

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM BIODIGESTOR TUBULAR NA REDUÇÃO DA CARGA ORGÂNICA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS

ANDRÉ RICARDO ANGONESE

Eng. Florestal, Mestrando em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e Professor da Faculdade Luterana Rui Barbosa – FALURB
e-mail: aangonese@yahoo.com.br

ALESSANDRO TORRES CAMPOS

Eng. Agrícola, Dr. Professor da Universidade Federal - Diamantina / UFVJM
atcampos3@yahoo.com.br

SORAYA MORENO PALACIO

Química, Doutoranda da Universidade Estadual de Maringá e Ms.c. Professora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

NAYARA SZYMANSKI

Acadêmica do Curso de Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do sistema de tratamento biológico anaeróbio na redução e estabilização da matéria orgânica biodegradável de dejetos de suínos.

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Vale dos Ipês, município de Ouro Verde do Oeste, no Oeste do Estado do Paraná. Uma unidade suinícola em sistema de terminação, com 600 animais, foi acompanhada nos meses de janeiro a junho de 2005. O sistema é composto por um biodigestor com capacidade de depósito para 50 m³, construído em aço. Os dejetos gerados são conduzidos nas canaletas, por gravidade, até o biodigestor. O tempo de retenção hidráulica foi de 12 dias. A caracterização dos dejetos foi realizada por meio de amostragens na entrada e saída do biodigestor. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, DBO₅, DQO, sólidos totais, sólidos voláteis totais, sólidos fixos totais, nitrogênio total e amoniacal, potássio, fósforo total, produção de biogás. Os resultados indicaram que o sistema de tratamento biológico anaeróbio foi eficiente para reduzir e estabilizar a matéria orgânica dos dejetos de suínos. Expressivas reduções de DBO, DQO, ST e SVT, sendo obtidos valores de 76, 77, 43 e 59%, respectivamente, para o efluente resultante do biodigestor. A produção média diária de biogás no período analisado foi de 31,5 m³.

2. Abstract

The purpose of this study was to assess the efficiency of the anaerobic biological treatment systems in the reduction and stabilization of biodegradable organic matter of swine waste. The experiment was carried out at Vale dos Ipês Farm, located in the city of Ouro Verde do Oeste, in the Western of Paraná State. One finishing phase swine unity containing 600 animals was monitored from January to June 2005. The system is composed by one steel digester with capacity for 50 m³. The swine barn cleaning is performed by dry scratching on a daily basis. The generated residues flow by gravitation through ducts towards the digester. The duration of the hydraulic retention period was 12 days. The residues analysis was performed by means of sampling at the entrance and way out of the digester. The following parameters were analyzed: pH, DBO₅, DQO,

total solids, total volatile solids, total fixed solids, total nitrogen e ammonia, potassium, total phosphate, average of biogas production. The results suggested that the anaerobic biological treatment system was efficient for reducing and stabilizing the organic matter resulted from the swine wastes. Expressive reductions of DBO, DQO, ST and SVT of 76, 77, 43 and 59% respectively, were obtained for the effluent originated by the digester. The average daily production of biogas during the analyzed period was 31, 5 m³.

3. Introdução

A suinocultura no Brasil se consolidou como uma atividade que está presente predominantemente em pequenas propriedades rurais, onde 81,7% dos suínos eram criados em unidades de até 100 hectares (FIALHO et al., 2001). Na região Oeste do Paraná, é uma atividade presente em grande parte das propriedades, empregando, basicamente, mão-de-obra familiar e constituindo-se em uma importante fonte de renda e estabilidade social. A suinocultura paranaense viabilizou, de forma direta ou indireta, nos vários segmentos do processo produtivo, cerca de 217 mil empregos. Sendo a maior participação (90,5%), no segmento produtivo primário; a indústria e o comércio dividiram o restante (IAPAR, 2000).

