



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LIZA OGAWA

**EFICÁCIA DA COMPOSTAGEM NA ESTABILIZAÇÃO DO
LODO DE ESGOTO COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS
E URBANOS E APLICAÇÃO DOS COMPOSTOS COMO
CONDICIONANTE DE SOLO**

Londrina
2014

LIZA OGAWA

**EFICÁCIA DA COMPOSTAGEM NA ESTABILIZAÇÃO DO
LODO DE ESGOTO COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS
E URBANOS E APLICAÇÃO DOS COMPOSTOS COMO
CONDICIONANTE DE SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal do Centro de Ciência Agrárias (Área de Concentração: Sanidade Animal) da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Italmir Teodorico Navarro
Co-orientadora: Profa. Dra. Roberta Lemos Freire

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O34e Ogawa, Liza.
Eficácia da compostagem na estabilização do lodo de esgoto com
resíduos agroindustriais e urbanos e aplicação dos compostos como
condicionante de solo / Liza Ogawa. – Londrina, 2014.
92 f. : il.

Orientador: Itamar Teodorico Navarro.

Coorientador: Roberta Lemos Freire

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal,
2014.

Inclui bibliografia.

1. Protozoário – Teses. 2. Adubos compostos – Teses. 3. Lodo de esgoto
– Teses. 4. Epidemiologia veterinária – Teses. I. Navarro, Itamar
Teodorico. II. Freire, Roberta Lemos. III. Universidade Estadual de Londrina.
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal. IV. Título.

CDU 616.993

LIZA OGAWA

**EFICÁCIA DA COMPOSTAGEM NA ESTABILIZAÇÃO DO LODO DE
ESGOTO COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E URBANOS E
APLICAÇÃO DOS COMPOSTOS COMO CONDICIONANTE DE
SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal do Centro de Ciência Agrárias (Área de Concentração: Sanidade Animal) da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Doutora

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Dr. Italmir Teodorico Navarro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Lucienne Garcia Pretto Giordano
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Milton Hissashi Yamamura
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Regina Mitsuka Breganó
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Silvia Cristina Osaki
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Londrina, 08 de abril de 2014.

O recurso financeiro para o desenvolvimento deste trabalho foi obtido junto ao órgão de fomento à pesquisa Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi concretizado com a colaboração de muitas pessoas, a quem devo muita gratidão:

A Deus, muito obrigada por tudo!

À minha mãe Toshiko, que sempre foi o pilar da minha vida e dos meus irmãos, em todos os momentos, sempre compreensiva, nos apoiando em nossos melhores e piores momentos. Obrigada Obrigada Obrigada, Mãe!!

Ao meu pai (em nossos corações) pelos seus ensinamentos que até hoje perduram. Saudade sempre.

Às minhas irmãs Iris, Lia e Karina, pela paciência e ajuda em tudo!

Aos meus sobrinhos "ogrinhos" Guilherme e Fernanda, pela alegria e risadas!

Ao Prof. Dr. Itamar Teodorico Navarro e Profa. Dra. Roberta Lemos Freire, pela amizade, orientação, incentivo, compreensão, muita paciência e ensinamentos desde a minha graduação, mestrado e agora doutorado! Vocês são exemplos para mim, e para muitas pessoas!! MUITÍSSIMO Obrigada!

Aos Professores Roberta Lemos Freire, Ademir Benedito da Luz Pereira e Regina Mistuka Breganó, pela participação da banca de qualificação e pela contribuição na escrita da tese.

Aos Professores Lucienne Garcia Pretto Giordano, Milton Hissashi Yamamura, Regina Mitsuka Breganó e Silvia Cristina Osaki, pela alegria de tê-los em minha banca de doutorado e pelas sugestões na escrita da tese.

Ao Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto pela amizade, orientação, auxílio na área microbiológica, físico-química e estatística, e pela enorme contribuição na escrita e entendimento dos artigos.

À Profa. Dra. Conceição Aparecida Cossa e Profa. Dra. Maria Aparecida da F. Sorace pelo auxílio no desenvolvimento da técnica de germinação.

À Roberta dos Santos Toledo, Jonatas Campos de Almeida, José Maurício Ferreira Neto, Maira Moreira dos Santos, Victor Bittencourt Dutra Tabacow e Flávio Medeiros Paz e Silva, pela ampla ajuda na área de biologia molecular.

