

## Eficiência de Fossa Séptica Biodigestora na Redução de Parâmetros Biológicos em Esgoto Originado de Água Doce ou Salobra, na Borda Oeste do Pantanal

*Efficiency of the Septic Tank Biodigester on the Reduction of Biological Parameters of Sewage Produced with Fresh Water or Brackish, in the West Border of Pantanal*

SOARES, Márcia Toffani Simão<sup>1,2</sup>; CALHEIROS, Débora Fernandes<sup>1,3</sup>; GALVANI, Fábio<sup>1,4</sup>; FEIDEN, Alberto<sup>1,5</sup>; CAMPOLIN, Aldalgiza Inês (in memorian)<sup>1</sup>; DA SILVA, Wilson Tadeu Lopes<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pantanal, Corumbá – MS, <sup>2</sup>marcia.toffani@embrapa.br, <sup>3</sup>debora.calheiros@embrapa.br, <sup>4</sup>fabio.galvani@embrapa.br, <sup>5</sup>alberto.feiden@embrapa.br. <sup>6</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Instrumentação, São Carlos – SP, wilson.lobes-silva@embrapa.br.

**Resumo:** Este trabalho comparou a eficiência de fossas sépticas biodigestoras na redução de parâmetros biológicos de esgotos sanitários de residências que são abastecidas com água doce ou com água salobra (“dura”), em sistemas agrícolas familiares sob as condições da Borda Oeste do Pantanal. Foram realizadas a contagem de coliformes totais e termotolerantes, a presença de helmintos, protozoários e *Salmonella* sp nos efluentes sanitários brutos e tratados entre março/abril de 2009 e julho de 2010. A fossa séptica biodigestora apresenta eficiência na redução de coliformes termotolerantes em níveis recomendados para irrigação restrita conforme preconizado pela OMS, tanto em efluentes produzidos a partir de águas doces como de salobras. Devido a ocorrência de protozoários no sistema, verifica-se a necessidade de adoção de medidas sanitárias complementares visando a redução da pressão de infecção do ambiente rural, ampliando assim a eficiência e segurança de seu uso sob as condições da região.

**Palavras-chave:** biodigestão anaeróbia, tratamento de esgoto, saneamento básico rural

**Abstract:** This study compared the efficiency of the septic tanks biodigesters on the reduction of biological parameters of sewage whose residences are supplied with freshwater or brackish (“hard”) water, on familiar agricultural systems under the West Border of Pantanal wetland conditions. We performed the enumeration of total and thermotolerant coliforms, and the presence of helminths, protozoan and *Salmonella* in raw and treated wastewater between March / April 2009 and July 2010. The results shows that the use of septic tanks biodigesters in the study conditions is efficient to reduce fecal coliforms at recommended levels by the WHO, both in wastewaters produced from fresh or brackish water. Due the presence of protozoa in this system, it is necessary to adopt additional measures for rural sanitation, to reduce the infection pressure of the environment, and to increase the efficiency and safety of its use under the conditions of this region.

**Keywords:** anaerobic biodigestion, sewage treatment, rural basic sanitation.

## Introdução

Embora o acesso a serviços adequados de água e esgoto seja um importante determinante das condições de vida da população e da salubridade do meio ambiente, nas áreas rurais do território brasileiro, o percentual de cobertura por rede geral de esgotos ou fossa séptica ligada ou não à rede geral é de somente 23,1% (dados de 2008, OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO, 2010). A associação fossa-poço é comum, aumentando os riscos de proliferação de doenças e parasitas por meio da contaminação da água subterrânea (BERTONCINI, 2008).

Barreiras sanitárias são obras de saneamento para tratamento dos dejetos que evitam o contato de todas as excreções humanas e de animais com a água, o solo, os alimentos e o próprio homem, com o propósito de se evitar desequilíbrios ambientais e sanitários devido à má disposição de dejetos. Em áreas rurais o uso de fossas sépticas tem sido considerado uma conduta apropriada e relativamente barata. Apesar da proposição de um número considerável de modificações desses sistemas para as mais diversas situações, de modo geral o esgoto oriundo das propriedades rurais ainda tem como principal destino as chamadas fossas negras, sistema rudimentar passível de contaminar o lençol freático e poços, aumentando assim os riscos de veiculação de doenças como diarreia, cólera e hepatite (VARNIER, 2007) tanto na comunidade rural como nos consumidores dos produtos agrícolas e pecuários.

