

# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM BIODIGESTOR TUBULAR NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA

ARMIN FEIDEN<sup>1</sup>  
JOHANN REICHL<sup>2</sup>  
JAIR SCHWAB<sup>3</sup>  
VERA SCHWAB<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR. Professor Adjunto. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Agronomia - Energia na Agricultura, pela UNESP-Botucatu. Contato: armin.feiden@creapr.org.br

<sup>2</sup>Escola de Energia Biosolar, Município de Quatro Pontes, PR. Professor. Engenheiro Termodinâmico, pela Universidade Técnica de Munique.

<sup>3</sup>Colégio Estadual Entre Rios do Oeste, Município de Entre Rios do Oeste, PR. Professor. Licenciado em Ciências, Habilitação Matemática, pela Faculdade de Ciências e Letras de Pato Branco, PR.

<sup>4</sup>Colégio Estadual Entre Rios do Oeste, Município de Entre Rios do Oeste, PR. Professora. Bióloga, pela Faculdade de Ciências e Letras de Pato Branco, PR.

## RESUMO

Um biodigestor tubular tipo Reichl, com capacidade de 800 m<sup>3</sup> de biomassa de águas residuárias de suinocultura, foi avaliado com e sem agitação de seu conteúdo. Foram aplicadas cargas médias de 0,931 kg de sólidos totais e de 0,634 kg de sólidos voláteis, por m<sup>3</sup> de reator por dia. Com agitação da biomassa, foi obtida uma produção média diária de biogás de 289,50 m<sup>3</sup>, o que equivale a uma produção de 0,362 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> reator por dia. O rendimento obtido foi de 0,389 m<sup>3</sup> e 0,571 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados, respectivamente. Sem agitação, a produção de biogás caiu 17,69%, atingindo uma média diária de 238,30 m<sup>3</sup>, equivalente a 0,298 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de reator por dia. O rendimento foi de 0,320 m<sup>3</sup> e 0,470 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados, respectivamente. A redução de sólidos totais foi de 68,67% com agitação e de 52,11% sem agitação, mostrando uma diferença de 16,57% em favor da agitação. Já para sólidos voláteis, a redução foi de 80,16% com agitação e 58,77% sem agitação, uma diferença de 21,39% em favor da agitação.

**Palavras-chave:** agitação, biogás, biodigestor tubular, suinocultura.

## ABSTRACT

The performance of a plug-flow digester, type Reichl, was evaluated with and without mixing. The digester, treating swine wastewater, had a capacity of 800 m<sup>3</sup> and were operated at a loading rate of 0,931 kg and 0,634 kg of total solids and volatile solids per day, respectively. With mixing, the daily average biogas production was 289,50 m<sup>3</sup> day<sup>-1</sup>, the specific volume production of 0,362 m<sup>3</sup> biogas m<sup>-3</sup> reactor day<sup>-1</sup> and a specific biogas production of 0,389 m<sup>3</sup> and 0,571 m<sup>3</sup> biogas kg<sup>-1</sup> total solids and volatile solids added, respectively. Without mixing, was observed a reduction of 17,69% on the daily average biogas production, to only 238,30 m<sup>3</sup> day<sup>-1</sup>. It correspond to a specific volume production of 0,298 m<sup>3</sup> biogas m<sup>-3</sup> reactor day<sup>-1</sup> and a specific biogas production of 0,320 m<sup>3</sup> and 0,470 m<sup>3</sup> biogas kg<sup>-1</sup> total solids and volatile solids added, respectively. With mixing, a reduction of 68,67% total solids was achieved, compared to 52,11% without mixing. Considering volatile solids, it was achieved 80,16% with mixing, compared to 58,77% without mixing.