À Juliana Tracz Pereira pelo auxílio no desenvolvimento da análise parasitológica.

Ao Gilberto Bueno Demétrio pela colaboração na interpretação das análises físico-químicas.

Ao Ronaldo Tamanini e Anna Carolina Pires de Campos pela colaboração na parte estatística e microbiológica.

À Fernanda Maria de Oliveira Dias, Jéssica Davanço Alvarenga e Elenira de Souza e Silva pela amizade e enorme ajuda no desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Amauri Alcindo Alfieri, coordenador do curso de pós-graduação em Ciência Animal, por sua competência e contribuição que tem dado ao curso.

À Flora Satiko Kano, Claudia Yurika Tamehiro e Silvia Cristina Osaki, pela amizade sempre, pelas palavras de conforto, apoio, conselhos e pelas muitas gargalhadas compartilhadas!

Ao Anderson Barbosa de Moura, Elisabete Takiuchi, Eliane Miike, Alessandra Hasegawa, Maria Alice Castilho, Edmar Honorato da Silva, Marcia de Aguiar Ferreira, Marlise Pompeo Claus, pela amizade e apoio sempre!!

À comunidade universitária da UEL: Daisy Pontes Netto, Mara Regina Stipp Balarin, Vanerli Beloti, Ademir Benedito da Luz Pereira, Regina Mitsuka Breganó, João Luis Garcia, Milton Hissashi Yamamura, Lucienne Garcia Pretto Giordano, Aline Artioli Machado Yamamura, Ana Paula F.R.L. Bracarense, Antonio Carlos Faria dos Reis, Odilon Vidotto, José da Silva Guimarães Junior, Kerlei Cristina Médici, Nilva Maria Freres Mascarenhas, Maria Isabel Mello Martins, Suely Nunes Esteves Beloni (*in memorian*), Alice Fernandes Alfieri, Helenice Kieski, Ronaldo Tamanini, José Aldevino de Carvalho, Valdecir Gomes da Silva, Dalíria do Prado Renzo (*in memorian*), Maria Yoshie Yoshikawa, Beatriz de Souza Lima Nino, Elizabete Regina Marangoni Marana, Aldair Calistro de Matos, Aparecida Maria de Oliveira, Dalva Maria Navarro Fabricio, Eliana Celia Pereira, Maria José Rodrigues da Silva, Eidi Yoshihara, Felipe Nael Seixas, Letícia Sayuri Murate, Michele Salmon Frehse, Roberta dos Santos Toledo, Thais Monica Cabral, Fernanda Evers Rizzo, Aline Kuhn Sbruzzi Pasqualli, Sérgio Tosi Cardim, Alessandra Taroda, Aline Benitez, Luiz Daniel de Barros, Jonatas Campos de Almeida, Sthefany Pagliari, Victor Bittencourt Dutra Tabacow, José Maurício Ferreira Neto, Maira Moreira dos Santos, Dauton Luiz Zulpo, Hannah Lia Ettiene Peruch Lemos dos Santos, Elis Lorenzetti, e

estagiários da Protozoologia e Preventiva, pelo enorme carinho, simpatia e amizade!!

À comunidade universitária da UENP/CLM: Claudia Yurika Tamehiro, Maria Imaculada da Silva, Marly Candido, Reginaldo de Cássio da Silva, Jean Carlos Eugenio, Izabel Cristiane Orsini, Rogério Salvador, Eder Paulo Fagan, Petrônio Pinheiro Porto, Emilia de Paiva Porto, Marcos Augusto Alves da Silva, Anna Carolina Pires de Campos, Giancarlo Dalla Costa, Cristiano Massao Tashima, Flavio Haragushiku Otomura, Laila Herta Mihsfeldt, Nina Maria Silva Risso, Hatiro Tashima, Nair Mieko Takaki Bellettini, Luciane Holsback Silveira Ferttonani, Ellen de Souza Marquez, Mariza Fordellone Rosa Cruz, Francielle Gibson da Silva Zacarias, Emiliana Cristina Melo, Simone Cristina Castanho Sabaini de Melo, Natália Maria Maciel Guerra Silva, Iolanda Paduam e Thiago Ferreira de Aguiar, meu muitíssimo obrigada pela ajuda, apoio e compreensão nesta etapa da minha vida.

