

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO EM FOSSAS  
SÉPTICAS BIODIGESTORAS INOCULADAS COM SUBSTITUTOS AO ESTERCO  
BOVINO FRESCO**P. A. Lara<sup>1,\*</sup>, C. R. Marmo<sup>2</sup>, W. T. L. da Silva<sup>2</sup><sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Avenida Trabalhador São Carlense, 400, 13566-590, São Carlos, SP<sup>2</sup> Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP

\* Autor correspondente, e-mail: paulalara@usp.br

**Resumo:** A Fossa Séptica Biodigestora é uma tecnologia simples desenvolvida para atender a necessidade de tratamento de esgoto doméstico em comunidades rurais sem acesso a saneamento básico adequado. O processo de digestão microbiana anaeróbia nesta tecnologia é potencializado pela aplicação de esterco bovino fresco, porém existem casos nos quais o acesso a este insumo é limitado. Com isto, faz-se necessário testar o desempenho de inóculos alternativos que possam substituir o uso de esterco bovino. Neste trabalho, foi avaliado o desempenho de dois substitutos: (i) sedimento de brejo e (ii) bioaditivo comercial para limpeza de fossas sépticas convencionais. Os efluentes obtidos nos sistemas inoculados com estes substitutos apresentaram concentrações de fósforo e cálcio similares às obtidas em efluentes de sistemas inoculados com esterco bovino, já as concentrações de nitrogênio, potássio e micronutrientes, foram menores. O efluente do sistema inoculado com sedimento de brejo apresentou valores menores de concentração de DBO, DQO e coliformes totais entre os sistemas avaliados, bem como em comparação com efluentes de sistemas tratados com esterco bovino. O sedimento de brejo foi o inóculo que apresentou o melhor desempenho e mostra-se como um potencial substituto ao esterco bovino utilizado na Fossa Séptica Biodigestora.

**Palavras-chave:** saneamento básico rural, biodigestão anaeróbia, reator anaeróbio simplificado, tratamento de esgoto, tratamento de efluente.

***QUALITY EVALUATION OF SEWAGE TREATED EFFLUENT FROM BIODIGESTER  
SEPTIC TANKS, OPERATING WITH ALTERNATIVE INOCULANTS TO FRESH CATTLE  
MANURE***

**Abstract:** The Biodigester Septic Tank is a simple technology designed to meet the need for sewage treatment in rural communities without access to adequate sanitation. The anaerobic microbial digestion process in this technology is enhanced by the application of fresh cattle manure, nevertheless, in some cases; the access to this resource is limited. Therefore, performance tests of alternative inoculants for fresh cattle manure are necessary. In this work, the performance of two substitutes, (i) bog sediment and (ii) commercial bioadditive for septic tanks cleaning, were evaluated. Phosphorus and Calcium concentrations in the effluent produced by the systems inoculated with these substitutes presented similar values to those obtained in effluents from systems inoculated with cattle manure; otherwise, Nitrogen, Potassium and micronutrients concentrations were smaller. BOD, COD and total coliforms concentrations in the effluent produced by system inoculated with bog sediment, were the lowest among the evaluated systems, and to those obtained in effluents from systems inoculated with cattle manure. Thus, bog sediment was the inoculant that showed better performance among the evaluated systems and is a potential substitute to fresh cattle manure used in the Biodigester Septic Tank.

**Keywords:** rural basic sanitation, anaerobic biodigestion, simplified anaerobic reactor, sewage water treatment, wastewater treatment.