Um dos maiores problemas no confinamento de suínos, é a grande quantidade de dejetos produzidos diariamente, numa área reduzida. É considerada pelos órgãos ambientais como atividade de grande potencial poluidor. Os dejetos, não tratados, lançados no solo e nos mananciais de água podem causar desequilíbrios ambientais, como, por exemplo, trazer problemas de saúde às pessoas e animais. Mais de 20% das enfermidades que atingem o homem, especialmente as crianças estão, direta ou indiretamente, ligadas às contaminações da água (TUCCI, 2003). Além disso, os diversos nutrientes contidos nesses resíduos (principalmente N, P e K) estimulam o crescimento de plantas aquáticas e a eutrofização dos corpos d'água (CAMPOS et al., 2002). A contaminação do solo, lagos e rios pelos resíduos animais, a infiltração de águas residuárias no lençol freático e o desenvolvimento de moscas e gases malcheirosos são alguns dos problemas de poluição ambiental provocados pelos dejetos animais (CAMPOS, 1997).

As evidências de que o desequilíbrio ambiental está na base de muitas doenças infecciosas, comportamentais e degenerativas, são irrefutáveis. A proliferação de insetos indesejáveis e a emergência de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos também vêm sendo associado à inadequação dos sistemas convencionais de manejo, tratamento e de disposição de dejetos utilizados (PERDOMO et al., 2003). Estudo realizado na Carolina do Norte (EUA) identificou que pessoas que vivem próximas a operações industriais de produção de suínos tiveram maior incidência de problemas respiratórios, gastrointestinais, irritações da membrana da mucosa, dor de cabeça, dor de garganta, tosse excessiva e olhos ardendo, comparativamente às regiões sem concentração de produção de suínos (WING & WOLF, 2000),

Em levantamento relacionado com o excremento de outros animais, a capacidade poluidora dos dejetos de suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies. Como pode ser observado na Tabela 1, onde a quantificação da carga poluidora é expressa em termos do equivalente populacional (EP) (DERISIO, 1992).

Tabela 1. Equivalentes populacionais de várias espécies de animais

Origem dos dejetos	Equivalente populacional (EP)
Homem	1,00
Vaca	16,40
Cavalo	11,30
Galinha	0,14
Ovelha	2,45
Suíno	3,00

Fonte: Derisio (1992).

Os dejetos de suínos possuem elevadas concentrações de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sólidos em suspensão e nutrientes (Nitrogênio e Fósforo). Isto representa uma fonte de fertilizantes, mas também uma fonte potencial de poluição quando não tratado ou manejado inadequadamente. No entanto, os dejetos de animais podem, quando bem manejados, constituir-se em alternativa econômica para a propriedade rural, sem comprometimento da qualidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2000).

O interesse no aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados na suinocultura tem aumentado, não somente pelos aspectos de reciclagem de nutrientes no próprio meio e de saneamento, como também pelo aproveitamento energético do biogás (LUCAS JR. et al. (2001). A digestão, ou fermentação, ou, ainda estabilização anaeróbia, objetiva, basicamente, à redução ao mínimo do poder poluente e dos riscos sanitários dos dejetos, resíduos, lixos, tendo, ao mesmo tempo, como sub-produto deste processo, o biogás, que pode ou não ser aproveitado e o biofertilizante com várias aplicações práticas na propriedade rural (OLIVEIRA, 2002).

A digestão anaeróbia é resultante da interação de uma população de microrganismos. Começa pela degradação dos compostos orgânicos (carboidratos, proteínas e lipídios) a ácidos orgânicos seguidos da transformação desses ácidos em produtos gasosos, nos quais predominam o metano e gás carbônico (FERNANDES JR., 1989). O processo é bastante complexo e um elevado número de espécies de bactérias, produtoras ou não de metano, contribuem de algum modo para a formação deste gás (RODRÍGUEZ et al., 1997). A redução da carga orgânica presente em um resíduo e a produção de metano são as duas principais vantagens do tratamento anaeróbio. Os resíduos da produção agro-pastoril apresentam, na sua maioria, elevada demanda de oxigênio e sólidos na sua composição (COLEN, 2003).