A fim de fornecer uma alternativa para a substituição das fossas negras existentes na zona rural, a Embrapa Instrumentação Agropecuária desenvolveu um sistema denominado Fossa Séptica Biodigestora, um sistema adaptado para uma família constituída por 5 pessoas. O sistema é de baixo custo para confecção, com eficiência demonstrada na biodigestão dos excrementos humanos, com conseqüente eliminação de agentes patogênicos e produção de efluentes finais passíveis de uso como fertilizantes orgânicos (NOVAES et al., 2002).

A fossa séptica biodigestora pode vir a atender à necessidade urgente de se adotar tecnologias que visem melhor aproveitamento dos recursos hídricos, ao propiciar o reuso das águas servidas domésticas. Este benefício é especialmente importante em comunidades com problemas de escassez hídrica, como é o caso dos assentamentos do município de Corumbá/MS, localizados na Borda Oeste do Pantanal. Soma-se a esta dificuldade a qualidade das águas dos poços freáticos e artesianos perfurados nos assentamentos desta região, armazenadas em rochas calcárias, o que confere às mesmas características “salobras” (GALDINO; MELO, 2000). As informações são escassas no tocante ao tratamento águas negras com a fossa séptica biodigestor sob estas condições.

Considerando que o processo de biodigestão é dependente do equilíbrio entre populações bacterianas envolvidas no processo fermentativo e sensível às



condições do meio em que se desenvolvem, o presente estudo teve por objetivo comparar a eficiência de fossas sépticas biodigestoras na redução de parâmetros biológicos (coliformes totais e termotolerantes, presença de *Salmonella* sp, helmintos e protozoários) de esgoto sanitário de residências abastecidas com água doce ou salobra (“dura”), em sistemas agrícolas familiares sob as condições da Borda Oeste do Pantanal.

## **Materiais e Métodos**

### *Caracterização das áreas de estudo*

As fossas sépticas biodigestoras foram instaladas em dois lotes situados em assentamentos rurais da reforma agrária, sendo um denominado “Mato Grande” e outro “Tamarineiro II”. Estes assentamentos estão localizados a oeste do município de Corumbá, na região denominada “Borda Oeste do Pantanal” (coordenadas 18°59’ a 19°29’S e 57°53’ a 57°21’W), que possui aproximadamente 1.300 km<sup>2</sup> e é representada por terras não alagáveis ao redor das cidades de Corumbá e Ladário (Mato Grosso do Sul, Brasil), limitada ao norte pelo rio Paraguai, a oeste pela fronteira com a Bolívia e ao sul e leste pelas áreas de inundação do Pantanal (Cardoso et al., 2002a). O clima da região é do tipo Awa, ou seja, tropical de altitude, megatérmico, com inverno seco e chuva no verão (SORIANO, 2000). A região possui uma ampla diversidade de solos, em grande parte com textura argilosa aliada à elevada atividade das argilas, o que confere aos mesmos alta plasticidade, pegajosidade (CARDOSO et al., 2002a e 2002b) e drenagem deficiente.

A maioria dos poços freáticos e artesianos destes dois assentamentos, bem como de toda a Borda Oeste do Pantanal, foi perfurada em rochas calcárias, conferindo às suas águas características de “salobra”, com elevadas concentrações de carbonatos de cálcio e magnésio (GALDINO; MELO, 2000). Todavia, uma parcela dos lotes do assentamento rural Mato Grande é abastecida por água doce, oriunda de nascentes superficiais localizadas nas morrarias do Maciço do Urucum. Com base nestas características, a fossa séptica biodigestora instalada em lote rural localizado no assentamento Tamarineiro II, que recebe água salobra, foi denominada “FSB<sub>sal.</sub>”, e a fossa séptica biodigestora instalada no assentamento rural Mato Grande denominada “FSB<sub>doce</sub>”. A caracterização das águas utilizadas nas regiões onde foram instaladas as fossas sépticas biodigestoras em Corumbá (MS) são apresentadas em Galdino & Melo (2000), Friderichs et al. (2010) e Soares et al. (submetido).

