

Eixo Temático ET-03-011 - Gestão de Resíduos Sólidos

**SOBREVIVÊNCIA E ADAPTAÇÃO DE MINHOCAS DA ESPÉCIE *E. andrei*, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE LODO EM COMPOSTAGEM**

Luiz Carlos Floriano da Silva; Luis Carlos Vinhas Ítavo

Universidade Católica Dom Bosco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Mato Grosso do Sul

**RESUMO**

A vermicompostagem pode ser considerada uma técnica adicional para o controle de patógenos normalmente presentes em resíduos sólidos orgânicos, com custos relativamente barato, comparado com outros métodos de estabilização de biossólidos. Identifica-se na literatura, divergências de resultados quanto à eficiência da vermicompostagem na estabilização do lodo de esgoto, bem como o registro de dificuldades no desenvolvimento da vermicompostagem, inclusive com mortalidade de minhocas. Um dos pontos-chaves envolve o estágio adequado de compostagem para inoculação das minhocas. O presente trabalho objetivou avaliar a sobrevivência e adaptação de minhocas da espécie *E. andrei*, em função de diferentes concentrações de lodo em compostagem. Foram utilizados três diferentes agentes estruturantes (bagaço de cana, capim napier fresco e triturado e conteúdo ruminal bovino), adicionados em proporções crescentes, ao lodo de esgoto desaguado e submetido a tratamento alcalino. Nas condições da pesquisa, o processo de vermicompostagem pode ser implantado no material em compostagem que contempla lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino, à partir do 45º dia, nas proporções superiores a 70% deste resíduo na mistura. Com exceção das misturas com lodo de esgoto caído que possuem o bagaço de cana em proporções de 70% e 90% e conteúdo ruminal bovino em proporções de 60%, 70%, 80% e 90% não enquadram-se como substrato com "função de habitat limitada".

**Palavras-Chaves:** Vermicompostagem; Conteúdo Ruminal Bovino; Letalidade de Minhocas.

**INTRODUÇÃO**

A vermicompostagem pode ser considerada uma técnica adicional para o controle de patógenos normalmente presentes em resíduos sólidos orgânicos (FINOLA, 1995). Trata-se de um método relativamente barato que apresenta resultados satisfatórios comparado com outros métodos de estabilização de biossólidos (EASTMAN, 2001).

Vários estudos comprovam que a vermicompostagem pode ser uma importante ferramenta para reciclagem de lodo. Silva (2010), alcançou a estabilização do lodo por meio da vermicompostagem e a produção de um material rico em ácidos húmicos, com sensível redução do número de ovos viáveis de helmintos (4,70 ovos/g ST no início, para aproximadamente zero ao término da vermicompostagem), qualificando o material resultante como apto a uso na agricultura, conforme parâmetros da legislação.

Silva et al. (2011), constataram a redução significativa da presença de coliformes fecais em substratos contendo lodo de esgoto com 65,5% de umidade, oriundo de tratamento de efluentes por lodo ativado, utilizado em processo de vermicompostagem.

O índice de eficiência da vermicompostagem indica efeito positivo da ação das minhocas na redução de coliformes fecais. O número inicial de 3500 células bacterianas por grama de resíduo reduziu para 27 células de coliformes totais por grama de lodo após 48 horas da instalação do experimento. A vermicompostagem também reduziu significativamente o número mais provável (NMP) de coliformes fecais em lodo de esgoto. Os autores concluem que a vermicompostagem é mais eficiente que a compostagem na redução de coliformes fecais.

Rolim et al. (1999) avaliaram a compostagem de lodo de esgoto com serragem em diferentes proporções, associado à vermicompostagem com oligoquetas detritívoras *Eudrillus eugeniae*, e alcançaram redução na viabilidade de ovos de helmintos na faixa de 93 a 100% após a fase termófila e de 100% após a vermicompostagem, indicando a viabilidade técnica do processo. Segundo os autores, o resultado deveu-se à grande redução na concentração do oxigênio livre no meio (em torno de 30 vezes inferior a da fase termófila), sendo o principal fator da inativação dos ovos, uma vez que o pH (4,48 a 5,40), a umidade (50%) e a temperatura (20°C) não foram fatores limitantes, apesar de não mostrarem-se ideais.