A realização e a eficiência da biodigestão dependem de condições específicas de operação, como temperatura e pH do meio, tipo de substrato usado no processo, concentração de sólidos (carga orgânica) e tempo de retenção hidráulica (TRH) da biomassa no biodigestor, dentre outros. Apesar da digestão anaeróbia ser um processo natural, sua otimização se torna difícil, devido, principalmente, à dificuldade em se controlar, no campo, diversos fatores como, temperatura, pH, teor de sólidos, tempo de retenção e composição do substrato, entre outros (LUCAS JR., 1987).

O presente trabalho teve como objetivo: avaliar a eficiência do sistema de tratamento biológico anaeróbio na redução e estabilização da matéria orgânica biodegradável de dejetos de suínos, para posterior reciclagem na forma de fertirrigação de pastagem, piscicultura em policultivo e uso de biogás, destacando-se como objetivos específicos:

4. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Vale dos Ipês, município de Ouro Verde do Oeste, no Oeste do estado do Paraná. Geograficamente é localizado a uma latitude de 24° 46'40" Sul, a uma longitude de 54°01'10" Oeste, com altitude média de 300 m (BRASIL, 1980). O clima da região é do tipo Cfa (classificação climática de Köppen), subtropical, úmido, mesotérmico, com precipitação média anual de 1.600 a 1.700 mm (IAPAR, 1994).

Na suinocultura o tipo de exploração adotado é o confinamento total dos animais, em de uma Unidade de Terminação (UT), ou seja, sistema de recria e engorda de animais. A edificação de suinocultura tem 874 m² onde são alojados, em média, 600 suínos. A instalação é composta por um galpão em alvenaria, coberto com estrutura de madeira, sem lanternim, usando telhas de barro, piso com 5% de declive em concreto, na direção da canaleta externa, onde são conduzidos até o biodigestor. O dejetos líquido, após sua estabilização e cumprido o Tempo de Retenção Hidráulica (12 dias), é separado no decantador, sendo o biofertilizante disposto nas áreas de pastagem por escoamento superficial e o efluente líquido é conduzido até o tanque de algas e, posteriormente, por gravidade, aos tanques de piscicultura.

Biodigestor

A condução dos dejetos ao biodigestor é realizada de forma contínua, através de tubos PVC de 150 mm, o que evita a entrada da água da chuva e do pátio. Todo o sistema funciona por gravidade, não necessitando de bombeamento para o funcionamento das diferentes etapas.

O biodigestor é formado por três tanques cilíndricos com um volume total de 50 m³, sendo um de 20 m³ construído em fibra de vidro e dois tipo reservatório de combustível (usados em postos) de 15 m³ cada, construídos em aço carbono, com entrada e saída para fluxo contínuo dos resíduos. O diâmetro da tubulação é de 200 mm. Na parte superior foi instalada tubulação para coleta do gás metano.

Parâmetros analisados

Para avaliar os aspectos físico-químicos e qualitativos dos dejetos nas duas etapas os seguintes parâmetros foram analisados: Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT) e amoniacal (N-NH₄⁺), fósforo total (P), potássio (K⁺), pH, Sólidos Voláteis Totais (SVT), Sólidos Fixos Totais (SFT), Sólidos Totais (ST), DBO₅, DQO. As amostras foram analisadas no Laboratório do Núcleo Biotecnologia da Unioeste, *Campus* de Toledo. A temperatura em cada ponto foi obtida a campo. A medição da produção de biogás foi realizada através de medidor de gás, da Indústria LAO, modelo G1, do tipo volumétrico, por diafragma, indicado para a medição de consumo doméstico de gás natural, GLP ou manufaturado. Tem como características principais: alta sensibilidade nas baixas vazões, estabilidade química e dimensional e resistência à umidade e aos solventes presentes nos gases, segundo informa o fabricante.