### *Instalação e adaptações das fossa sépticas biodigestoras*

Duas fossas sépticas biodigestoras foram instaladas em sistema de mutirão parcial (Embrapa + família), entre setembro e outubro de 2008, em um lote no Assentamento Mato Grande e outro no Assentamento Tamarineiro II Sul. Representantes das famílias foram orientados quanto aos cuidados relativos ao

funcionamento das FSB's (FRIDERICHS et al., 2008). Os dois sistemas de tratamento de esgoto instalados (FSB<sub>doce</sub> e FSB<sub>sal</sub>, respectivamente) foram constituídos, basicamente, por quatro caixas d'água de 1.000 litros de fibra de vidro e, ou fibrocimento, enterradas no solo. Foi necessária a adequação da estrutura do sistema inicialmente proposto por Novaes et al. (2002) para conferir maior estabilidade das caixas d'água enterradas nos solos locais, por apresentarem drenagem deficiente e argilas de caráter expansível (FSB<sub>sal</sub>). Para tanto, três procedimentos adicionais foram tomados: (a) em FSB<sub>sal</sub>, cuja drenagem do solo é mais deficiente em relação ao solo em FSB<sub>doce</sub>, foi utilizada para a recepção do efluente final caixas de fibrocimento, por possuírem maior peso e resistência à pressão do solo e às elevadas temperaturas da região; (b) a última caixa de biodigestão e a de recepção dos efluentes finais foram fixadas ao piso/subsolo com o uso de hastes metálicas aneladas em seu terço superior, ancoradas à base/piso com concreto (Figura 1); (c) após todas as estruturas instaladas, os pontos de contato entre piso, tubos, conexões e caixas d'água receberam revestimento à base de cimento, como medida adicional de proteção às estruturas conectoras do sistema.

a

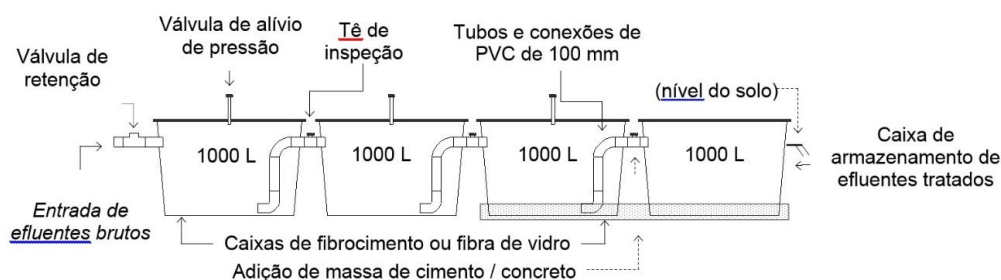


Figura 1. (a) Esquema do sistema de tratamento de esgoto com seus respectivos componentes (adaptado de Galindo et al., 2010); (b) adequação da instalação das caixas d'água com o uso de hastes metálicas próximas à borda da caixa, arames e concreto para fixá-las ao piso inferior/subsolo; (c) aspecto final da fossa séptica biodigestora instalada em assentamento rural na Borda Oeste do Pantanal, protegida por cerca para evitar a entrada de animais; (d) aspecto do efluente oriundo da caixa de armazenamento, após processo de biodigestão das águas negras



As caixas foram conectadas ao vaso sanitário e entre si por tubos e conexões de PVC, sendo as três primeiras caixas destinadas ao processo de biodigestão anaeróbio e a quarta caixa ao armazenamento de efluentes tratados. A primeira caixa recebia mensalmente uma quantidade padronizada de esterco bovino fresco como inóculo de bactérias para manter o processo de biodigestão. Informações adicionais sobre a instalação e o manejo das FSBs estão contidas em Galindo et al. (2010).

#### *Estimativa do volume de efluentes líquidos gerado*

O volume de efluentes líquidos tratados (Figura 1) foi estimado durante o período de funcionamento do sistema, com a participação dos moradores das residências que receberam as FSB's.

