

MANEJO DE DEJETOS EM SUINOCULTURA: BIODIGESTORES

Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior

FCAV/UNESP - Jaboticabal,

Depto de Engenharia Rural

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os dejetos de suínos não se constituíam em problema grave até a década de 70, pois o número de animais era menor e o destino dos dejetos era o solo com a finalidade de adubação orgânica. Com a necessidade da produção de quantidades cada vez maiores de alimentos, desenvolveu-se uma suinocultura tecnificada, caracterizada por sistemas de confinamento com grande densidade populacional nas diversas fases do ciclo produtivo, trazendo, como consequência, a produção e o acúmulo de grande quantidade de resíduos nas granjas suinícolas que, inadequadamente manejados, passaram a ser considerados uma das principais fontes poluidoras dos mananciais de água.

A restrição de espaço e a necessidade de atender cada vez mais as demandas de energia, água de boa qualidade e alimento tem colocado alguns paradigmas a serem vencidos, os quais se relacionam principalmente à qualidade ambiental e à distribuição, disponibilidade e custos de energia e alimentos.

A questão ambiental passa a ser encarada sob a ótica da impossibilidade de se conciliar o desenvolvimento de uma nação sem aumento significativo no uso de água e energia e na geração de resíduos, agravando-se o aspecto relativo ao aumento de poluição. Neste sentido os diversos setores da produção animal começam a se organizar para atender a dois requisitos com o objetivo de que seus produtos possam competir e para que tenham boa aceitação no mercado: questões legais e a exigência de mercado interno e externo.

Dentre as questões legais pode-se citar a Lei que determina a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997), a qual cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com o intuito de possibilitar que as bacias hidrográficas sejam trabalhadas

dentro de seus limites e seus potenciais hídricos, e o emprego de nova conceituação relativa aos usos múltiplos da água, permitindo o acesso a todos os usuários, além do seu reconhecimento como um recurso finito, vulnerável e com valor econômico e a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998), a qual dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; além de aspectos ambientais abordados em legislações Estaduais e Municipais.

Quanto à exigência de mercado interno e externo várias são as ferramentas que, de forma direta ou indireta, estimulam o setor produtivo a melhorar não só sua produtividade, bem como seu processo produtivo, conferindo-lhes selos e/ou certificados, obtendo-se produtos diferenciados com retorno econômico.

Segundo a Real Academia de Língua Espanhola o Meio Ambiente é definido como: “elemento em que vive ou se move uma pessoa, animal ou coisa” e também como: “conjunto de circunstâncias físicas, culturais, econômicas e sociais que rodeiam as pessoas e os seres vivos”. FERNANDEZ-VITORIA (1995) complementa: “O meio ambiente é o entorno vital, ou seja, o conjunto de fatores físico-naturais, estéticos, culturais, sociais e econômicos que relacionam entre si, com o indivíduo e com a comunidade em que vive, determinando sua forma, caráter, comportamento e sobrevivência”, no que se relaciona ao homem, entende-se o meio ambiente como: fonte de recursos naturais (matérias primas e energia), suporte de atividades e receptor de efluentes.

Os recursos naturais, quando renováveis, devem ser utilizados em níveis abaixo das taxas de renovação e com um ritmo assimilável pelo meio ambiente. Sob este aspecto a suinocultura deve ser analisada pelas necessidades de energia em diferentes vetores (renovável e não renovável), pelo uso do processo de fotossíntese (radiação solar e vegetais), pelo uso de minerais e água (solo, uso de fertilizantes na produção de grãos destinados às rações e uso da água na produção de grãos, higienização das instalações e dessedentação dos animais) e pelo uso de animais (suínos e seu material genético).

Como suporte de atividades, o meio ambiente apresenta uma maior ou menor capacidade para suportar cada atividade que se desenvolve. Cada território, cada ecossistema e cada sistema sócio-cultural apresenta uma capacidade de suporte para determinadas atividades. É necessário que sobre estes sistemas se desenvolvam atividades que não ultrapassem a capacidade suporte ou que sejam associados outros sistemas que promovam aumento na capacidade suporte do meio.