## 1. Introdução

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de biodigestão anaeróbia simples, desenvolvida para atender as necessidades de tratamento de esgoto doméstico em comunidades rurais que não têm acesso a saneamento básico adequado, sendo sua finalidade proteger a saúde da população, promover a conservação dos recursos hídricos por meio da substituição das fossas rudimentares (fossas negras) e auxiliar na produção agrícola mediante o uso do efluente tratado como biofertilizante (NOVAES et al., 2002, 2006; GALINDO et al., 2010). O seu funcionamento consiste na fermentação anaeróbia da matéria orgânica no esgoto pelos microrganismos presentes naturalmente nas fezes. Este processo é potencializado pela adição de esterco bovino fresco, que funciona como inóculo, aportando ao sistema uma seleção de bactérias anaeróbias que aumentam a eficiência do sistema, reduzem os odores e melhoram a qualidade do efluente tratado (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017). Contudo, existem propriedades rurais que não possuem criação de gado bovino e/ou não tem fácil acesso a esterco bovino, o que dificulta a operação da tecnologia ou até mesmo inviabiliza sua instalação. Testes com esterco de ovino foram realizados na Fossa Séptica Biodigestora, porém, estes apresentaram uma menor eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e coliformes quando comparados com uma fossa inoculada com esterco de bovino (SILVA; FAUSTINO; NOVAES, 2007). De forma a minimizar as limitações do uso exclusivo de esterco bovino, faz-se necessário testar o desempenho de inóculos alternativos que possam ser usados em substituição. Neste trabalho, foram avaliados sistemas inoculados com dois tipos de substitutos: (i) sedimento de brejo (área alagada natural), reconhecidamente ricos em bactérias heterotróficas próprias de ambientes anóxicos (TORRES; INGLET; REDDY, 2011; BODELIER; DEDYSH, 2013), e (ii) um bioaditivo comercial para limpeza de fossas sépticas convencionais.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Descrição das fossas sépticas biodigestoras instaladas

- **Família da Silva (SLV) - sem inóculo**

O sistema foi instalado na propriedade do produtor Edinaldo Barros da Sillva, localizada no Sítio São Benedito, Estrada Velha São Carlos – Descalvado, km 16 (22°03'40,3"S, 47°46'55,8"O) no dia 01 de novembro de 2018, e não recebeu nenhum tipo de inóculo.

- **Família Marcatto (MCT) - bioaditivo comercial**

O sistema foi instalado na propriedade do produtor Luiz Donizetti Marcatto, localizada no Sítio Monte Alto, estrada velha São Carlos – Descalvado, km 06 (22°02'00,1"S, 47°50'54,3"O) no dia 26 de julho de 2018. O inóculo utilizado foi um bioaditivo comercial, composto pelas bactérias *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Bacillus sp.* e *Escherichia hermanii* (Fossaklin, da empresa Bio-Brasil Limpeza Biológica LTDA). A inoculação começou com um “choque” biológico inicial no sistema, adicionando um sachê do produto (12,5 g) por dia durante 4 dias seguidos. Após o choque, a inoculação foi realizada uma vez por semana pelo proprietário. O produto foi aplicado diretamente na válvula de retenção antes da primeira caixa do sistema e a sua inserção era auxiliada pela adição de água na válvula (Figura 1).



Figura 1. Imagens da inoculação da Fossa Séptica Biodigestora com bioativo comercial. (a) Colocação do sachê com inóculo e (b) adição de água para levar o inóculo ao sistema biodigestor.

• **Família Zago (ZAG) - sedimento de brejo**

O sistema foi instalado na propriedade do produtor José Zago, localizada no Sítio São Benedito, estrada velha São Carlos – Descalvado, km 16 (22°03'38,3"S, 47°46'53,7"O) no dia 02 de agosto de 2018. O inóculo utilizado foi o sedimento de uma área alagada natural (brejo) localizada na mesma propriedade. Na primeira inoculação, foram coletados aproximadamente 8 litros de sedimento e aplicados diretamente na válvula de retenção sem nenhum procedimento além da retirada, por decantação rápida, do material grosseiro e do sedimento mais denso. A partir da segunda inoculação, o sedimento coletado foi filtrado com auxílio de um pano, retirando o material grosseiro e descartando o sedimento mais denso. Em seguida, meio copo (aproximadamente 100g) de sal de cozinha comercial (NaCl) era adicionado ao filtrado para auxiliar no processo de sedimentação dos colóides e facilitar a extração dos micro-organismos por meio do aumento da densidade do líquido, da quebra de micro-agregados e da ruptura de interações iônico-moleculares entre a membrana celular e o sedimento mineral. Após 10-15 minutos de reação, o sobrenadante era aplicado no sistema (Figura 2). Este procedimento foi realizado uma vez por mês, durante todo o período do experimento.



Figura 2. Imagens da inoculação da Fossa Séptica Biodigestora com sedimento de brejo. (a) coleta do material, (b) filtragem, (c) colocação de sal de cozinha e (d) colocação do líquido no sistema.

## 2.2. Amostragem

As amostras foram coletadas no terceiro (último) tanque dos sistemas, onde o efluente já passou pelo processo de tratamento. As coletas foram realizadas com o auxílio de uma haste modificada e de maneira que a amostra fosse o mais representativo e homogêneo possível. As coletas foram realizadas conforme a tabela 1.