#### *Procedimentos de coleta e análises*

Amostras dos efluentes brutos (primeira caixa) e tratados (quarta caixa) das duas FSBs foram coletadas em 15/04/2009 (1), 1 e 9/07/2009 (2), 23/09/2009 (3), 12/11/2009 (4), 18/01/2010 (5), 12/04/2010 (6) e 13/07/2010 (7), com o uso de aparato constituído por bomba elétrica à vácuo acoplada a tubos de silicone e balão de Erlenmeyer, ambos previamente esterilizados. Em 12/11/2009 os efluentes brutos da FSB<sub>doce</sub> não puderam ser coletados devido à falta de energia elétrica no lote e, em 13/07/2010, foi realizada a amostragem dos efluentes somente na FSB<sub>sal.</sub>, pois naquele período a FSB<sub>doce</sub> não foi utilizada pelos residentes do lote.

Amostras dos efluentes brutos e tratados foram destinadas às análises de coliformes totais (CTo) e termotolerantes (CTe) no Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL. As análises de coliformes foram realizadas por meio do método de tubos múltiplos segundo APHA (2005), com resultados médios, máximos e mínimos expressos em logaritmos do Número Mais Provável ( $\log_{10}$  NMP/100 mL).

Análises parasitológicas foram realizadas na ENDOLAB Laboratório de Análises Clínicas Ltda. (Corumbá – MS) pelo método de análise parasitológico de fezes direto após centrifugação e realizadas avaliações quanto a presença de protozoários, sendo as amostras classificadas em: “negativo” (ausência) ou “positivo” (presença). Análises de *Salmonella* sp. Foram realizadas na ECOLVET em Londrina- PR através do método molecular de Reação em Cadeia pela Polimerase (PCR) (SANTOS et al., 2001), de maior sensibilidade em relação ao método microbiológico convencional (DICKEL et al., 2005).

Os resultados de coliformes totais (CTo), termotolerantes (CTe) (valores transformados para  $\log_{10}$ ) dos efluentes brutos e tratados das duas FSB's, além da eficiência de redução de CTo, CTe foram submetidos à análise estatística, sendo que cada FSB foi considerada como um tratamento e as repetições correspondem aos períodos de obtenção das amostras e dos parâmetros avaliados. Estes foram expressos, para cada sistema, quanto aos seus valores máximos, mínimos, o

coeficiente de variação (CV%) e o número de observações realizadas. As seis variáveis foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, comparados entre si através do teste de Tukey-Kramer pelo modelo Proc GLM a 5% e 1% de probabilidade. Os demais parâmetros foram analisados quanto à frequência de ocorrência. A discussão do presente trabalho foi realizada utilizando-se dos critérios apresentados pela Organização Mundial de Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO, 2006).

## Resultados e discussões

### *Estimativa da quantidade de efluentes finais*

Nos dois lotes com FSB constituída por quatro caixas d'água verificou-se no período avaliado a geração quinzenal de aproximadamente 1.000 litros de efluentes tratados, o que corresponde a uma geração anual de 24 mil litros de efluentes tratados por lote/ família constituída em média por 5 pessoas.

### *Parâmetros biológicos*

Os resultados dos parâmetros biológicos dos efluentes brutos e tratados das duas fossas sépticas biodigestoras estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Não houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios de coliformes totais e termotolerantes obtidos das duas FSBs avaliadas, tanto nos efluentes brutos como nos tratados (Tabela 1). Os valores elevados de coliforme termotolerantes nos efluentes brutos das duas fossas sépticas biodigestoras indicam a natural patogenicidade potencial do esgoto sanitário bruto acrescido do inóculo de fezes bovinas, e o necessário tratamento prévio para uma disposição final adequada.

Com o processo de biodigestão da matéria orgânica, houve uma redução média de coliformes totais (CTO) e termotolerantes (CTE) na FSB<sub>doce</sub> de 99,82 e 99,80%, e na FSB<sub>sal.</sub> de 99,68 e 99,61%, respectivamente. As quantidades médias de NMP de coliformes termotolerantes nas duas FSBs ( $10^4$  NMP/100 mL) estão dentro do padrão recomendado pela Organização Mundial de Saúde para irrigação restrita (culturas processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens e árvores), para o cenário mais desfavorável – agricultura com mão de obra intensiva e baixo nível de proteção à saúde do trabalhador (WHO, 2006).