Este fato indica que um sistema de produção de suínos deve ser avaliado, também, pelo entorno da atividade, como: disponibilidade de áreas e outros sistemas de produção associados, os quais poderão aumentar a capacidade suporte.

Como receptor de efluentes um sistema de produção dispõe do ar, da água e do solo. Deve-se levar em conta a capacidade de assimilação do meio ambiente (capacidade de dispersão atmosférica, capacidade de autodepuração da água e capacidade de “filtração” no solo) A emissão de efluentes de determinada atividade deverá sempre ser inferior à capacidade de assimilação do meio ambiente. A suinocultura, nos moldes atuais, sugere que a ordem dos impactos, quando causados, pode ser: ar (emissão de gases e poeiras), solo (excessos de minerais pelo mau uso dos dejetos e dos suínos mortos) e água (excessos no uso, desperdícios em equipamentos e por receber os excessos do que foi aplicado ao solo).

O bom uso dos recursos naturais (melhoria nas eficiências e racionalização de uso), o grau de capacidade suporte para a atividade e o controle na emissão de efluentes, segundo as características dos receptores ar, solo e água, determinarão a maior ou menor sustentabilidade na atividade. A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, citada por BARBIERI (1997), define o desenvolvimento sustentável como um processo de desenvolvimento que busca as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. Em essência, a Comissão definiu o desenvolvimento sustentável como um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas.

A sustentabilidade, segundo Guimarães (1994) citado por BARBIERI (1997), compreende quatro dimensões, a saber: sustentabilidade ecológica, ambiental, social e política. É interessante analisar este pressuposto pelo enfoque do uso da energia e minerais em um sistema de produção de suínos, em que se observa maior sustentabilidade quanto menores forem a importação de energia e exportação de nutrientes pela propriedade rural, tudo isto com o menor impacto possível.

Em função das considerações anteriores torna-se fundamental na avaliação de sistemas de produção animal já implantados e no planejamento de novos sistemas a observação das seguintes premissas:

- Utilização de recursos, atendendo às taxas permitidas pelo meio (taxa de renovação).
- Situar atividades em áreas e em ecossistemas com boa capacidade suporte ou buscar associações com outras atividades ou áreas, que aumentem a capacidade suporte.
- A emissão de efluentes de determinada atividade não ultrapassará a capacidade de assimilação do meio ambiente.

A necessidade de planejamento ambiental é algo aceito hoje em dia no meio empresarial e já atinge o meio rural. Neste sentido, os profissionais que atuam na atividade devem se capacitar para planejar o uso de recursos naturais e situar as atividades, tanto na propriedade rural como na região (área e ecossistema) em pontos que a capacidade suporte seja suficiente para a atividade. Isto exige controle dos efluentes emitidos: adequação das instalações, sistemas de reciclagem e/ou tratamento. Além do planejamento, especial atenção deve ser dada à operação dos sistemas de manejo de resíduos, pois é comum encontrarmos sistemas que operam em péssimas condições ou até paralisados, não contribuindo em nada para a melhoria de qualidade ambiental.

A produção de suínos moderna deve ser encarada como um processo de transformação biológica que apresenta como principais “entradas”, além dos animais, o alimento, a água, o ar de ventilação e, em muitas situações, energia para equipamentos e controle climático. Os fatores de “saída” são: animais vivos, ar de ventilação, os dejetos e os animais mortos, além de diversos materiais considerados lixo. Especificamente o ar de ventilação, os dejetos e os animais mortos afetam, de forma mais direta, adversamente o ambiente.

Na produção de suínos observa-se que o manejo imposto e a intensificação da produção, favorece a geração de maiores quantidades de resíduos (dejetos e animais mortos) em pequenos espaços, devendo ser considerada a concentração dos resíduos na propriedade e na região em que se situa a propriedade, pois em ambientes com baixa capacidade suporte nos afastamos do conceito de reciclagem dos resíduos no local e nos aproximamos do conceito de transportes a longas distâncias, com conseqüente aumento de custos.