Ao Prof. Ely Tadachi Ueno e Izabel Cristina Moro Ueno (*in memorian*) e filhos Thiago e Cinthia pela amizade e por sempre me receber de portas abertas em suas casas.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE/Bandeirantes) e Usina Bandeirantes S/A, pelo fornecimento do lodo de esgoto e bagaço de cana.

Aos meus queridos Gato, Pitty, Mel e “agregadas” Bombom e Fifi, pelo companheirismo e alegria que sempre me proporcionam!!

A todos que de uma maneira direta ou indireta ajudaram a construir este trabalho.

OGAWA, L. **Eficácia da compostagem na estabilização do lodo de esgoto com resíduos agroindustriais e urbanos e aplicação dos compostos como condicionante de solo.** 2014. 92 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

O presente trabalho objetivou a higienização de compostos do lodo de esgoto com resíduos agroindustriais e urbanos e a utilização destes produtos como condicionadores de solo. O lodo de esgoto (LE) foi misturado com resíduos de bagaço de cana (BC), poda de árvore (PA), cama de frango (CF) e aparas de grama (G), obtendo-se os tratamentos (T): T1 (LE+BC), na proporção 1 de lodo de esgoto para 1,5 de BC), T2 (LE + BC + PA, 1:2:1,5), T3 (LE + BC + G, 1:2,5:1), T4 (LE + BC + CF, 1:3:1) e T5 (LE + BC + PA + G, 1:2:0,5:0,5). A mistura/tratamento foi baseada na relação Carbono/Nitrogênio (C/N), próximo de 30/1, de cada resíduo. Os tratamentos foram distribuídos em cinco caixas de 300 litros mantidas a céu aberto, para compostagem estática durante 280 dias. A temperatura da massa dos tratamentos foi aferida diariamente. As amostras foram coletadas a cada 15 dias, para pesquisa de coliformes termotolerantes (técnica de tubos múltiplos) e ovos de helmintos (técnica de Yanko), e mensalmente, para pesquisa de (oo)cistos (técnica de centrífugo-flutuação em sacarose e sulfato de zinco) e de material genômico (*Nested-PCR* e sequenciamento) dos protozoários *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp. Ao final da compostagem foram mensurados os parâmetros físico-químicos (pH, umidade, sólidos totais e voláteis, macro e micronutrientes e metais pesados) dos compostos. Para averiguar o uso dos compostos como melhoradores de solo, foi executado o teste de germinação com sementes de alface americana. Empregou-se como substrato a mistura de solo, areia e os tratamentos do LE em três proporções (v/v/v) 1:1:0,5, 1:1:1 e 1:1:2. Areia foi aplicada como controle e a contagem de sementes germinadas foi diária. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram exposição de radícula, e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação. Com o número de sementes germinadas por dia, calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG). A análise dos resultados permitiu observar que as temperaturas máximas aferidas na fase termofílica dos compostos variaram entre 55 a 64,8°C, e aos 280 dias apresentaram redução do peso em 27% (T1), 48% (T2), 63% (T3), 66% (T4) e 64% (T5). Foi constatada a ausência de coliformes termotolerantes a partir de 98 dias (T4), 126 (T1), 196 (T3 e T5), e aos 210 dias (T2). Em todos os tratamentos houve inviabilização de ovos de helmintos, ausência para (oo)cistos de protozoários, e apenas duas amostras (T4 e T5), após sequenciamento, exibiram identidade para *G. duodenalis*. Todos os compostos de lodo de esgoto expressaram valores conforme exigidos pela legislação, quanto à matéria orgânica, carbono, nitrogênio e metais pesados, distinguindo quanto aos teores de macro e micronutrientes. As maiores porcentagens de germinação nas proporções testadas, e o maior valor de índice de velocidade de germinação foram obtidos pelo T2. Os substratos com T1 e T4 apresentaram toxicidade elevada às sementes, com germinação inferior ao controle (areia pura). Conclui-se que o processo de compostagem foi efetivo na redução de patógenos nas misturas de lodo de esgoto avaliadas, e compostos com podas de árvore (T2) e aparas de grama (T3) podem atuar como condicionadores de solo.

Devem ser realizados estudos sobre a viabilidade de protozoários patogênicos durante a compostagem, para a indicação no uso do biossólido sem riscos à sanidade humana e animal.