Verificou-se a ocorrência de helmintos somente em um período, nos efluentes brutos (caixa 1) da FSB<sub>doce</sub> (Tabela 2), o que indica a eficiência do sistema em eliminar tais organismos durante o processo de biodigestão. A bactéria *Salmonella sp* foi detectada somente nos efluentes tratados da FSB<sub>doce</sub>, também em um único período (12/11/2009), o mesmo em que se registrou a menor concentração de coliformes termotolerantes (1.300 NMP/100 mL). Importante salientar que os coliformes são utilizados como indicadores da inativação de bactérias patogênicas uma vez que, em geral, a taxa de decaimento das bactérias patogênicas é superior ou no mínimo

similar à destes organismos (XAVIER BASTOS et al., 2003). Os mesmos autores salientam que a redução dos coliformes a certa densidade residual no efluente, e não necessariamente sua ausência, pode corresponder à ausência de bactérias patogênicas ou a sua presença em densidades abaixo da dose infectante ou correspondente a um nível de risco considerado aceitável.

**Tabela 1.** Valores máximos e mínimos de Coliformes Totais e Termotolerantes nos efluentes bruto (caixa 1) e tratado (caixa 4) de fossas sépticas biodigestoras, gerados a partir de água doce (FSB<sub>doce</sub>) e salobra (FSB<sub>sal.</sub>), respectivamente nos assentamentos rurais de Mato Grande e Tamarineiro II, Corumbá-MS, entre abril de 2009 e julho de 2010<sup>(1)</sup>

Sistema	Coliformes Totais			Coliformes Termotolerantes		
	Bruto	Tratado <sup>(1)</sup>	Redução <sup>(2)</sup>	Bruto	Tratado <sup>(1)</sup>	Redução <sup>(2)</sup>
	(Log <sub>10</sub> NMP/100 mL)		%	(Log <sub>10</sub> NMP/100 mL)		%
FSB <sub>doce</sub> <sup>(3)</sup>	7,66 <sup>n.s.</sup>	4,72 <sup>n.s.</sup>	99,82 <sup>(N.S.)</sup>	7,24 <sup>n.s.</sup>	4,59 <sup>n.s.</sup>	99,80 <sup>(N.S.)</sup>
(máx.)	(8,20)	(5,96)	(99,99)	(8,20)	(5,96)	(99,99)
(mín.)	(6,20)	(3,23)	(66,25)	(5,38)	(3,11)	(0,00)
(CV%)	(10,94)	(21,59)	(16,13)	(15,02)	(24,35)	(55,90)
(NObs.)	(5)	(6)	(5)	(5)	(6)	(5)
FSB <sub>sal.</sub> <sup>(4)</sup>	7,07	4,37	99,68	6,89	4,17	99,61
(máx.)	(8,20)	(5,20)	(99,99)	(8,20)	(5,20)	(99,99)
(mín.)	(5,54)	(3,32)	(99,23)	(5,38)	(3,32)	(99,07)
(CV%)	(12,94)	(13,31)	(0,27)	(13,43)	(13,90)	(0,38)
(NObs.)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)

<sup>1</sup>(N.S.) = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Wilcoxon. n.s. = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey-Kramer (Proc GLM). Sendo CV % = coeficiente de variação e NObs.= número de observações. <sup>2</sup>Médias de eficiência de redução de coliformes totais e termotolerantes comparadas após a exclusão dos valores obtidos em abril de 2009 na FSB<sub>doce</sub> (66,25% e 0,00%, respectivamente), conforme indicação do programa estatístico (SAS) como outliers, sendo que os valores médios originais de eficiência de redução de coliformes totais e termotolerantes na FSB<sub>doce</sub> são 93,11% e 79,84%, respectivamente.