**Keywords:** mixing, biogas, plug-flow digester, swine production.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos vinte anos os biodigestores tubulares, tipo Reichl, tem se difundido de forma lenta mas gradual na região oeste do Estado do Paraná. O substrato principal tem sido os dejetos suínos, mas tem sido utilizados com resíduos de bovinocultura-de-leite, resíduos de frigoríficos e de feculárias. Estes biodigestores incorporam uma série de características próprias que os diferenciam dos modelos clássicos de biodigestores tubulares, desenvolvidos nos Estados Unidos

e na Alemanha. Entre estas características, citamos a utilização combinada de manta plástica negra com agitador cinético, a dessulfurização biológica e a utilização adicional de filtros seletivos para remoção de gás sulfídrico, amônia e vapor d'água. Apesar do sucesso prático do modelo, hoje utilizado em vários estados brasileiros, no Peru, na Bolívia e Portugal, poucos dados estão disponíveis sobre sua eficiência nas condições brasileiras. Este trabalho visou: (1) avaliar a eficiência de produção de biogás com e sem agitação da biomassa; (2) determinar a rendimento específico de biogás por kg de sólidos totais e voláteis adicionados, com e sem agitação e, (3) obter os coeficientes de redução de sólidos totais e voláteis, com e sem agitação da biomassa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um biodigestor tubular tipo Reichl, instalado na Granja Stein, localizada no município de Entre Rios do Oeste, com capacidade de 800 m<sup>3</sup> de biomassa e alimentado com águas residuárias de suinocultura. O biodigestor foi operado inicialmente com agitação da biomassa, por um período de três meses, sendo efetuadas 12 coletas semanais de amostras do afluente e efluente do biodigestor. Paralelamente as coletas, também foi avaliada a produção diária do biogás, utilizando três medidores de gás fabricados pela LAO, instalados em paralelo, para vencer o volume de gás produzido, bem como foram efetuadas medições do volume diário de dejetos, através do volume de biomassa acumulada na caixa de entrada do sistema. Numa segunda etapa, o biodigestor foi operado sem agitação da biomassa e, após atingido o estado estacionário, foram efetuados mais 12 coletas semanais, nas mesmas condições das coletas anteriores. As amostras coletadas foram analisadas no laboratório de química agrícola e ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, utilizando a metodologia recomendada por APHA, 1992. As variáveis quantificadas foram sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos e umidade, volume de biogás e volume do substrato afluente. Também foi acompanhada a temperatura, o pH, a acidez volátil e a alcalinidade, estas últimas como indicativos do estado estacionário do biodigestor. O sistema de agitação era constituído de dois tanques de pressão, cilíndricos, com diâmetro de 0,70 m e comprimento de 2,80 m. O biogás, após remoção do vapor d'água, gás sulfídrico e amônia, era comprimido a pressão 30 kgf cm<sup>2</sup> e liberado repentinamente por uma válvula de alívio, a intervalos de 3 horas, no período diurno. O biogás, repentinamente liberado, era conduzido por uma tubulação de aço ao fundo do biodigestor, onde se distribuía em uma rede de tubos em forma de espinha de peixe. Neste tubos, uma série de orifícios com diâmetros e ângulos matematicamente dimensionados, liberava a energia cinética do gás de tal forma que criava um conjunto de vórtices que se complementavam e realimentavam de forma harmônica e sincronizada, levando as camadas frias do fundo para a superfície e as quentes da superfície para o fundo. A agitação era localizada e efetuada apenas no sentido fundo-superfície, com o mínimo de transporte longitudinal que pudesse afetar o comportamento de fluxo em pistão típico dos reatores tubulares.



Figura 1. Demonstração do efeito do agitador cinético em biodigestor tubular sem o gasômetro.



Figura 2. Biodigestor tubular com capacidade de 800 m<sup>3</sup> de biomassa. Granja Stein, município de Entre Rios do Oeste, Estado do Paraná.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Num biodigestor tubular, também chamado de plug-flow ou de fluxo em pistão, a biomassa tem entrada contínua em uma das extremidades do biodigestor, passa através do mesmo e é descarregada na outra extremidade, na mesma sequência em que entrou. O fluxo se processa como um êmbolo, sem misturas longitudinais. As partículas mantêm sua identidade e permanecem no tanque por um período igual ao tempo de retenção hidráulica. Para garantir isso, os biodigestores são longos, com uma elevada relação comprimento-largura, na qual a dispersão longitudinal é mínima (Von Sperling, 1996).