A coleta e a preservação das amostras foram feitas de acordo com o Guia de coleta e preservação de amostras (CETESB, 1987). Em cada amostra foram registradas todas as informações de campo: número de identificação da amostra, número do ponto amostrado, data e hora da coleta, temperatura, condições meteorológicas nas últimas 24 h e indicação dos parâmetros a serem determinados no laboratório. As determinações foram efetuadas de acordo com os métodos analíticos estabelecidos por APHA (1991).

5. Resultados e discussão

Os resultados médios obtidos para caracterizar o dejetos bruto da suinocultura são apresentados na Tabela 2. O dejetos bruto do sistema de terminação é constituído de fezes + urina dos animais, água de derrame dos bebedouros e restos de alimentação.

Tabela 2. Variação da concentração de alguns parâmetros em relação aos valores médios do efluente do biodigestor

Parâmetros	Afluente (S ₀)	Efluente Biodigestor (S)	Redução (%)
DQO, mg L ⁻¹	49.953	11.240	77
DBO ₅ (5 dias, 20°C), mg L ⁻¹	18.717	4.462	76
Sólidos Totais (ST), mg L ⁻¹	35.789	19.561	45
Sólidos Fixos Totais (SFT), mg L ⁻¹	10.303	9.013	13
Sólidos Voláteis Totais (SVT), mg L ⁻¹	25.486	10.548	59
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄), mg L ⁻¹	1.732	1.934	+12
Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT), mg L ⁻¹	2.982	2.492	16
Fósforo Total, mg L ⁻¹	1.073	492	54
Potássio Total, mg L ⁻¹	1.593	885	44
Potencial Hidrogeniônico	7,21	7,55	-

Observa-se que os dejetos brutos contêm os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica (SVT) em altas concentrações. Na análise foram encontrados na média, em mg L^{-1} , 2.982, 1.073, 1.593 e 25.486, respectivamente. Estes valores podem ser comparados com os obtidos por outros autores. ZHANG et al. (1990) avaliando um sistema em escala de campo, encontraram, em mg L^{-1} , 2.696 e 23.754 para nitrogênio e sólidos voláteis, respectivamente. NAGAE (2004), estudando uma unidade de terminação em Dourados – MS, obteve 3.469,7 e 27.360 mg L^{-1} , para os mesmos parâmetros, respectivamente. Já GOSMANN (1997) encontrou 3.200, 2.200, 2.000 e 25.400 mg L^{-1} de nitrogênio, fósforo, potássio e sólidos voláteis totais, respectivamente.

Esses resíduos, de elevada carga orgânica e mineral, são poluentes para serem lançados em cursos de água, mesmo após tratamento biológico adequado, pois o efluente tratado continua com elevada carga orgânica e nutrientes (N, P e K), sendo impróprios para lançamento em corpos d'água receptores, conforme legislação em vigor. Entretanto, como o objetivo do trabalho foi reutilizá-lo num sistema de agricultura sustentável, o tratamento biológico anaeróbio e aeróbio demonstrou ser plenamente viável em todos os aspectos, transformando esses resíduos em excelente material fertilizante e com boas características para a reciclagem, em sistemas intensivos de produção.

A estabilização do biofertilizante no biodigestor e sua disposição no solo é um dos maiores objetivos do sistema de tratamento biológico, ou seja, obter um efluente bioestabilizado e mineralizado, de excelentes qualidades como fertilizante e condicionador do solo, permitindo, além de sua reciclagem no ambiente, a redução de moscas e odores.