Além da redução da carga microbiana, a vermicompostagem interfere na concentração de alguns metais pesados presentes no lodo. Antiquera e Almeida (2013) utilizaram a vermicompostagem por um período de 60 dias, como forma de estabilização do lodo de esgoto, em biossólidos resultantes de diferentes proporções de lodo e esterco bovino. Constatou-se a redução da concentração do teor de zinco de 2300 mg.kg<sup>-1</sup> no lodo originário, para valores entre 3,87 e 3,37 nos vermicompostos efetuados nas misturas com esterco bovino e 17,88 mg.kg<sup>-1</sup> no lodo fermentado. O elemento chumbo reduziu de 2335 mg.kg<sup>-1</sup> no lodo originário para valores entre 0,35 e 0,62 mg.kg<sup>-1</sup> no material vermicompostado.

Schirmer (2010), identificou a viabilidade do uso do lodo de esgoto com um mês em leito de secagem, como substrato para criação de minhocas da espécie *E. andrei*, seja como lodo puro ou em misturas com esterco bovino e casca de arroz. Os parâmetros de número de casulos, minhocas jovens e multiplicação de minhocas foram superiores nos tratamentos com lodo puro em relação aos tratamentos com misturas ou demais componentes isolados. A quantidade de coliformes fecais no lodo de esgoto reduziu, permanecendo dentro dos parâmetros estabelecidos por lei, entretanto não foi verificada influência das minhocas no processo. A ação das minhocas não alterou significativamente a qualidade química dos compostos produzidos.

Todavia, Binda et al. (2011) não identificaram eficiência da técnica de vermicompostagem na redução de agentes patogênicos presentes nos lodos de esgoto anaeróbio e aeróbio, desenvolvida em substrato resultante da mistura de 1,5 m<sup>3</sup> de lodo e 0,4 m<sup>3</sup> de folhas. O ensaio foi conduzido por 3 meses após a inoculação de 500 gramas de minhocas Vermelhas da Califórnia (*Eisenia foetida*), ao final do qual se constatou a presença de Coliformes Termotolerantes e ovos viáveis de helmintos em quantidades superiores a 103 NMP/g de ST e 0,25 ovo/g de ST, que é o mínimo tolerado pela Resolução nº 375/2006 (BRASIL, 2006), e a existência de *Salmonella* spp, não sendo viável seu uso na agricultura.

Além da ocorrência de divergências de resultados quanto à eficiência da vermicompostagem na estabilização do lodo de esgoto, identifica-se na literatura, o registro de dificuldades no desenvolvimento da vermicompostagem, inclusive com mortalidade de minhocas. Neto et al. (2013), estudaram a reprodução, desenvolvimento e biomassa de minhocas (*Eudrillus eugeniae*) em função de diferentes diluições de esgoto. Todos os tratamentos tiveram as quantidades remanescentes de minhocas

adultas reduzidas, sendo que as maiores ocorrências de mortalidade das minhocas adultas foram encontradas nos tratamentos que tinham as maiores concentrações de Lodo de Esgoto. Da mesma forma, não ocorreram aumentos significativos na biomassa nas minhocas nos diferentes tratamentos.

**OBJETIVO**

Tendo em vista a importância do conhecimento das condições requeridas de substratos contendo lodo de esgoto destinados ao desenvolvimento da vermicompostagem como técnica eficiente de estabilização de lodo, o presente trabalho objetivou avaliar a sobrevivência e adaptação de minhocas da espécie *E. andrei*, em função de diferentes concentrações de lodo em mistura com agentes estruturantes submetidas a compostagem.

**METODOLOGIA**

O experimento desenvolvido em galpão coberto, entre agosto e setembro de 2014, instalado na área experimental de uso de resíduos na agricultura, da Escola Técnica Estadual Dr José Luiz Viana Coutinho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, em Jales-SP, com as coordenadas geográficas de 20°16' 6" de latitude Sul e 50°32'56" de longitude Oeste, com altitude de 486 metros

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi obtido por processo anaeróbico, sendo considerado lodo ativado, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes da cidade de Cardoso, SP, submetido a desaguamento em estufa plástica com teor de umidade, a 60-65°C, de 4,6% (m/m), cuja composição é descrita nas Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição do lodo de esgoto utilizado no experimento, base seca, da ETE de Cardoso, SP(1).