**Tabela 2.** Helmintosopia, protozoosopia e PCR para *Salmonella* sp. dos efluentes brutos (caixa 1) e tratados (caixa 4) de fossa séptica biodigestora, gerados a partir de água doce (FSB<sub>doce</sub>) e salobra (FSB<sub>sal.</sub>), entre abril de 2009 e abril de 2010<sup>(1)</sup>

Data Coleta	----- Efluentes Brutos -----			----- Efluentes Tratados -----		
	Helmintos	Protozoários ( <i>B. coli</i> )	<i>Salmonella</i> sp	Helmintos	Protozoários ( <i>B. coli</i> )	<i>Salmonella</i> sp.
----- FSB <sub>doce</sub> -----						
15/4/2009	[N]	[P]	[N]	[N]	[N]	[N]
1e9/7/2009	[N]	[P]	[N]	[N]	[P]	[N]
23/9/2009	[P] <sup>(2)</sup>	[P]	[N]	[N]	[P]	[N]
12/11/2009	n.a.	n.a.	n.a.	[N]	[P]	[P]
18/1/2010	[N]	[P]	[N]	[N]	[N]	n.a.
12/4/2010	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Frequência [P]	20,0% (1/5)	80,0% (4/5)	0,0% (0/5)	0,0% (0/6)	50,0% (3/6)	20,0% (1/5)
----- FSB <sub>sal.</sub> -----						
15/4/2009	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1e9/7/2009	[N]	[P]	[N]	[N]	[P]	[N]
23/9/2009	[N]	[P]	[N]	[N]	[P]	[N]
12/11/2009	[N]	[P]	[N]	[N]	[N]	[N]
18/1/2010	[N]	[P]	[N]	[N]	[N]	[N]
12/4/2010	[N]	[P]	[N]	[N]	[N]	[N]
13/7/2010	[N]	[P]	[N]	[N]	[P]	[N]
Frequência [P]	0,0% (0/7)	85,7% (6/7)	0,0% (0/7)	0,0% (0/7)	42,9% (3/7)	0,0% (0/7)

<sup>1</sup>Classificação: Helmintosopia, Protozoosopia e PCR *Salmonella* [N] negativas e [P] positivas. Sendo: n.a. = não analisado e *B.coli* = *Balantidium coli*. <sup>2</sup>Larvas de *Strongyloides stercoralis* e cistos de *Entamoeba coli*.

A ocorrência de cistos e/ou trofozoítas de *Balantidium coli* foi verificada em 80,0% e 85,7% dos efluentes brutos da FSB<sub>doce</sub> e FSB<sub>sal.</sub>, respectivamente (Tabela 2). Conforme Mundim et al. (2004) e Mata & Chaves (2011), a presença de *B. coli* está associada a condições sanitárias deficientes, carência de serviços básicos de água e esgoto e, especialmente, à atividade suinícola, visto que este protozoário é considerado um agente comensal do trato intestinal do porco, agindo como invasor secundário no homem somente na ocorrência de lesões externas locais (STEFFEN et al., 2010). Presume-se que a introdução de *B. coli* nos efluentes brutos pode estar associada ao uso, como inóculo, de excretas bovinas frescas que tiveram possível contato com fezes de suínos pois, nos dois lotes, os animais são criados sob sistemas de manejo higiênico-sanitário rudimentares. Apesar da baixa prevalência mundial em humanos (MATA; CHAVES, 2011), também deve ser considerada a hipótese de infecção dos residentes dos lotes pelo protozoário, com consequente eliminação dos cistos pelas fezes humanas.

Com o processo de biodigestão, a ocorrência de *B. coli* foi reduzida para 50% e 43% nos efluentes tratados das FSB<sub>doce</sub> e FSB<sub>sal.</sub>, respectivamente. A presença de *B.coli* nos efluentes tratados foi concomitante à redução de coliformes totais e termotolerantes em níveis esperados para este tipo de sistema ( $10^3$  a  $10^4$  NMP/100 mL), o que leva a supor que a não eliminação do protozoário em 100% das amostras pode estar associada à elevada carga microbiana dos ambientes estudados, que potencialmente aumenta o risco da veiculação de agentes patogênicos. São poucos



os dados disponíveis sobre a relação entre reuso agrícola de águas residuárias e a ocorrência de protozoários parasíticos, embora as condições precárias de saneamento podem ter importância maior no processo de transmissão destes organismos (BLUMENTHAL et al., 2000).