Neste estudo avaliou-se as características do dejetos bruto (afluente) e do efluente do biodigestor, no entanto, dois tipos de efluentes foram obtidos no trabalho, a partir do efluente do biodigestor. O Primeiro refere-se ao efluente decantado (biofertilizante) foi obtido no tanque de sedimentação. O segundo efluente, o líquido, foi obtido no tanque de algas, após ter passado pelo biodigestor e tanque de sedimentação. A drenagem de ambos efluentes foi realizada por gravidade, sem o uso de bombeamento. O biofertilizante, depois de estabilizado no biodigestor e separado no decantador, é conduzido ao solo através de mangueira de 40 mm, uma vez por semana (7 m^3 de biofertilizante). O efluente líquido restante, após passar pelo tanque de algas, é conduzido através de mangueiras até os tanques de piscicultura.

Redução de DQO, DBO e SVT

Observa-se, pela Tabela 2, que o sistema de tratamento anaeróbio empregado apresenta expressivas reduções de DBO, DQO e SVT foram encontradas, de 76, 77 e 59%, respectivamente. Estes resultados corroboram com as citações de ZHANG et al. (1990), que avaliando um sistema com característica similares e TRH de 15 dias, obtiveram 73 e 66% de redução em DQO e SVT, respectivamente. NASCIMENTO & LUCAS JR. (1995), avaliando vários tempos de Retenção hidráulica, para TRH de 10 dias, obtiveram 39% de redução de Sólidos Voláteis Totais. FISHER et al. (1982), trabalhando com TRH de 15 dias, obtiveram 63% de redução de Sólidos Voláteis Totais.

Produção de biogás

O acompanhamento da geração de biogás medida diariamente resultou em uma média de 945 m^3 em média por mês, o mês com maior geração foi o mês de janeiro de 2005 com uma média diária de 34,8 m^3 e o mês com a menor média diária foi o mês de junho com 27,1 m^3 , conforme pode ser visto na figura 3.

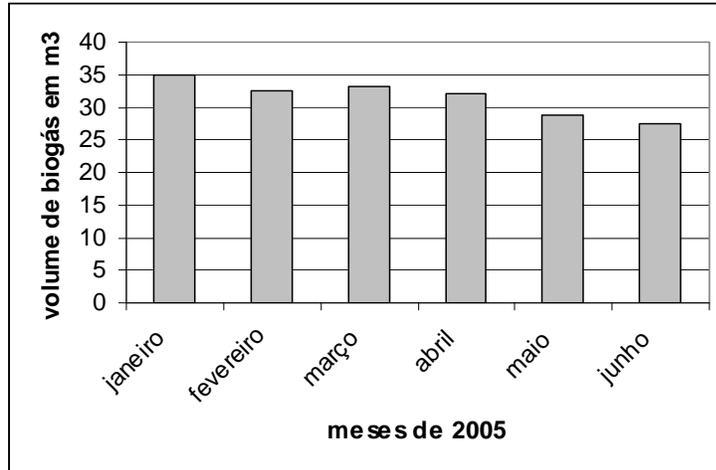


Figura 3. Produção de biogás, média diária no mês

A produção média diária de biogás, no período foi de $31,5 \text{ m}^3$, equivalente a $0,63 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ do biodigestor. ZHANG et al. (1990), em estudo realizado com dejetos de suínos, obtiveram valor de $0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de biodigestor. FEIDEN et al. (2004) obtiveram $0,298 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ sem agitação e $0,362 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ com agitação cinética no interior do biodigestor para uma carga de sólidos voláteis menor.

6. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser destacadas:

1. O sistema de tratamento biológico anaeróbio e aeróbio foi eficiente para reduzir e estabilizar a matéria orgânica dos dejetos de suínos.

2. O sistema de tratamento permitiu expressivas reduções de DBO, DQO, ST e SVT, sendo obtidos valores de 76, 77, 43 e 59%, respectivamente, para o efluente resultante do biodigestor.

3. A produção média diária de biogás no período analisado foi de $31,5 \text{ m}^3$, sendo que, no mês de janeiro obteve-se o maior valor, com $34,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. E no mês de junho a menor geração com $27,1 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$.