O primeiro registro do uso de biodigestores tubulares foi na República da África do Sul, em 1957, operando a 35°C, com tempo de retenção hidráulica de 40 dias e cargas orgânicas de 3,4 kg de sólidos totais por m<sup>3</sup> (Gunnerson et al., 1989). Nos Estados Unidos, o sistema foi intensamente estudado por pesquisadores da Universidade de Cornell, liderados pelo Prof. Jewell (Gunnerson et al., 1989). Em uma comparação entre um biodigestor tubular e um biodigestor de mistura completa, ambos com 38 m<sup>3</sup> e operando com dejetos de bovinocultura-de-leite, com 12,9% de sólidos totais, foram obtidas produções específicas de 1,26 e de 1,13 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> de reator por dia (Hayes et al., 1979).

Os biodigestores tubulares, conhecidos também como digestores plug-flow (seu nome em inglês), geralmente possuem uma relação largura:comprimento igual ou superior a 1:5. Segundo o Biogás Handbook (EPA, 2003), os biodigestores plug-flow são retangulares, construídos abaixo do nível do solo e operam com tempos de retenção de mais de 15 dias. Nos Estados Unidos, admite-se o uso deste tipo de digestores apenas para dejetos de bovinocultura-de-leite, operando com teores de sólidos entre 11 e 13%. Mesmo com estas restrições, nas condições americanas, este tipo de biodigestor tem um alto índice de insucesso. De um total de 30 digestores tubulares implantados desde 1980, em 1995 somente 9 continuavam operacionais, configurando um índice de insucesso de 77%. Entre as razões apontadas para este insucesso, a principal foi de falha de projeto, por desconhecimento das características hidráulicas do modelo. Dos biodigestores tubulares implantados nos Estados Unidos, 19 eram de um só projetista e, destes, 90% falharam (EPA, 2003). Outra causa importante mencionada foi a formação de crosta, pois os biodigestores tubulares conceitualmente não admitem mistura, pelo menos no sentido longitudinal (EPA, 2003).

Na Alemanha, são comuns sistemas tubulares com agitadores mecânicos destinados a quebrar a crosta e uniformizar a biomassa, sendo a agitação realizada apenas em sentido transversal e em geral com baixa rotação (Schultz, 1996). Os biodigestores tubulares também tem sido utilizados associados com vários sistemas de aquecimento e agitação, como sistemas com eixos

longitudinais equipados com pás que fazem uma mistura apenas no sentido lateral (Baering, 2001; Schultz, 1996; Maurer e Winkler, 1980).

Segundo Kuczman (2002b), no Brasil, na região oeste do Paraná, os biodigestores tubulares passaram a ser utilizados no início da década de 80, e foram adaptados às condições locais por Johann Reichl. Após anos de experimentação prática com este modelo, foram incorporadas uma série de inovações para aumentar sua eficiência. Kuczman (2002a) cita como vantagens do biodigestor tubular tipo Reichl, também conhecido como biodigestor solar de manta plástica, o baixo custo de implantação, a utilização eficiente da energia solar, captada pela manta plástica negra e incorporada na biomassa pelo agitador cinético.

A região oeste do Paraná apresenta um alto potencial para uso dos biodigestores anaeróbios, pela alta concentração de suínos, aves e bovinos de leite, cujos resíduos podem ser tratados com sucesso para produzir biogás e biofertilizante (Feiden, 2002). Também as águas residuárias de feculárias mostram um elevado potencial para uso em biodigestores anaeróbios (Feiden, 2003). A utilização dos biodigestores tubulares é eficiente tanto para o tratamento dos resíduos suínos como para geração do calor e eletricidade. Um dos exemplos do uso integrado da energia é o caso da Granja Marujo, no município de Castro, onde 500 m<sup>3</sup> de biogás gerados por um biodigestor tubular são utilizados para geração de calor, para secagem de grãos e produção de energia elétrica para uso na granja (Reichl, 2004).