Merece destaque a utilização dos biodigestores no meio rural, os quais se relacionam aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. O aspecto saneamento surge na medida em que permitem o isolamento dos resíduos do homem e dos animais, proporcionando diminuição de moscas, parasitas, patógenos e odores, permitindo também a redução das demandas química e bioquímica de oxigênio e de sólidos, tornando mais

disponíveis os nutrientes para as plantas (biofertilizante). O biogás produzido pode ter o seu conteúdo energético aproveitado na própria atividade, em aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadores, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, etc.

Em função das considerações anteriores observa-se que os biodigestores poderão ser projetados com o objetivo principal de atendimento de uma ou mais vantagens que oferecem como: saneamento, atendimento de uma demanda energética e produção de biofertilizante. Desta forma, são propostos diversos modelos que diferem, principalmente, nas tecnologias associadas para obtenção de melhores rendimentos e nas características que os tornam mais adequados ao tipo de resíduo que se pretende utilizar e à frequência com que são obtidos, observando-se também a forma como serão operados os biodigestores, os quais podem ser: batelada (batelada e expansão de cargas), contínuos para semi-sólidos (indiano, chinês e fluxo tubular em plástico) ou contínuos para águas residuárias (fluxo ascendente com manta de lodo e outros).

2. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEJETOS

A quantidade de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, cerca de 8,5 a 4,9% do seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg, sendo a produção de urina um aspecto importante na quantidade de dejetos líquidos produzidos (Jelinek 1977, citado por OLIVEIRA, 1993). Quando comparado com bovinos e considerando a mesma base (450 kg de peso vivo), os suínos excretam 1,9 vezes mais dejetos que um bovino de corte e 1,3 vezes mais que um bovino leiteiro (aproximadamente 16 ton/ano) (ENSMINGER et al., 1990). A produção total de dejetos em granjas de suínos é muito variável, dependendo principalmente do manejo de limpeza adotado em cada granja, determinando a maior ou menor quantidade de água utilizada. De qualquer forma a água estará sempre presente, diluindo e fazendo parte na geração de resíduo final, o que dá aos dejetos de suínos, na maior parte dos sistemas, a característica de efluente líquido.

Embora haja predominância na utilização de grandes quantidades de água na higienização das instalações, sistemas de manejo que permitem a coleta dos estrumes antes da utilização da água também podem ser adotados e, neste caso, o resíduo final teria características de esterco ou esterco + urina com variações nas quantidades, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - Produção diária de dejetos, de acordo com a categoria dos suínos, com o sistema de manejo e necessidade de estrutura de estocagem por animal por mês.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (litros/dia)	Estrutura de estocagem m ³ /animal/mês	
				Esterco + urina	Dejetos líquidos
Suínos 25-100 kg	2,30	4,90	7,00	0,16	0,25
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00	0,34	0,48
Porcas lactação+ leitões	6,40	18,00	27,00	0,52	0,81
Cachaço	3,00	6,00	9,00	0,18	0,28
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40	0,04	0,05
Média	2,35	5,80	8,60	0,17	0,27

Adaptado de: KONSEN (1983), OLIVEIRA (1993), OLIVEIRA (1994), FERNANDES e OLIVEIRA (1995).

A maior utilização de água aumenta a dispersão dos dejetos, agravando ainda mais os problemas ambientais. A poluição na região produtora de suínos é alta, enquanto a DBO para esgoto doméstico é de 200 mg/litro, a DBO dos dejetos de suínos oscila entre 30.000 e 52.000 mg/litro, ou seja, em torno de 260 vezes superior (OLIVEIRA, 1993).