Tabela 1. Datas das coletas, idade e estado dos sistemas na hora da coleta.

Coleta	Data	Idade do sistema de tratamento (dias)			Aplicação de inóculo alternativo		
		MCT*	ZAG*	SLV*	MCT*	ZAG*	SLV*
1	13/12/2018	138	131	-	NÃO	NÃO	-
2	24/01/2019	182	175	-	SIM	SIM	-
3	25/02/2019	214	207	116	SIM	SIM	NÃO
4	29/04/2019	277	270	179	SIM	SIM	NÃO
5	25/06/2019	334	327	236	SIM	SIM	NÃO

\*MCT = sistema inoculado com bioaditivo comercial; ZAG = sistema inoculado com sedimento de várzea; SLV = sistema sem inoculação.

## 2.3 Análises

Análises de macro (N, K, P, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn), sódio (Na), cloretos, Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, Demanda Química de Oxigênio (DQO), série de sólidos, condutividade elétrica, pH, cor aparente e turbidez, foram realizadas na saída do sistema, de forma a avaliar a qualidade do efluente tratado. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da EESC – USP em São Carlos, seguindo a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e do *Handbook Hach – Water Analysis Handbook* (HACH COMPANY, 1992; APHA; AWWA; WEF, 2017).

### 3. Resultados e Discussão

Segundo as tabelas 2 a 4, as características do efluente tratado mostraram variações com o tempo, dados os valores de desvio padrão da média de cada parâmetro. Estas variações podem ser causadas por múltiplos fatores tais como: maturação biológica do sistema, mudanças alimentares dos usuários ou aumento temporário da frequência de uso dos banheiros (eventos familiares, datas comemorativas, etc.).

Tabela 2. Valores de DBO, DQO, coliformes e sólidos na saída dos sistemas (tanque 3).

Fossa	DBO	DQO	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>	ST*	SST*	SDT*
	mg L <sup>-1</sup>		NPM**/100 mL (x 10 <sup>6</sup> )		mg L <sup>-1</sup>		
MCT	203 ± 76	395 ± 153	4,37 ± 3,13	1,13 ± 1,40	882 ± 228	60 ± 36	822 ± 215
ZAG	81 ± 18	180 ± 43	0,49 ± 0,63	0,02 ± 0,01	657 ± 56	44 ± 26	613 ± 62
SLV	182 ± 14	333 ± 84	2,31 ± 3,98	0,02 ± 0,03	706 ± 70	49 ± 10	657 ± 61

\* ST = Sólidos Totais; SST = Sólidos Suspensos Totais; SDT = Sólidos Dissolvidos Totais. \*\* Número mais provável.

A tabela 2 mostra os valores de concentração de DBO e DQO e valores de coliformes na saída dos sistemas. O sistema MCT foi aquele que apresentou os maiores valores destes parâmetros e a maior variação dos mesmos, dado o elevado valor do desvio padrão. Já o sistema ZAG foi o que apresentou, de forma geral, os menores valores e a menor variação destes parâmetros. Em comparação com os valores obtidos em efluentes tratados por sistemas inoculados com esterco bovino (FAUSTINO, 2007), o sistema ZAG apresenta valores menores de DBO e DQO, enquanto que os sistemas MCT e SLV apresentam valores maiores.

De maneira geral, as maiores concentrações de macronutrientes, sódio, cloretos e sólidos (Tabela 4) foram encontradas no sistema MCT, assim como os maiores valores de condutividade elétrica, cor e pH (Tabela 3). Com relação aos micronutrientes, os sistemas ZAG e SLV apresentaram maiores valores com exceção do manganês. A maior concentração de sólidos, observado no sistema MCT, pode indicar uma entrada maior de material bruto no sistema em comparação aos outros, explicando assim as maiores concentrações de outros parâmetros. Comparando as concentrações obtidas nos efluentes tratados pelos sistemas inoculados com esterco bovino (FAUSTINO, 2007), as concentrações de fósforo total (P) e cálcio (Ca<sup>2+</sup>) são próximas, mas as concentrações de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), potássio (K<sup>+</sup>) e micronutrientes, em geral, são menores.

Tabela 3. Valores médios condutividade elétrica, cor, turbidez e pH do efluente tratado na saída do sistema.