Palavras-chave: lodo de esgoto. Compostagem. Temperatura. Poda de árvore. Aparas de grama.

OGAWA, L. **Effectiveness of compost stabilization of sewage sludge with agro-industrial and urban wastes and application of compounds such as soil conditioner**. 2014. 92 p. Thesis (Doctorate Degree in Animal Science). Londrina State University, Londrina, 2014.

ABSTRACT

The present work aimed to sanitizing compounds of sewage sludge with agro-industrial and urban waste and the use of these products as soil conditioners. Sewage sludge (SS) was mixed with sugar cane bagasse (CB), tree pruning (TP), poultry litter (PL) and grass shavings/clippings (G), yielding treatments: T1 (SS+CB in proportion 1 of sewage sludge to 1.5 CB), T2 (SS + CB + TP, 1: 2: 1.5), T3 (SS + CB + G, 1: 2.5: 1), T4 (SS+ CB + PL, 1: 3: 1) and T5 (SS + CB + TP + G, 1: 2: 0.5: 0.5). The mixture/treatment was based on the C/N ratio of each residue. The treatments were distributed in five boxes of 300 liters and maintained uncovered for static composting for 280 days. The temperature was measured daily. Samples were collected every 15 days, for research of thermotolerant coliforms (multiple tube technique) and eggs of helminths (Yanko), and monthly, for research of (oo)cysts (centrifugal flotation technique in sucrose and zinc sulphate) and genomic material (Nested-PCR and sequencing) of protozoa *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. At the end of the composting were measured the physical and chemical parameters (pH, humidity, total and volatile solids, macro and micronutrients and heavy metals) of the compounds. To investigate the use of compounds as soil enhancers, was executed the germination test with American lettuce seeds. It was used as the substrate mixture of soil, sand and SS's treatments in three proportions (v/v) 1: 1: 0.5, 1: 1: 1 and 1: 1: 2. Sand was applied as control and counting of germinated seeds was daily. Were considered germinated seeds that showed the radicle exposure, and the results were expressed as percentage of germination. With the number of germinated seeds a day, it has been estimated the germination speed index (IVG). The analysis of the results allowed to observe maximum temperatures measured in phase termofilic during composting ranged from 55 to 64.8°C and at 280 days presented weight reduction in 27% (T1), 48% (T2), 63% (T3), 66% (T4) and 64% (T5). It was noted the absence of thermotolerant coliforms from the 98 days of composting (T4), 126 (T1), 196 (T3 and T5), and 210 days (T2). In all treatments had no helminth eggs, absence for (oo)cysts of protozoa, and only two samples (T4 and T5), after sequencing, exhibited identity for *G. duodenalis*. All compounds of sewage sludge values expressed as required by law, as the organic matter, carbon, nitrogen and heavy metals, distinguishing for the levels of macro and micronutrients. The highest germination proportions tested, and highest values of germination speed index were obtained by T2. The substrates with T1 and T4 showed high toxicity to seed, under the control (pure sand) germination. We conclude that the composting process was effective in reducing pathogens in mixtures of sewage sludge evaluated, and compounds with pruning tree (T2) and grass clippings (T3) can act as soil conditioners. Studies on the viability of pathogenic protozoa during composting, must be carried out to indicate the use of biosolids without risks to human and animal health.

Key-words: Sewage sludge. Composting. Temperature. Tree pruning. Grass shavings.

LISTAS DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

- Figura 1** – Evolução da temperatura em uma leira de compostagem.....21
- Figura 2** – Revolvedor industrial de leiras.....23
- Figura 3** – Aeração forçada por injeção de ar com uso de compressor.....23

ARTIGO 1

- Figura 1** – Variação da temperatura (°C) dos tratamentos do lodo de esgoto doméstico registradas nos 280 dias de compostagem47

APÊNDICES

- Figura 1** – Vista aérea das lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR70
- Figura 2** – Lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR (a-c)70
- Figura 3** – Coleta do lodo de esgoto na lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR (a-b).....71
- Figura 4** – Secagem do lodo de esgoto coletado na lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR71
- Figura 5** – Caixas com as cinco misturas/tratamentos no dia zero de compostagem (23/02/2013).....72
- Figura 6** – Caixas com misturas/tratamentos no dia zero de compostagem (23/02/2013)72
- Figura 7** – Caixas com misturas/tratamentos aos 280 dias de compostagem (30/11/2013)73