Muitas vezes o consumo de biogás é distante do ponto de produção. Neste caso, gasodutos a baixa pressão podem levar o gás gerado a pontos situados a quilômetros de distância. É o caso da Lactínios Bombardelli, no município de Toledo-PR, que transporta o biogás gerado no biodigestor tubular situado na granja de suínos, por uma distância de 2 km até a unidade de pasteurização de leite, num volume de 60 m<sup>3</sup> por hora (Feiden, 2002). Em Uberlândia-MG, a fazenda Água Limpa, gera biogás através de biodigestores tubulares em uma área da fazenda e transporta o biogás gerado por um gasoduto de baixa pressão a uma distância de 11 km, onde gera energia elétrica para movimentar a agroindústria e a produção de ração da fazenda (Reichl, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na região oeste do Paraná, os digestores tubulares tipo Reichl tem utilizado com sucesso um sistema de agitação cinético, empregando a energia cinética de um grande volume de gás armazenado em alta pressão para uniformizar a massa líquida aquecida na superfície por efeito da absorção da energia solar na cobertura negra, e também para quebrar a crosta que se forma na superfície. Para otimizar a digestão anaeróbia, dentro da faixa mesofílica, as temperaturas devem se aproximar da faixa ideal de 30 a 35°C (Maurer e Winkler, 1980). Para otimizar a absorção de calor, os biodigestores tubulares são equipados com coberturas negras para absorver o máximo de energia solar. Durante o dia, a energia é captada pela superfície negra na forma de ondas curtas, é absorvida e reemitida na forma de ondas longas (Reuter, 2003). Assim, o biogás e a superfície da massa líquida são aquecidas. Durante a noite, a superfície negra tende a perder calor de uma bastante intensa, anulando o ganho diurno. Para que essa perda seja minimizada, é empregada a agitação cinética, difundindo a energia absorvida para toda a massa em fermentação. A perda noturna ainda ocorre, mas de uma forma muito mais lenta, pois a energia está dispersa em um grande volume líquido, cujo calor específico é elevado. Assim, o ganho diário passa ser maior que a perda noturna, e a eficiência da biodigestão é maior em função da maior temperatura média da massa líquida. Porém, se a agitação for muito intensa, de forma a promover a mistura longitudinal do substrato, o biodigestor pode perder suas características de fluxo em pistão, afetando assim a cinética do mesmo. Isto faria diminuir sua eficiência relativa e até perder a vantagem obtida. Tendo em vista que o processo de agitação envolve custos, tanto fixos devido a implantação do sistema, quanto variáveis, decorrentes da operação do mesmo, é importante quantificar a eficiência do sistema de agitação, tanto na produção de biogás como na redução da carga orgânica. Os resultados obtidos estão resumidos na tabela 1.

A carga orgânica aplicada aos dois tratamentos foi relativamente baixa. A literatura recomenda valores em torno de 3,8 a 8,0 kg de sólidos voláteis por m<sup>3</sup> de reator por dia (Oliveira, 1993). A taxa aplicada, de 0,634 kg, foi 6 vezes menor que a taxa mínima recomendada e 12 vezes menor que a maior taxa recomendada. Isto indica uma subutilização do biodigestor, mas está diretamente ligado ao sistema de remoção dos dejetos empregado na granja. Os dejetos acabam ficando excessivamente diluídos e isso afeta todo o desempenho do sistema de tratamento de dejetos. A

adoção de práticas poupadoras de água no setor de produção seria uma medida recomendável para aumentar a eficiência de remoção da carga orgânica e a produção total de biogás.

Tabela 1. Resultados de indicadores técnicos obtidos em biodigestor tubular com e sem agitação da biomassa.

<b>Indicador</b>	<b>Com Agitação</b>	<b>Sem Agitação</b>
Carga Orgânica Média Diária (kg por m <sup>3</sup> de reator)	0,931 kg sólidos totais 0,634 kg de sólidos voláteis	0,931 kg sólidos totais 0,634 kg de sólidos voláteis
Produção total média diária de biogás (m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup> )	289,50 m <sup>3</sup>	238,30 m <sup>3</sup>
Produção específica média diária (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> reator dia <sup>-1</sup> )	0,362 m <sup>3</sup>	0,298 m <sup>3</sup>
Rendimento sobre sólidos totais (m <sup>3</sup> biogás kg <sup>-1</sup> adicionado)	0,389 m <sup>3</sup>	0,320 m <sup>3</sup>
Rendimento sobre sólidos voláteis (m <sup>3</sup> biogás kg <sup>-1</sup> adicionado)	0,571 m <sup>3</sup>	0,470 m <sup>3</sup>
Redução de Sólidos Totais	68,67%	52,11%
Redução de Sólidos Voláteis	80,16%	58,77%

