicas e a legislação sanitária.

Com o seu uso continuado e, ou, excessivo, os dejetos mesmo fermentados em biodigestores, poderão causar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo e poluir os recursos hídricos. Torna-se necessário, assim, racionalizar o uso e buscar alternativas que não dependam de áreas agrícolas ou que as depurem.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **RESOLUÇÃO: Nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial** (da República Federativa do Brasil), Brasília, 18 mar. 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 223p.

KONZEN, E.A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2000. 32p. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 5).

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. DE L. T. DE. ; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E. A.; Pimenta, F. F. Utilização de resíduos orgânicos na agricultura. Disponível: site [http:// www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm](http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm). 14 Jun 2005.

SEGANFREDO, M. A. **Risco ambiental no uso dos dejetos de suínos como fertilizante, focalizando a região Sul do Brasil.** 2004. 54p. Monografia (Pós-Graduação Lato Sensu). Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTO, A. F. Custos de armazenagem e transporte podem inviabilizar a adubação com dejetos de suínos. REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2004, Florianópolis, SC. **Anais...**, Florianópolis: SBCS-NRS, 2004a. (CDROM).

SEGANFREDO, M.A.; GIROTTO, A. F. **Tratamento dos dejetos suínos e seu impacto econômico em unidades terminadoras.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004b. 4p. (Embrapa Suínos e Aves Comunicado Técnico, 375).

Disponível em <http://www.cnpsa.embrapa.br/> - Publicações, Comunicados Técnicos.

WUEST, J. M. Controle sanitário da matéria orgânica. **Arquivos da Faculdade de Veterinária-UFRGS**, Porto Alegre, v. 10-11, p. 35-44, 1982/83.

WUEST, J. M. Biodigestores: importância em saúde animal e saúde pública e alternativas para seu controle sanitário. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v. 1, n. 5, p. 21-27, 1982.

Tabela 1. Tempo estimado para se atingir 3 graus de saturação de fósforo (P_2O_5) de 100 % e 25%, num solo de Cerrado adubado com dejetos de suínos*, cultivando-se uma ou duas safras por ano

Dejetos aplicados	P ₂ O ₅ aplicado kg h a ⁻¹		P ₂ O ₅ acumulado kg ha ⁻¹		saturação até 2 m de profundidade				saturação até 20 cm de profundidade			
					100%		25%		100 %		25 %	
	-----tempo necessário para ocorrer a saturação (anos) -----											
	m ³ ha ⁻¹	1 Safra	2 Safras	1 Safra	2 Safras	1 Safra	2 Safras	1 Safra	2 Safras	1 Safra	2 Safras	1 Safra
30	120	240	66	132	1042	521	261	130	104	52	26	13
45	180	360	126	252	546	273	136	68	55	27	14	7
60	240	480	186	372	370	185	92	46	37	18	9	5
90	360	720	306	612	225	112	56	28	22	11	6	3
120	480	960	426	852	161	81	40	20	16	8	4	2
135	540	1080	486	972	142	71	35	18	14	7	4	2
150	600	1200	546	1092	126	63	32	16	13	6	3	2
180	720	1440	666	1332	103	52	26	13	10	5	3	1
210	840	1680	786	1572	88	44	22	11	9	4	2	1

* Para dejetos com 4,0 kg m³⁽⁻¹⁾ de fósforo (P_2O_5)

FONTE: Segnfredo (2004)

Tabela 2. Quantidade de nutrientes adicionados e extraídos num sistema de rotação de culturas adubado com dejetos de suínos, em função do critério de cálculo das quantidades de dejetos a aplicar

sucessão de culturas	nutrientes extraídos pelas culturas	nutrientes aplicados através dos dejetos				Sobras ou faltas de nutrientes ³ aplicado menos o retirado			
		pelo critéri	pelo critério	pelo critério	Pelo critério	pelo critério	pelo critério	pelo critério	Pelo critério
.....Nitrogênio kg ha ⁻¹									
Milho	125	200	43	4,4	123	+ 75	-82	-121	-2
Soja	153	219	121	5,5	53	+ 66	-32	-148	-100
Trigo	53	128	29	4,0	77	+ 75	-24	-49	+ 24
C.elefante	663	947	189	55,0	266	+ 284	-474	-608	-397
..... Fósforo K ₂ O kg ha ⁻¹									
Milho	54	163	35	3,6	100	+ 109	-19	-50,4	+ 46
Soja	30	178	99	4,5	43	+ 148	+ 69	-25,5	+ 13
Trigo	44	105	24	3,3	63	+ 61	-20	-40,7	+ 19
C.elefante	152	771	154	45,0	217	+ 619	+ 2	-107	+ 65
..... Potássio K ₂ O kg ha ⁻¹									
Milho	37	106	23	2,3	65	+ 69	-14	-34,7	+ 28
Soja	60	115	64	2,9	28	+ 55	+ 4	-57,1	-32
Trigo	10	68	15	2,1	41	+ 58	+ 5	-7,9	+ 31
C.elefante	1077	500	100	29,0	141	-577	-977	-1048	-936
..... Cobre g ha ⁻¹									
Milho	24	1097	236	24	674	+ 1073	+ 212	0	+ 650
Soja	30	1201	666	30	290	+ 1171	+ 636	0	+ 260
Trigo	22	705	159	22	424	+ 683	+ 137	0	+ 402
C.elefante	300	5195	1039	300	1462	+ 4895	+ 739	0	+ 1162
..... Zinco g ha ⁻¹									
Milho	224	2948	634	64	1810	+ 2724	+ 410	-160	+ 1586
Soja	120	3228	1790	80	778	+ 3108	+ 1670	-40	+ 658
Trigo	185	1896	428	59	1141	+ 1711	+ 243	-126	+ 956
C.elefante	1200	13961	2792	800	3929	+ 1276	+ 1592	-400	+ 2729
1									
..... Manganês g ha ⁻¹									
Milho	69	2400	515	52	1474	+ 2331	+ 446	-17	+ 1405
Soja	90	2628	1457	65	634	+ 2538	+ 1367	-25	+ 574
Trigo	303	1543	348	48	928	+ 1240	+ 45	-255	+ 625
C.elefante	5370	11364	2273	650	3204	+ 5994	-3097	-4720	-2166

a. Demanda de P extraída a partir das recomendações oficiais, exceto para o capim-elefante.

O cálculo da demanda de N para soja e capim-elefante está descrita neste trabalho.

b. Composição química dos dejetos em kg m³⁽⁻¹⁾: N = 2920; P₂O₅ = 2370; K₂O = 1540; Cu = 16; Zn = 43 e Mn = 35.

c. Não computado o efeito residual do ano anterior.

d. Os sinais “-” indicam falta e os sinais “+”, sobras.

OBS: 1. As sobras de N pelo critério 1, devem-se ao efeito residual do ano anterior.

2. Balanço de nutrientes calculado para um solo com 3,5 % de matéria orgânica.

FONTE: Adaptado de Segnanfredo (2004).



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC
Telefone (49) 34410400, Fax (49) 34428559
<http://www.cnpsa.embrapa.br>
sac@cnpsa.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