Figura 8 – Peneiração das misturas/tratamentos após 280 dias de compostagem (30/11/2013).....	74
Figura 9 – Evolução da temperatura máxima e mínima (°C) do tratamento 1 (lodo de esgoto + bagaço de cana), temperatura média ambiental (°C) e pluviosidade (mm) em função do tempo (dias) de compostagem	75
Figura 10 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 2 (lodo de esgoto + bagaço de cana + poda de árvore), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem	76
Figura 11 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 3 (lodo de esgoto + bagaço de cana + aparas de grama), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem	77
Figura 12 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 4 (lodo de esgoto + bagaço de cana + cama de frango), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem	78
Figura 13 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 5 (lodo de esgoto + bagaço de cana + poda de árvore + aparas de grama), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem	79
Figura 14 – Produtos de amplificação pela <i>nested-PCR</i> , com 292-297 pares de bases, visualizados por separação eletroforética em gel de agarose (1,5%). (A) canaletas 37 a 68, (B) canaletas 69 a 100	80
Figura 15 – Germinação de sementes de alface americana em areia e tratamento 2 (LE+BC+PA) na proporção 1:1:1 (solo:areia:T2) de acordo com o tempo (dias). (A) dia zero, (B) 4 dias, (C) 7 dias	81

LISTAS DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1 – Concentração máxima permitida de elementos potencialmente tóxicos no lodo de esgoto ou produto derivado no Brasil	25
Tabela 2 – Substâncias orgânicas tóxicas a serem determinadas no lodo de esgoto ou produto derivado e no solo	26
Tabela 3 – Principais microrganismos patogênicos relatados no lodo de esgoto	28
Tabela 4 – Porcentagem de redução de microrganismos patogênicos no esgoto em sistemas de tratamento	28
Tabela 5 – Tempo de exposição e temperaturas necessárias para destruição de microrganismos patogênicos no biossólido	29
Tabela 6 – Concentração máxima permitida de microrganismos patogênicos no lodo de esgoto e produto derivado	30
Tabela 7 – Variação na concentração do número ovos de helmintos por grama de matéria seca (g.MS^{-1}) do lodo de esgoto bruto	30
Tabela 8 – Especificação granulométrica de fertilizantes orgânicos	33

ARTIGO 1

Tabela 1 – Logaritmo do número mais provável de coliformes termotolerantes ($\log \text{NMP}/100\text{mL}$), pela técnica de tubos múltiplos, dos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com o tempo (dias) de compostagem	49
Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos dias zero e 280 dias de compostagem do lodo de esgoto	50

ARTIGO 2

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos dos tratamentos de lodo de esgoto aos 280 dias de compostagem e valores de referência	60
--	----

Tabela 2 – Substâncias orgânicas tóxicas (metais pesados) dos tratamentos de lodo de esgoto aos 280 dias e valores de referência	61
Tabela 3 – Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Lactuca sativa</i> em diferentes composições de substratos e dosagem dos tratamentos de lodo de esgoto.....	63

APÊNDICE

Tabela 1 – Logaritmo do número mais provável de coliformes totais (log NMP/100mL), pela técnica de tubos múltiplos, dos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com o tempo (dias) de compostagem.....	82
Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com os dias de compostagem	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
REFERENCIAL TEÓRICO	19
1 LODO DE ESGOTO	19
2 COMPOSTAGEM	20
2.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	22
2.2 CONTAMINANTES	24
2.2.1 Substâncias Potencialmente Tóxicas	24
2.2.2 Microrganismos Patogênicos	27
2.3 QUALIDADE DO COMPOSTO	31
REFERÊNCIAS	33
OBJETIVOS	38
OBJETIVO GERAL	38
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
ARTIGOS	39
ARTIGO 1: EFICÁCIA DA COMPOSTAGEM NA ESTABILIZAÇÃO DE LODO ESGOTO URBANO	40
Resumo	40
Abstract	41
Introdução	41
Preparo dos Tratamentos do Lodo de Esgoto e Resíduos Agroindustriais e Urbanos	42
Análises Microbiológicas e Parasitológicas	43
Pesquisa de <i>Cryptosporidium</i> spp e <i>Giardia</i> spp	44
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	45
Conclusão	51
Referências	51
ARTIGO 2: USO DE COMPOSTOS DE LODO DE ESGOTO COMO CONDICIONANTES DE SOLO	54