A produção média de biogás foi de 289,50 m<sup>3</sup> com agitação e de 238,30 m<sup>3</sup> sem agitação. Isto equivale uma diferença em favor da agitação de 17,69%. Quando é considerada a produção específica, os resultados obtidos foram de 0,362 m<sup>3</sup> e 0,298 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> de biodigestor com agitação e sem agitação, respectivamente. O rendimento sobre sólidos totais foi de 0,389 m<sup>3</sup> e 0,320 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos totais adicionados, com e sem agitação, respectivamente. Neste caso a vantagem foi de 17,74% em favor da agitação. O rendimento sobre sólidos voláteis foi de 0,571 m<sup>3</sup> e 0,470 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos voláteis adicionados, com e sem agitação, respectivamente. Neste caso a vantagem foi de 17,68% em favor da agitação. A produção esperada de biogás para dejetos suínos varia de 0,300 a 0,600 m<sup>3</sup> por kg de sólidos voláteis adicionados, segundo Oliveira (1993). Já Schultz (1996), cita uma faixa de 0,220 a 0,637 m<sup>3</sup> por kg de sólidos voláteis adicionados. Ambos os valores obtidos se encaixam na faixa citada na literatura. Mesmo o valor obtido sem agitação pode ser considerado bom. Isto indica que os biodigestores tubulares, mesmo sem agitação, podem ser utilizados com sucesso no tratamento de dejetos suínos, embora a produção seja inferior à obtida com agitação.

A redução de sólidos totais foi de 68,67% e 52,11% com agitação e sem agitação, respectivamente, mostrando uma diferença de 16,57% em favor da agitação. Já para sólidos voláteis, a redução foi de 80,16% e 58,77% com agitação e sem agitação, respectivamente, uma diferença de 21,39% em favor da agitação. Estes resultados mostram que a agitação foi importante para a eficiência do processo, com todos os indicadores mostrando isso.

O acompanhamento da temperatura da biomassa mostrou temperaturas médias de 29,4°C para o período com agitação e de 26,8°C para o período sem agitação, mas estatisticamente não houve diferença significativa. Possivelmente isso ocorreu devido a um período de chuvas e período nublado, durante o período com agitação, e que fez com que aumentasse a variação dos valores coletados nesse período. A diferença de temperatura observada entre os dois períodos, de 2,6°C, não é suficiente, no nosso entender, de explicar as diferenças obtidas. Ambas as temperaturas são consideradas favoráveis para a digestão anaeróbia, sendo que possivelmente a agitação deve ter contribuído, para melhorar o contato do inóculo com o substrato. Outros possíveis efeitos foram a quebra da crosta e a remoção mais rápida dos gases formados do seio da massa líquida e, assim, melhorar a eficiência. Como o experimento foi conduzido em período de verão, as temperaturas eram favoráveis a biodigestão mesmo sem aquecimento adicional. Como possivelmente os resultados sejam mais evidentes no período de inverno, pretende-se repetir o experimento nesta época. De qualquer forma, os efeitos benéficos da agitação foram evidentes nos índices avaliados. Conforme relatado anteriormente, a adoção de práticas para diminuir a

diluição dos dejetos pode ser uma das alternativas para aumentar a produção de biogás sem custos adicionais com equipamentos e se afetar as práticas de manejo do biodigestor.