Parâmetro	Unidade	Resultado
pH (em água 1:10)	-	7,2
Umidade, a 60-65°C	%(m/m)	4,6
Sólidos Totais	%(m/m)	92,2
Sólidos Voláteis	%(m/m)	52,7
Carbono Orgânico	g de C/kg	330
Nitrogênio Kjeldahl	g de N/kg	45,5
Relação C/N	-	7,33

Foram utilizados três diferentes agentes estruturantes (bagaço de cana, capim napier fresco e triturado e conteúdo ruminal bovino), adicionados em proporções crescentes (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%), ao lodo de esgoto desaguado e submetido a tratamento alcalino, constituindo-se um total 27 tratamentos e 4 testemunhas, dos quais foram coletadas amostras no 10°, 30 e 45° dias de compostagem para a inoculação de minhocas.

Visando a identificar possível letalidade do material amostrado às minhocas, instalou-se uma adaptação de bioensaio de toxicidade aguda (normas ISO 11268 1 (ISO, 1993 e ISO 11628-2 (ISO, 1998), consistindo de três repetições de vasos plásticos com tampa perfurada com capacidade de 1000 ml, preenchidos com 700 ml de cada substrato testado, aos quais foram inoculadas cinco minhocas adultas em idade reprodutiva. A umidade dos vasos foi mantida através de irrigação manual, mantendo-se um nível de 60% de umidade, utilizando-se medidor portátil de umidade, marca Instrutherm, pH-2500.

Adicionalmente foi realizado um "Teste de Fuga" ("avoidance test), nos moldes do procedimento proposto por ISO (2002), no 60º dia do processo de compostagem. Para execução deste ensaio, foram utilizados 600 gramas de substrato-teste e um substrato controle, que são dispostos em um único recipiente com o auxílio de um divisor (Figura 1), a fim de avaliar o comportamento de fuga das minhocas. Foram utilizados 10 indivíduos inoculados na linha divisória dos dois substratos. Após 48 horas verificou-se a porcentagem de indivíduos presentes no substrato teste e no substrato controle. Quando menos de 20% dos organismos são encontrados no substrato-teste, considera-se que o mesmo tem "função de habitat limitada" (ISO, 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos bioensaios destinados à identificar a aptidão dos materiais em processo de compostagem à adição de minhocas visando a vermicompostagem encontram-se na Tabela 2.

Observa-se que quinze até o 15º dia após a mistura de lodo de esgoto com qualquer um dos agentes estruturantes e em qualquer proporção entre eles, a taxa de sobrevivência de minhocas foi nula, situação que persiste até o 45º dia de compostagem para a grande maioria dos tratamentos. Os primeiros sinais de redução de letalidade às minhocas por parte do substrato são identificados nos ensaios conduzidos no 30º dia de compostagem, apenas nos tratamentos com até 10% de lodo de esgoto presente na mistura com bagaço de cana e conteúdo ruminal bovino.

No teste desenvolvido no 15º dia, as minhocas mostravam-se extremamente agitadas tão logo eram introduzidas no recipiente, com movimentação frenética em direção à periferia do material e superfície da parede do vaso, vindo a óbito em tempo inferior a 30 minutos nos tratamentos com maior concentração de lodo de esgoto e em 2 horas após a inoculação constatou 100% de mortalidade. Tal comportamento continuou a ser observado no teste realizado no 30º dia e naqueles tratamentos com 100% de mortalidade realizado no 45º dia de compostagem.

A oportunidade de início de um processo de vermicompostagem utilizando tais substratos mostrou-se promissora no material em compostagem que contempla lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino, à partir do 45º dia, nas proporções superiores a 70% deste resíduo na mistura. Nas dosagens contendo 10% de lodo de esgoto, identificou-se a sobrevivência de minhocas já no 30º dia na mistura com bagaço de cana.