Fossa	Condutividade Elétrica	Cor	Turbidez	pH
	μS cm <sup>-1</sup>	UC	NTU	
MCT	3021 ± 631	1530 ± 794	56,6 ± 37,2	8,3 ± 0,1
ZAG	2129 ± 278	1063 ± 361	71,0 ± 114,0	8,2 ± 0,1
SLV	2597 ± 174	1224 ± 195	69,8 ± 79,1	8,1 ± 0,1

Tabela 4. Valores médios de macro e micronutrientes, sódio e cloretos do efluente tratado na saída do sistema.

Fossa	NTK*	K <sup>+</sup>	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	COT*
	mg L <sup>-1</sup>					
MCT	407 ± 111	73,4 ± 19,2	40,4 ± 36,7	19,26 ± 5,50	8,68 ± 1,14	200,2 ± 50,3
ZAG	264 ± 82	44,0 ± 5,9	55,0 ± 25,7	18,05 ± 5,53	8,03 ± 1,01	129,4 ± 22,5
SLV	300 ± 34	57,1 ± 11,4	35,3 ± 26,7	19,90 ± 2,43	10,47 ± 0,71	167,0 ± 20,0

\*NTK = Nitrogênio Total Kjeldahl; COT = Carbono Orgânico Total; PT = fósforo total.

Tabela 5. Continuação

Fossa	Fe total	Zn <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
	mg L <sup>-1</sup>				
MCT	0,17 ± 0,10	0,148 ± 0,034	0,036 ± 0,041	118 ± 29	170,8 ± 118,4
ZAG	0,40 ± 0,40	0,165 ± 0,060	0,027 ± 0,025	95 ± 6	112,3 ± 61,6
SLV	0,23 ± 0,09	0,174 ± 0,026	0,020 ± 0,008	80 ± 13	73,2 ± 60,0

#### 4. Conclusões

As especificidades do uso da Fossa Séptica Biodigestora em cada propriedade e o tipo de inóculo influenciam a qualidade do efluente tratado. Dada a qualidade do efluente tratado (DBO, DQO, coliformes, sólidos etc.), o sedimento de brejo foi o inóculo que apresentou, até o presente momento, melhor desempenho no tratamento de esgoto no sistema, pelo qual pode ser um possível substituto ao esterco bovino. Pelas características gerais dos efluentes tratados analisados, o seu uso agrícola como fonte de nutrientes e água, deve levar a resultados semelhantes àqueles observados com efluentes de sistemas inoculados com esterco bovino. A confirmação das tendências apresentadas nesse trabalho ocorrerá após o período de 12 meses (dez-2019/jan-2020), para avaliação da eficiência de tratamento nas diferentes condições climáticas do ano e avaliação do comportamento dos parâmetros.

#### Agradecimentos

À Fundação Banco do Brasil pelo apoio financeiro (Projeto 16977 / SEG-Embrapa 10.18.00.033.00.00) e aos produtores rurais, Luiz Donizetti Marcatto, José Zago e Edinaldo Barros da Silva pela disposição e comprometimento com a tecnologia e o projeto.

#### Referências

- APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd. ed. Washington, D.C.: APHA, 2017.
- BODELIER, P. L. E.; DEDYSH, S. N. Microbiology of wetlands. **Frontiers in Microbiology**, v. 4, n. APR, 2013.
- FAUSTINO, A. S. **Estudos Físico-químicos do Efluente Produzido por Fossa Séptica Biodigestora e o Impacto do seu Uso no Solo**. 2007. Universidade Federal de São Carlos, 2007.
- GALINDO, N.; SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; GODOY, L. A.; SOARES, M. T. S.; GALVANI, F. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2010.
- HACH COMPANY. **Water Analysis Handbook**. 2nd. ed. Loveland: Hach Company, 1992.
- NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; INAMASU, R. Y.; JESUS, E. A. P.; MARTIN-NETO, L.; SANTIAGO, G.; DA SILVA, W. T. L. Saneamento Básico na Área Rural. In: SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. (Ed.). **Gestão de Resíduos na Agricultura e na Agroindústria**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006. p. 262 – 275.
- 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 para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2002.
- SILVA, W. T. L. da; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. de. **Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2007.
- SILVA, W. T. L. da; MARMO, C. R.; LEONEL, L. F. **Memorial Descritivo: Montagem e Operação da Fossa Séptica Biodigestora**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017.
- TORRES, I. C.; INGLETT, K. S.; REDDY, K. R. Heterotrophic microbial activity in lake sediments: Effects of organic electron donors. **Biogeochemistry**, v. 104, n. 1–3, p. 165–181, 2011.