A remoção de cistos de protozoários e ovos de helmintos pode ser realizada, conforme Xavier Bastos et al. (2003), com o uso de sistemas de filtração ou sedimentação. Neste sentido, a adaptação de um sistema filtrante na quarta caixa poderia complementar o tratamento de efluentes para fins de eliminação do protozoário e melhoria da qualidade dos efluentes finais, ainda que estes percam em conteúdo de matéria orgânica, de grande importância quando o objetivo do tratamento é o reuso agrícola. A melhoria da qualidade sanitária de todo o ambiente produtivo também poderá contribuir para maior eficiência de sistemas de tratamento dos efluentes gerados em propriedades rurais. Para tanto, é imprescindível que o acesso a serviços básicos de captação de água e destinação adequada de todos os resíduos (sólidos e líquidos, humanos e animais) seja contemplado em um planejamento integrado de saneamento com vistas à proteção da família, do rebanho e da comunidade rural. Complementarmente, é desejável o estabelecimento de programas voltados à educação e mobilização comunitária para fins de ampliação da percepção higiênico-sanitária dos produtores rurais (vide BLUMENTHAL et al., 2004, ROCHA et al., 2006), com atenção e respeito às particularidades culturais (ABREU et al., 2010) e sócio-econômicas das diferentes realidades do universo rural brasileiro.

## **Conclusões**

1. O uso de fossas sépticas biodigestoras nas condições da Borda Oeste do Pantanal contribui para a redução da contaminação biológica das excretas humanas.
2. Os efluentes tratados gerados nas condições de água doce e salobra são semelhantes nos parâmetros avaliados, sendo que os valores médios de coliformes termotolerantes são correspondentes ao padrão recomendado pela Organização Mundial de Saúde para irrigação restrita ( $10^4$  NMP/100 mL).
3. Recomenda-se que o uso deste sistema seja associado à adoção de medidas complementares de saneamento rural voltados à redução da pressão de infecção do ambiente, para minimizar a possibilidade de recontaminação dos efluentes tratados e a fim de ampliar a eficiência e segurança de uso em sistemas agrícolas familiares da região.

## **Agradecimentos**

Nossos sinceros agradecimentos aos funcionários da Embrapa Pantanal e às famílias que receberam a fossa séptica biodigestor no âmbito desta pesquisa, pelo valioso auxílio na execução do projeto.

Ao CNPq (Processo 55.2625/2007 - 8) e à Embrapa – Macroprograma 6 (Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar e à Sustentabilidade do Meio Rural) e

Macroprograma 4 (Transferência de Tecnologia e Comunicação Empresarial), pelo suporte financeiro.

## Referências bibliográficas

ABREU, N. F.; FRIDERICHS, B. A.; SOARES, M. T. S.; FEIDEN, A.; CAMPOLIM, A. I. Apropriação participativa da tecnologia Fossa Séptica Biodigestora: olhares múltiplos. In: **Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal**, 5. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: APHA/AWWA/WPCF, 2005. 1368p.

BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n.1, p.152-169. 2008.

BLUMENTHAL, U.J., PEASEY, A., RUIZ-PALACIOS, G., MARA, D.D. **Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: Recommended revisions based on new research evidence**. WELL Study, Task nº. 68 (Part 1). London: London School of Hygiene and Tropical Medicine, 2000, 67p.

BLUMENTHAL, U.J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; STOTT, R. Redução dos riscos para a saúde com a utilização agrícola de águas residuais Mudanças recomendadas nas pautas da Organização Mundial da Saúde – OMS. **Revista de Agricultura Urbana**, v.3, 2004.

CARDOSO, E.L.; SPERA, S.T.; PELLEGRIN, L.A.; SPERA, M.R.N. Solos do assentamento Mato Grande - Corumbá - MS: caracterização, limitações e aptidão agrícola. **Documentos Embrapa Pantanal**, n.27, 2002a, p. 1-36.

CARDOSO, E.L.; SPERA, S.T.; PELLEGRIN, L.A.; SPERA, M.R.N. Solos do Assentamento Tamarineiro II, Corumbá - MS: caracterização e potencial agrícola. **Documentos Embrapa Pantanal**, n.33, 2002b, p. 1-34.

DICKEL, E. L., RODRIGUES, L. B., DOS SANTOS, L. R., DE FARIA VALLE, S., PILOTTO, F., RODEMBUSH, C., WALDT, V.B.; CANAL, C.W.; NASCIMENTO, W.P. Análise comparativa entre microbiologia convencional, ELISA e PCR para detecção de *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. gallinarum* e *S. pullorum* em carne de frango contaminada artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.12, p.1-3, 2005.