Trabalhos conduzidos por Nadolny (2002) e Neto et al. (2013) relatam impacto negativo de concentrações elevadas de lodo de esgoto sobre o desenvolvimento de minhoca, porém, não com o nível de letalidade observados no presente ensaio. Alvarenga et al. (2007) apontaram a concentração elevada de alguns metais presentes no lodo de esgoto e a alta condutividade elétrica como responsáveis pela toxicidade elevada sobre minhocas em teste agudo. Além destes fatores, o pH do substrato no início do processo de compostagem encontrava-se num patamar médio superior a 10,0 (10,34), em decorrência do tratamento alcalino ao qual o lodo de esgoto havia submetido. A estabilização alcalina de lodos tem a propriedade de elevar o pH, a temperatura e produzir NH<sub>3</sub> (BARROS et al., 2006). É provável que amônia, juntamente com a condutividade elétrica elevada e eventualmente a presença de algum metal pesado em concentração letal para minhocas, sejam as responsáveis pela letalidade observada até o 45º dia. Por ocasião do 45º dia de compostagem, os valores médios de pH reduziram-se para patamares próximos a 8 (8,22).

**Tabela 2.** Porcentagem de sobrevivência de minhocas inoculadas em material em compostagem contendo lodo de esgoto caledado, bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino, em diferentes proporções (v:v).

composição do material em processo de compostagem	90 : 10 (v:v)			80 : 20 (v:v)			70 : 30 (v:v)			60 : 40 (v:v)			50 : 50 (v:v)		
	tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)		
	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
lodo caledado e bagaço de cana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lodo caledado e capim napier triturado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lodo caledado e cont. ruminal bovino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
composição do material em processo de compostagem	40 : 60 (v:v)			30 : 70 (v:v)			20 : 80 (v:v)			10 : 90 (v:v)			00 : 100 (v:v)		
	tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)			tempo compostagem (dias)		
	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°	15°	30°	45°
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
lodo caledado e bagaço de cana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3	66,6	0	55,5	100
lodo caledado e capim napier triturado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,2	0	22,2	100
lodo caledado e cont. ruminal bovino	0	0	0	0	0	100	0	0	77,7	0	11,1	100	0	100	100

Os resultados do teste destinado à avaliar o comportamento de fuga das minhocas encontra-se na Tabela 3.

O teste preconiza que, quando menos de 20% dos organismos são encontrados no substrato-teste, considera-se que o mesmo tem "função de habitat limitada". Considerando-se exclusivamente os organismos vivos encontrados em cada substrato ao final do teste, conclui-se que com exceção das misturas com lodo de esgoto caledado que possuem o bagaço de cana em proporções de 70% e 90% e conteúdo ruminal bovino em proporções de 60%, 70%, 80% e 90% não enquadram-se como substrato com "função de habitat limitada".

**Tabela 3.** Comportamento de indivíduos submetidos ao ensaio Teste de Fuga em material em compostagem contendo lodo de esgoto caledado, bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino, em diferentes proporções (v:v).

composição do material em processo de compostagem	90 : 10 (v:v)				80 : 20 (v:v)				70 : 30 (v:v)				60 : 40 (v:v)				50 : 50 (v:v)			
	presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle	
	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas
lodo caledado e bagaço de cana	0	4	0	6	0	3	0	7	0	3	0	7	0	6	0	4	0	6	2	2
lodo caledado e capim napier triturado	0	6	0	4	0	9	0	1	0	6	0	4	0	9	0	1	0	8	0	2
lodo caledado e cont. ruminal bovino	0	9	0	1	0	8	0	2	0	9	0	1	0	4	0	6	1	0	2	7

  

composição do material em processo de compostagem	40 : 60 (v:v)				30 : 70 (v:v)				20 : 80 (v:v)				10 : 90 (v:v)				00 : 100 (v:v)			
	presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle		presentes no substrato teste		presentes no substrato controle	
	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas	vivas	mortas
lodo caledado e bagaço de cana	0	5	0	5	2	5	2	1	0	6	3	1	10	0	0	0	3	0	7	0
lodo caledado e capim napier triturado	0	5	0	5	0	6	0	4	1	3	0	6	0	7	0	3	0	3	0	7
lodo caledado e cont. ruminal bovino	9	0	1	0	10	0	0	0	10	0	0	0	9	0	0	1	10	0	0	0

## CONCLUSÕES

Nas condições da pesquisa, o processo de vermicompostagem pode ser implantado no material em compostagem que contempla lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino, à partir do 45º dia, nas proporções superiores a 70% deste resíduo na mistura.