## CONCLUSÃO

- A carga orgânica média aplicada ao digestor foi de 0,931 kg e 0,634 kg, de sólidos totais e sólidos voláteis, respectivamente, por m<sup>3</sup> de reator por dia.
- Com agitação da biomassa, foi obtida uma produção média diária de biogás de 289,50 m<sup>3</sup>, o que equivale a uma produção de 0,362 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> reator por dia. Sem agitação, a produção de biogás caiu 17,69%, atingindo uma média diária de 238,30 m<sup>3</sup>, equivalente a 0,298 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de reator por dia.
- O rendimento obtido foi de 0,389 m<sup>3</sup> e 0,571 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados, respectivamente, com agitação da biomassa. Sem agitação, foi de 0,320 m<sup>3</sup> e 0,470 m<sup>3</sup> de biogás por kg de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados, respectivamente.
- A redução de sólidos totais foi de 68,67% com agitação e de 52,11% sem agitação, mostrando uma diferença de 16,57% em favor da agitação. Já para sólidos voláteis, a redução foi de 80,16% com agitação e 58,77% sem agitação, uma diferença de 21,39% em favor da agitação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à administração da Granja Stein e a todos os funcionários pelo apoio e incentivo no trabalho realizado. Também agradecemos aos funcionários do laboratório de química agrícola e ambiental da Unioeste, pelo apoio na realização das análises. E agradecemos também a todos que, direta ou indiretamente, tenham contribuído para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: APHA, 1992. 18<sup>a</sup>ed.

BAERING, S. Biogas als Energieressource für Schleswig-Holstein. Schleswig-Holstein: Investitionsbank Schleswig-Holstein, 2001, 21p. il. Disponível em: <http://www.ib-sh.de/IB/jsp/e-agentur/biogas.pdf>. Data de acesso: 05/04/2004.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. The AgStar Biogas Handbook. Última atualização em 15 de agosto de 2003. Disponível em: <http://www.epa.gov/agstar/library/hand-book.htm>. Data de acesso: 05/04/2004.

FEIDEN, A. Biodigestão: alternativa ecologicamente correta. Mal. Cdo. Rondon: Jornal O Presente, 01/07/2001. p.02-03. il.

FEIDEN, A. Biodigestor é bom para a agroindústria, ótimo para o meio ambiente. Mal. Cdo. Rondon: O Jornal, 07/03/2002. p.05. il.

FEIDEN, A.; CEREDA, M.P. Potencial energético do biogás gerado no tratamento de águas residuárias de feculárias em sistema piloto de biodigestão anaeróbia com separação de fases. Energia na Agricultura, vol.18, n.2, p.54-66, 2003.

GUNNERSON, C.G.; STUCKEY, D.C.; SKRINDE, R.T.; WARD, R.F.; GREELEY, M. Anaerobic digestion (biogas) systems: principles of integrated use and their application in developing countries. In: WISE, D.L. International biosystems. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989, vol.1, 340p. il.

HAYES, T.D.; JEWELL, W.J.; DELL'ORTO, S.; FANFONI, K.J.; LEUSCHNER, A.P.; SHERRIDAN, D.R. Anaerobic digestion of cattle manure. In: STAFFORD, D.A.; WHEATLEY, B.I.; HUGHES, D.E. Anaerobic digestion. London: Applied Science. 1979.

KUCZMAN, O. Eficiência com custo reduzido: os benefícios da fermentação anaeróbia. Cascavel: Jornal da Coopavel, 2002. p.22. il.

KUCZMAN, O. Biodigestor: eficiência com custo reduzido. Uberlândia: Jornal do Campo, 01/09/2002. p.34-35. il.

MAURER, M.; WINKLER, J.P. Biogas Theoretische Grundlagen, Bau und Betrieb von Anlagen. Karlsruhe: Verlag C.F. Müller, 1980. 142p. il.

OLIVEIRA, P.A.V. Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. il.

SCHULTZ, H. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. Freiburg: Ökobuch Verlag, 1996. 187p. il.

REICHL, J. Agroindústria vai utilizar o biogás. Uberlândia: Jornal Correio, 04/05/2003. p.A8. il.

REICHL, J. Biogás é uma alternativa saudável ao meio ambiente e ao bolso. Ponta Grossa: Diário dos Campos, 15/04/2004. p.4D-5D, il.

REUTER, A. Wärme von der Sonne. Moosburg: Solarfreunde-Moosburg. Atualizado em 03/02/2003. Disponível em <http://www.solarfreund-moosburg.de/Solarthermie.pdf>. Acesso em 15/05/2004. 24p. il.

VON SPERLING, M. Principios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211p. il.