FRIDERICHS, B. A.; ABREU N. F.; CALHEIROS, D. F.; CAMPOLIN, A. I.; SOARES, M. T. S. Qualidade da água utilizada para consumo em assentamentos rurais de Corumbá, MS. **Circular Técnica Embrapa Pantanal**, n.96, 2010, p. 1-5.

FRIDERICHS, B.A.; ABREU, N.F.; CAMPOLIM, A.I.; FEIDEN, A.; GALVANI, F. Abordagem Participativa na Adoção de Fossas Sépticas Biodigestoras por Agricultores Familiares - Borda Oeste do Pantanal. In: **II Encontro de Iniciação Científica - Embrapa Pantanal e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**. Corumbá, 2008.

GALDINO, S.; MELO, E.C. Recursos hídricos. In: SILVA, J.S.V. (Org) **Zoneamento ambiental da Borda Oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p.83-109.

GALINDO, N.; DA SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.; GODOY, L.A.; SOARES, M.T.S.; GALVANI, F. Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora. **Documentos Embrapa Instrumentação**, n.49, 2010, p. 1-26.

MATA, C.S.; CHAVES, H.M. Balantidiasis: presentación de un caso clínico. **Revista Médica de la Universidad de Costa Rica**, v.5, n.1, 2011, p. 58-62.

MUNDIM, M.J.S.; MUNDIM, A.V.; SANTOS, A.L.Q.; CABRAL, D.D.; FARIA, E.S.M.; MORAES, F.M. Helminhos e protozoários em fezes de javalis (*Sus scrofa scrofa*) criados em cativeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 6, 2004, p. 792-795.

NOVAES, A.P.; SIMÕES, M.L.; MARTIN NETO, L.; CRUVINEL, P.E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E.H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A.R.A. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da Agricultura Orgânica. Campinas: Embrapa-CNPDIA, 2002. 5p. (**Embrapa-CNPDIA. Comunicado-Técnico, 46**)

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO. **Relatório nacional de acompanhamento**. Brasília: IPEA, 2010, 184 p.

ROCHA, C.M.B.M.; DOS SANTOS RODRIGUES, L.; COSTA, C.C.; DE OLIVEIRA, P.R.; DA SILVA, I.J.; DE JESUS, E.F.M.; ROLIM, R.G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, 2006

SANTOS, L.R.; NASCIMENTO, V.P.; OLIVEIRA, S.D.; FLORES, M.L.; PONTES, A.P.; PILOTTO, F.; NEVES, N. SALLE, C.T.P.; LOPES, R.F.F. Identificação de Salmonella através da Reação em Cadeia pela Polimerase (PCR). **Arquivos da Faculdade de Veterinária, UFRGS**. v. 29, 2001, p. 87-92.

SOARES, M.T.S.; CALHEIROS, D.; GALVANI, F.; FEIDEN, A.; CAMPOLIN, A.I.; DA SILVA, W.T.L. (submetido). Parâmetros físico-químicos e eficiência de fossa séptica biodigestora na redução da carga orgânica de esgoto originado de água doce ou salobra, na Borda Oeste do Pantanal. **Cadernos de Agroecologia**.

SORIANO, B. Climatologia. In: SILVA, J.S.V. (Org) **Zoneamento ambiental da Borda Oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p. 69-81.

STEFFEN, R.P.B.; SOARES, K.D.; COLVERO, L.P.; GARCIA, R.G.; SANGIONI, L.A. Prevalência do *Balantidium coli* nas fezes de suínos na fase de terminação em abatedouro. **Revista Agrarian**, v.3, n.10, 2010, p. 301-304.

VARNIER, C.L. **Avaliação da contaminação de uma fossa negra desativada na zona não saturada do aquífero Adamantina em Urânia (SP)**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 2007. 144 p.

WHO - World Health Organization **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture.** Geneva: WHO, 2006, 213p.

XAVIER BASTOS, R.K.; BEVILACQUA, P.D. KELLER, R. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, R.F. (Coord.) **Desinfecção de efluentes sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2003, p. 27-88.