Nas dosagens contendo 10% de lodo de esgoto, identificou-se a sobrevivência de minhocas já no 30º dia na mistura com bagaço de cana.

Os resultados sinalizam que a amônia, juntamente com a condutividade elétrica elevada e eventualmente a presença de algum metal pesado em concentração letal para minhocas, sejam as responsáveis pela letalidade observada até o 45º dia, já que o tratamento alcalino induz à produção de amônia.

Com exceção das misturas com lodo de esgoto caledado que possuem o bagaço de cana em proporções de 70% e 90% e conteúdo ruminal bovino em proporções de 60%, 70%, 80% e 90% não enquadram-se como substrato com "função de habitat limitada".

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, P.; PALMA, P.; GONÇALVES, A. P.; FERNANDES, R. M.; CUNHA-QUEDA, A. C.; DUARTE, E.; VALLINI, G. Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. **Environmental International**, v. 33, p. 505-513, 2007.
- ANTIQUERA, J. M.; ALMEIDA, T. L. Uso da vermicompostagem na biorremediação de lodo de esgoto. **Anais do 5º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC**, Jahu, p. 184-195, 2013.
- BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S.; ANDREOLI, C. V. Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. **SANARE - Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 24, n. 24, p. 61-69, 2006.

BINDA, J. L. C.; LIMA, M. F.; VIEIRA, P. L. C.; SANTOS, N. A. Eficiência do processo de vermicompostagem na remoção de patógenos de lodo de esgoto. In: Costa, A. N.; Costa, A. F. S. (Org.). **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos**. Vitória, Incaper, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006 – In: Resoluções, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02 maio 2013.

EASTMAN, B. R.; KANE, P. N.; EDWARDS, C. A. TRYTEK, L.; GUNADI, B.; STERMER, A. L.; MOBLEY, J. R. **Compost Science & Utilization**, n. 9, p. 38, 2001.

FINOLA, M.; RODRIGUEZ, C.; BEOLETTI, V. Bacteriologia gastrointestinal de la lombriz *Eisenia foetida* cultivada em cama de pollos parrilleros compostada. **Revista Argentina de Microbiologia**, Buenos Aires, v. 27, n. 4, p. 210-213, 1995.

ISO (International Organization for Standardization), 1993, ISO 11268-1 – Soil quality – effects of pollutants on earthworms (*Eisenia foetida*) – Part 1: determination of acute toxicity using artificial soil substrate. Geneva, ISO.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 11262-1. Soil quality: effects of pollutants on earthworms (*Eisenia foetida*). Part 2: Determination of acute toxicity using soil substrate. Geneva: ISO. 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Draft. Avoidance Test for Testing the Quality of Soils and the toxicity of chemicals - Part 1: Test With Earthworms (*Eisenia foetida*). Geneva, ISO, 2002

NADOLNY, H. S. **Reprodução e desenvolvimento das minhocas (*Eisenia andrei* bouché 1972 e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867)) em resíduo orgânico doméstico**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo).

NETO, A. A.; PERON, A. J.; BRITO, T. R. C.; SILVIERA, M. C. A. C.; PERON, G. M.; RIBEIRO, G. R. S. Reproduction and development of agrican night crawler earthworms (*Eudrilus eugeniae*) in Sewage Sludge produced in the city of Gurupi, State of Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 3, p. 216-221. 2013.

ROLIM, R. R.; SOCCOL, V. T.; KASKANTZIS NETO, G. Aplicação da vermicompostagem no controle patogênico do composto de lodo de esgoto. **SANARE - Revista Técnica da Sanepar**, v. 12, n. 12, 1999.

SCHIRMER, G. K. **Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2010. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo).

SILVA, P. R. D.; LANDGRAF, M. D.; ZOZOLOTTO, T. C.; REZENDE, M. O. O.; PELATTI, I. Estudo preliminar do vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico e solo. **Revista Eclética Química**, v. 35, n. 3, p. 61-67, 2010.

SILVA, P. R. D.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Avaliação do potencial agrônômico de vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 565-571, 2011.