3. RECUPERAÇÃO DE ENERGIA NA FORMA DE BIOGÁS

O interesse no aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados nas suinoculturas tem aumentado, não somente pelos aspectos de reciclagem de nutrientes no próprio meio e de saneamento, como também pelo aproveitamento energético do biogás que, segundo BORESMA et al. (1981), ao estudarem a recuperação de energia a partir de estrume de suínos, corresponde a 86,4% da energia utilizada numa propriedade agrícola; indicando a existência de um potencial para que se desenvolvam métodos que possibilitem às propriedades tornarem-se energeticamente independentes.

Os dejetos de suínos passaram a ser bastante estudados, principalmente, a partir da década de 70, inicialmente com o objetivo energético e, mais recentemente, com o objetivo de reciclagem e

tratamento, porém, com a utilização do processo de biodigestão anaeróbia, os três benefícios ocorrem concomitantemente, permitindo saneamento, atendimento de uma demanda energética e a utilização do material biodegradado como biofertilizante.

Em 1970, existiam nos Estados Unidos, entre 70 a 80 milhões de porcos confinados e os estrumes gerados por estes animais correspondiam à produção de $6,4 \times 10^6$ kg de sólidos voláteis por dia, correspondendo, segundo FISCHER et al. (1979 a), a um potencial de $3,3 \times 10^6$ m³ de metano por dia,. Estes autores construíram um biodigestor de 140 m³ de capacidade e operaram satisfatoriamente por um período de 27 semanas com uma taxa de carga média de 1,3 g SV/ℓ.dia. O cálculo da taxa máxima teórica de produção de biogás pelo digestor indicou em torno de 176 ℓ/min.

Trabalhando em escala piloto, FISCHER et al. (1979 b), operaram um biodigestor de 0,45 m³ carregado com 4 g SV/ℓ.dia, com tempo de retenção de 15 dias, sob agitação e mantido a 35°C durante 351 dias, obtendo uma produção de gás, corrigida para CNTP, de 2,30 m³ de biogás por m³ de biodigestor por dia, 55% de redução de ST e 63% dos SV. Para cada kg de SV destruído no digestor, foram produzidos 0,9 m³ de biogás e 0,56 m³ de biogás para cada kg de SV adicionados.

Diversos modelos de biodigestores batelada, semi-contínuos e contínuos tem sido estudados em operação com dejetos da suinocultura. HILL et al. (1985), trabalharam com biodigestores anaeróbios considerados semi-contínuos com expansão de cargas CED (continuously expanding digester), operando nas seguintes condições: três temperaturas (10; 22,5 e 35°C), três ciclos de tempo (60, 100 e 200 dias) e três diferentes concentrações de ST (48, 95 e 128 g ST/l). Os resultados revelaram que o desempenho dos biodigestores foi marcadamente reduzido quando operaram nas temperaturas de 10 e 22,5°C, em comparação com a operação a 35°C; portanto os autores não recomendam a operação abaixo de temperaturas mesofílicas. A produtividade específica de metano esteve na faixa de 0,55 a 0,70 ℓ CH₄/g de SV destruído.

Em grande escala, POELS et al. (1984) trabalharam com um biodigestor de 189m³ que foi operado em temperaturas mesofílicas e TRH de 20 dias, obtiveram produção de biogás 18 m³ (70% CH₄)/m³ de substrato alimentado.

Confirmando a possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados em um confinamento de suínos, FISCHER et al. (1981) simularam um confinamento com um sistema de produção que permitisse a comercialização de 3200 animais por ano. Partiram de um sistema Digestor Anaeróbio/Motor de Combustão Interna/Gerador Elétrico, integrado ao sistema de produção de

porcos. Tal sistema, que mostrou-se viável economicamente, atendia a 100% da demanda de energia elétrica e 92% da demanda térmica requerida em todas as instalações do confinamento.