Resumo.....	54
Abstract.....	55
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	56
Resultados e Discussão.....	58
Conclusão.....	64
Referências.....	64
CONCLUSÃO.....	68
APÊNDICES.....	69
ANEXOS.....	86
ANEXO A – Normas para publicação da Revista Environmental Research (Artigo 1).....	87
ANEXO B – Normas para publicação da Revista Waste Management & Research (Artigo 2).....	90

INTRODUÇÃO

O lodo originado das estações de tratamento de esgoto (ETE) é considerado um problema ecológico/ambiental, visto que quando não tratado e utilizado incorretamente, pode gerar transtornos para a saúde humana e animal (GUILHERME, 1998; MALTA, 2001).

Dependendo da tecnologia do sistema de tratamento de esgoto, pode-se reaproveitar o lodo como condicionante em solos agrícolas e/ou fertilizante orgânico, já que contém em sua composição matéria orgânica, melhorando as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, e nutrientes, que favorecem o desenvolvimento das plantas (ANDREOLI; PEGORINI, 2003; BARROS et al., 2006).

Os lançamentos de esgoto em rios ou mesmo o aproveitamento de efluentes ou lodo de esgoto não tratados agravam em muito o problema de saúde pública e ao meio ambiente, principalmente quando reutilizados em irrigação e/ou adubação de plantações (GUILHERME, 1998; CARVALHO et al., 2003).

Quando não tratado adequadamente, o lodo pode conter substâncias tóxicas, como os metais pesados, e microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos (FERNANDES; SILVA, 1999; THOMAZ-SOCCOL et al., 2000). A detecção acima do limite estabelecido pela legislação de metais pesados, ovos de helmintos e coliformes termotolerantes é a principal limitação no uso agrícola de biossólidos (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; ILHENFELD, 1999; FERNANDES; SOUZA, 2001).

As parasitoses intestinais estão intimamente relacionadas às condições sanitárias e representam um importante problema de saúde pública nos países subdesenvolvidos (GURGEL et al., 2005). Sua ocorrência depende do parasito envolvido, quanto à sua forma evolutiva e transmissibilidade, além do meio ambiente que pode favorecer ou não a sua sobrevivência fora do seu hospedeiro (ZERBINI et al., 1999).

Exames parasitológicos e moleculares são utilizados para detectar a presença de parasitas e/ou estimar a carga parasitária no lodo de esgoto. Além disso, o lodo de esgoto pode atuar como indicador epidemiológico das parasitoses, possibilitando a quantificação da contaminação ambiental e a identificação de riscos de transmissão para o homem (THOMAZ-SOCCOL et al., 2000).

Cryptosporidium spp e *Giardia* spp são protozoários cosmopolitas, causadores de diarreia em humanos e animais, e com grande potencial de veiculação hídrica (XIAO et al., 2004; THOMPSON, 2004). Estes parasitas podem resistir por longos períodos no meio ambiente. A presença destes protozoários tem sido comumente descrita em amostras ambientais que incluem os resíduos gerados no tratamento, como o lodo de esgoto (SANTOS et al., 2007).

Na compostagem, a matéria orgânica do lodo bruto é degradada pela ação de microrganismos, e a alta temperatura do processo contribui para a higienização do lodo de esgoto, com a inviabilização de patógenos, gerando um produto final de odor aceitável e de manipulação fácil (FERNANDES; SILVA, 1999). Neste processo, devem-se monitorar os parâmetros físico-químicos, de metais pesados, microbiológicos e parasitológicos, visando o uso seguro do biossólido (produto orgânico processado do lodo de esgoto que pode ser reutilizado).

Assim, pode-se sugerir a compostagem para a reciclagem do lodo de esgoto e outros resíduos agroindustriais e urbanos, o que será de grande importância para a realização de ações coordenadas de Saúde Pública e Órgãos relacionados, voltados para a população. O uso deste composto orgânico com segurança ambiental e sanitária, obtida por meio do monitoramento microbiológico, parasitológico e físico-químico, pode promover a melhoria no aumento de produtividade das culturas, beneficiando o produtor rural.