7. Palavras-chave

Biodigestão anaeróbia, biogás, carga orgânica

8. Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17.ed. New York, 1991.144p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Cartas do exército**. Brasília: Departamento de Engenharia e comunicações, 1980. Folha SG.21-X-B-VI-4-MI-2816-4, Escala 1:50.000.
- CAMPOS, A.T. **Análise da Viabilidade da Reciclagem de dejetos de Bovinos com tratamento biológico em sistema intensivo de produção de leite**. Botucatu, 1997. 141p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – UNESP.
- CAMPOS, A.T.; FERREIRA, W.A.; LUCAS JR.,J.; ULBANERE, R.C.; CARDOSO, R.M.; CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.426-438, 2002.
- CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.
- COLEN, F. Potencial energético do caldo de cana-de-açúcar como substrato em reator UASB.

Botucatu, 2003. 85 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu UNESP.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1992. 201p.

FEIDEN, A.; REICHL, J.; SCHWAB, J.; SCHWAB, V. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na produção de biogás a partir de águas residuárias de suinocultura. In: AGRENER GD 2004 – 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída. 2004. **Anais**. Campinas: Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da UNICAMP/NIPE. 2004

FERNANDES JR., A. Ocorrência de instabilidade e forma de seu controle na digestão anaeróbia de manipueira, em reator de bancada de mistura completa. Botucatu, 1989. 118p. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu – UNESP.

FIALHO, E.T.; SILVA, H.O.; PEREZ, J.R.O.; RODRIGUES, P.B.; LOGATO, P.R.; FREITAS, R.T.F.; OLIVEIRA, V. **Manejo de resíduos da pecuária**. Textos acadêmicos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 83p.

FISCHER, J.R., SIEVERS, D.M., FULHAGE, C.D. Energy Consumption from Farm Animal Manure Methane Generation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.23, n.2, p.223-227, 1982.

GOSMANN, H.A. Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos. Florianópolis, 1997. 115p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

IAPAR. **Agronegócio do Paraná: Perfil e características das demandas das cadeias produtivas**. Londrina: IAPAR, 2000. 277p. (Documento, 24)

LUCAS JR., J. **Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês**. Botucatu, 1987. 114p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu – UNESP.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T.M.B.; OLIVEIRA, R.A. Possibilidades de uso de dejetos animais no meio rural. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. (Ed.) **Mudanças Climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. cap.15, p.303-323.

NAGAE, R.Y. **Efeito do manejo da lâmina d'água nas características dos dejetos de suínos e na eficiência do sistema de tratamento**. Marechal Cândido Rondon, 2004. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

NASCIMENTO, E.F.; LUCAS JR. J. Biodigestão anaeróbia do estrume de suínos: produção de biogás e redução de sólidos em cinco tempos de retenção hidráulica. **Energia na Agricultura**. Botucatu, v.10, n.4, p.21-31, 1995.

OLIVEIRA, P.A.V. **Curso de Capacitação em práticas Ambientais Sustentáveis: Treinamentos 2002**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. 112p.

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v.4, n.2, p.263-267, 2000.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.; KUNZ, A. **Sistemas de tratamento de dejetos de suínos: Inventário tecnológico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. 2003. 83p. (Documento 85)

RODRÍGUEZ R., J.C.; ATRACH, K.; RUMBOS, E.; DELEPIANI, A.G. Resultados experimentales sobre la producción de biogas a traves de la bora y el estiercol de ganado. **Agronomia Tropical**, Caracas. v.47, n.4, p.441-455, 1997.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2003. 156p.

WING,S.; WOLF,S. Intensive livestock operations, health, and quality of life among eastern North Carolina residents. **Environmental Health Perspectives**. North Carolina. v.108, n.3, p.233-238, 2000.

ZHANG, R.H.; NORTH, J.R.; DAY, D.L. Operation of a field scale anaerobic digester on a swine farm. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.6, n.6, p.771-776, 1990.