As possibilidades de produção de biogás a partir dos dejetos gerados na suinocultura tem sido estudadas há algum tempo em nosso País. Entre os aspectos considerados importantes, em princípio, foram ressaltados a caracterização do seu potencial de produção de biogás e a distribuição da produção ao longo do tempo (biodigestores modelo batelada); o efeito do tipo de manejo sobre a produção; a contribuição do uso de inóculo; o efeito da reciclagem de efluentes e do tempo de retenção hidráulica em operações contínuas (biodigestores contínuos modelos indiano ou similares) e, mais recentemente, o estudo da água residuária em biodigestores de fluxo ascendente com manta de lodo.

A forma de coleta dos dejetos determinará o rendimento em produção de biogás, conforme verificado em biodigestores tipo batelada por LUCAS JR. (1994), o qual estudou desempenho do estrume de suínos, coletado sob diversas condições: fresco, pré-fermentado em esterqueiras e seco ao ar, em quatro ensaios e observou que, de um modo geral, o estrume de suínos, quando fermentado em biodigestores batelada, sofre reduções nos teores de sólidos voláteis acima de 70%. O tipo de coleta do estrume (fresco-ES, pré-fermentado em esterqueira-ESE e seco ao ar-ESS) influenciou na velocidade de produção de biogás ($ESE > ESS > ES$) e no potencial de produção de biogás, verificando-se produções médias de biogás, em m^3 por kg de estrume “in natura”, iguais a 0,1274 (ESS), 0,0896 (ESE) e 0,0890 (ES). O estrume seco ao ar, em função de apresentar maior teor de sólidos por kg e, conseqüentemente, maior quantidade de matéria orgânica, possui maior potencial para produção de biogás; porém, se forem comparadas as produções, em m^3 de biogás por kg de substrato adicionado nos biodigestores, observa-se que ESS apresenta 0,0202 m^3 , ao passo que o estrume fresco permitiu uma produção de 0,0259 m^3 e, quando pré-fermentado em esterqueira, apresentou melhor desempenho, 0,0314 m^3 por kg de substrato.

A pré-fermentação do estrume demonstrou ser importante, tanto pela necessidade de menor quantidade de inóculo para acelerar o processo (inóculo contribuindo com 5,44% da matéria seca foi suficiente), como pelo maior potencial de produção de biogás (se for comparado com estrume fresco e seco ao ar, sem inóculo).

O melhor rendimento em produção de biogás foi obtido com teores de inóculo em torno de 15% da matéria seca, no estrume fresco e no seco ao ar, pois com valores maiores o rendimento

decreceu (o inóculo compete com o estrume ocupando maior espaço no biodigestor). O uso de inóculo acelera o processo de biodegradação quando utilizado de forma adequada, permitindo a definição de maior ou menor número de ciclos de fermentação para um mesmo período de tempo e aumentando o potencial efetivo de produção de biogás do estrume. Aspectos relacionados ao manejo do estrume pré-fermentado ou seco ao ar, devem ser admitidos; no primeiro ocorrem vantagens quanto à aceleração e potencial da produção de biogás e no segundo, embora as mesmas vantagens se manifestem, em menor intensidade, existe necessidade de maior diluição em água; devendo-se admitir, também, que nos dois casos os estrumes permanecem maior tempo expostos ao ambiente, se comparados com o uso do estrume fresco.

Em biodigestores contínuos alguns fatores operacionais podem ser adicionados, como a recirculação de efluentes, a qual pode levar a menores tempos de retenção hidráulica. O experimento em biodigestores contínuos para resíduos semi-sólidos (modelo indiano), LUCAS JR. (1994) verificou os efeitos da recirculação de efluente e do tempo de retenção hidráulica no processo de biodigestão anaeróbia do estrume de suínos, procurando a obtenção de parâmetros para dimensionamento dos biodigestores apresentados na Tabela 11.