REFERENCIAL TEÓRICO

1 LODO DE ESGOTO

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico ocasionaram um aumento na produção agropecuária e industrial, com a finalidade de fornecimento de alimentos para o consumo desta população. Com isto, houve uma grande produção de resíduos gerados, tanto industrial quanto doméstico, necessitando de formas corretas de coleta, tratamento e disposição, visto que o descarte inapropriado destes resíduos pode gerar problemas de saúde pública, animal e ambiental (VALENTE et al., 2009; HECK et al., 2013).

Em 2008 estimou-se que, no Brasil, 34,8 milhões (18%) de pessoas estavam expostas ao risco de adquirir doenças devido à ausência de rede coletora de esgoto. Dos municípios com tratamento de esgoto sanitário realizado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), o lodo gerado teve como destino final rios e/ou mar, terreno baldio, aterro sanitário, ou era incinerado ou reaproveitado (BRASIL, 2010).

A produção de lodo no Brasil está estimada entre 150 a 220 mil toneladas por ano (PEDROZA et al., 2010). Como o resíduo coletado do sistema de tratamento de esgoto, na maioria das cidades brasileiras, é despejado nos rios e mares, gera importante impacto ambiental. Devido a isso, leis ambientais fazem com que as operadoras de saneamento desenvolvam alternativas para disposição deste resíduo (ROCHA; SHIROTA, 1999; ANDREOLI; PEGORINI, 2003; VALENTE et al., 2009).

O resíduo líquido domiciliar e industrial que chega à ETE é separado por diferentes processos. Inicialmente o líquido atravessa uma grade e uma caixa de areia, onde ficam retidas as partículas mais grosseiras e as partículas minerais pesadas. Estas partículas geradas nesta fase devem ser depositadas em aterro sanitário e não misturadas ao lodo. A seguir, ocorre o tratamento primário, onde as partículas em suspensão passam por um decantador, sedimentam, produzindo o lodo primário ou lodo digerido (KIEHL, 1985; FERNANDES; SILVA, 1999).

Dependendo da estrutura da ETE, o efluente gerado no tratamento primário pode passar por um processo biológico para remoção do material orgânico do esgoto, gerando o lodo ativado. O tratamento secundário pode ser por filtro

biológico, tanque de lodo ativado, lagoa aerada, lagoa de estabilização, entre outros (KIEHL, 1985; FERNANDES; SILVA, 1999).

Os lodos gerados apresentam uma alta concentração de patógenos, são altamente instáveis, o que gera problemas de odores e atração de roedores, insetos e outros vetores de agentes patogênicos, e com grande potencial de fermentação (KIEHL, 1985; FERNANDES; SILVA, 1999).

Dentre as possibilidades de destinação do lodo de esgoto, incluem a disposição em aterros sanitários, incineração, utilização agrícola e industrial (fabricação de tijolos e cerâmicas), entre outros (FERNANDES; SILVA, 1999).

O lodo de esgoto contém nutrientes para o desenvolvimento das plantas e matéria orgânica para o solo. Em contrapartida, como o lodo de esgoto contém microrganismos patogênicos e metais pesados, a sua disposição no solo deverá ser de forma segura, em níveis que não apresentem riscos à saúde pública (FERNANDES; SILVA, 1999; PAREDES FILHO, 2011; HECK et al., 2013).

Os tratamentos propostos para diminuir os patógenos do lodo de esgoto aos níveis aceitáveis pela legislação são: calagem, compostagem, vermicompostagem, pasteurização, irradiação, entre outros. Destas alternativas a compostagem tem se mostrado como uma das mais eficientes para destruição de microrganismos patogênicos (ILHENFELD, 1999; TAMANINI, 2004; BETTIOL; CAMARGO, 2006), e será descrita a seguir.