As produções de biogás, em m^3/dia , apresentaram valores crescentes na medida em que se diminuiu o TRH para o substrato que recebeu recirculação de efluente nas cargas diárias (ESI-C) em relação as cargas sem recirculação dos efluentes (ES-C). Comparando-se os dois substratos, observa-se que houve maior produção de biogás com ESI-C e 15 dias de TRH ($0,0672 \text{ m}^3$ de biogás/dia). Porém, as produções expressas em m^3 de biogás por kg de sólidos totais ou voláteis adicionados, apresentam valores decrescentes com a diminuição do TRH, sendo esta situação esperada, pois a diminuição do TRH deve levar a uma menor eficiência no aproveitamento dos sólidos voláteis adicionados, pelo menor tempo que estes permanecem no interior dos biodigestores.

A análise das produções de biogás por kg de estrume adicionado nos biodigestores, para os dois substratos, demonstra que a maior eficiência foi obtida com TRH de 30 dias ($0,1064$; ES-C e $0,1033$; ESI-C); ocorrendo o pior aproveitamento do estrume com ES-C e 15 dias de TRH. A produção média de biogás por m^3 de substrato foi crescente com a diminuição do TRH, fato que interferiu diretamente nos valores do fator K de projeto. O valor mais baixo do fator K foi obtido no ESI-C com 15 dias de TRH ($0,85$), indicando que para se produzir 1 m^3 de biogás são necessários $0,85 \text{ m}^3$ de volume útil nos biodigestores, sendo esta a situação mais econômica

(menores dimensões dos biodigestores), se o interesse for somente produção de biogás, sem preocupação com a qualidade do efluente.

A suinocultura no Brasil apresenta grande potencial de geração de resíduos, os quais, dependendo da forma como são coletados, podem apresentar-se com características de semi-sólidos podendo a utilização se proceder em biodigestores contínuos do tipo fluxo tubular em plástico. Porém, com a maior utilização de água nos processos de limpeza, os dejetos tornam-se águas residuárias, aumentando a importância em se utilizar sistemas de reciclagem devido ao grande potencial de impacto ambiental.

4. BIBLIOGRAFIA

BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento e meio ambiente:** as estratégias de mudanças da agenda 21. Petrópolis: Vozes, 1997, p.23-45.

BORESMA, L., et. al. Methods for recovery of nutrients and energy from swine manure. 1. Biogas. *Neth. J. Agric. Sci.* Wageningen, v.29, p.3-14, 1981.

ENSMINGER M. E., OLDFIELD, J.E. , W.W. HEINEMANN. *Feeds & Nutrition.* 2 ed. Clovis, California, The Ensminger Publishing Company, 1990. 1544 p.

FERNANDES, C.O.M., OLIVEIRA, P.A.V. Armazenagem de dejetos suínos. In: EPAGRI (Ed.). *Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos.* Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995. p.35-66.

FERNANDEZ-VITORIA, V.C. Auditorías Medioambientales - Guia Metodológica. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-Spain, 1995, 520p.

FISCHER, J.R et. al. Producing methane gas from swine manure in a pilot-size digester. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.22, n.2, p.370-4, 1979 b.

FISCHER, J.R. et. al. Design and operation of a farm anaerobic digester for swine manure. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.22, n.5, p. 1129-36, 1979 a.

FISCHER, J.R. et. al. Energy-self-sufficient swine production system - A model. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, Michigan, v.24, n.5, p.1264-8, 1981.

- HILL, D.T.; PRINCE, T.J.; HOLMBERG, R.D. Continuously expanding digester performance using a swine waste substrate. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.28, n.2, p. 216-221, 1985.
- KONZEN, E.A. *Manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Concórdia, EMBRAPA/CNPSA, 1983. 32p. (EMBRAPA/CNPSA. Circular Técnica, 6).
- LUCAS JR., J. *Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios*. Jaboticabal, 1994. 113p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- OLIVEIRA, P.A.V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS. São Paulo, 1994, *Anais...* Campinas:CBNA, 1994. p. 27-40.
- OLIVEIRA, P.A.V. (coord). *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).
- POELS, J. et. al. Biogaz produit à partir de lisier de porcs. Premiers résultats pratiques d'une installation à grande échelle. *Revue de l'Agriculture*, Bruxelles, v.37, n.1, p. 17-27, 1984.