2 COMPOSTAGEM

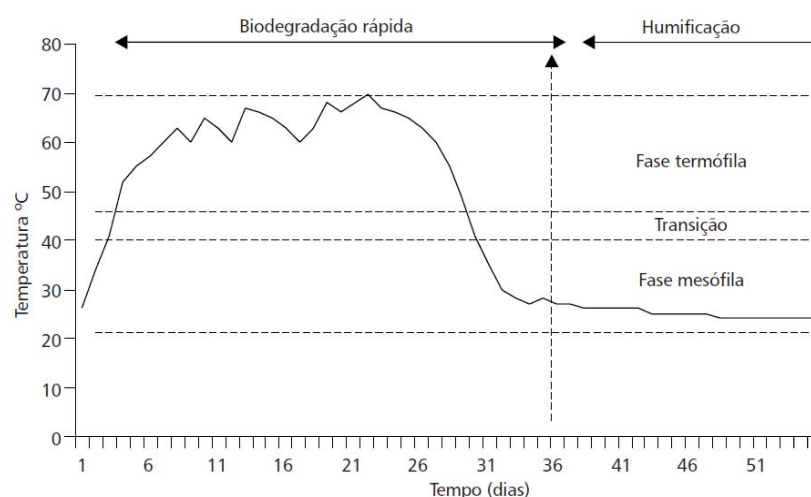
A compostagem é um processo de decomposição e estabilização biológica que permite a associação de vários resíduos urbanos e agroindustriais, e que tem como vantagens: favorecer a economia de área em aterro sanitário (aumentando a sua vida útil), reaproveitamento agrícola da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes para o solo, entre outros (FERNANDES; SILVA, 1999; PAREDES FILHO, 2011).

Na compostagem são degradados os materiais orgânicos do lodo bruto, pela ação de microrganismos em um ambiente aerado, gerando um composto de odor aceitável, de manipulação fácil e com microrganismos patogênicos inviabilizados (FERNANDES; SILVA, 1999).

Pode ser realizada pelos sistemas de leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas ou sistema fechado ou de reatores biológicos. No sistema de leiras revolvidas a mistura de lodo de esgoto e resíduo estruturante é disposta em leiras com aeração dada pelo revolvimento manual ou mecânico e da difusão do ar. No sistema de leiras estáticas aeradas o material a ser compostado é disposto sobre tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar da massa, sem revolvimento das leiras. No sistema fechado o material é colocado dentro de reatores, em sistema mecânico especializado, que permite o controle automatizado de todo o processo de compostagem (FERNANDES; SILVA, 1999).

No início da compostagem, os microrganismos mesófilos (temperatura ótima de crescimento entre 25 a 40°C) presentes no lodo de esgoto puro ou misturado aos outros resíduos (serragem, poda de árvore, bagaço de cana, cama de frango, entre outros) degradam a matéria orgânica, gerando calor, aumentando assim, gradativamente a temperatura do meio. Esta elevação de temperatura favorece a proliferação de microrganismos termófilos (temperatura ótima entre 50 a 55°C), que realizam a degradação (ou bioestabilização) da matéria orgânica e auxilia na eliminação de microrganismos patogênicos. Na fase termófila (que pode durar de poucos dias a vários meses, de acordo com as características químicas do material a ser compostado), o ideal é manter a temperatura do composto entre 55 a 65°C. A figura 1 ilustra a influência da temperatura no processo de compostagem (FERNANDES; SOUZA, 2001; CORRÊA et al., 2007; PAREDES FILHO, 2011).

Figura 1 – Evolução da temperatura em uma leira de compostagem



Fonte: Fernandes; Souza (2001)

Quando a matéria orgânica estiver em sua grande parte degradada, ocorre uma diminuição dos termófilos e, conseqüentemente, o decréscimo da temperatura e novamente a proliferação de mesófilos. Inicia-se o processo de maturação, com duração de semanas a meses, onde ocorre a polimerização de moléculas orgânicas estáveis (humificação), gerando um composto sem efeito inibitório ou tóxico às plantas ou solo (FERNANDES; SOUZA, 2001; CORRÊA et al., 2007). De acordo com Kiehl (2012), ao final da compostagem são produzidos sais minerais (que contêm os nutrientes para as raízes das plantas), e húmus (que atua como condicionador de solo).

Para o desenvolvimento aceitável da compostagem e, conseqüentemente, a produção de um produto de valor fertilizante ou condicionador de solos, é importante o monitoramento e controle de parâmetros físico-químicos, metais pesados, microbiológicos e parasitológicos, objetivando a utilização segura do biossólido (FERNANDES; SILVA, 1999; ILHENFELD, 1999).

2.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos necessários para a compostagem são: relação Carbono/Nitrogênio (C/N), aeração, granulometria (dimensão das partículas), umidade, temperatura e potencial hidrogeniônico (pH). A eficácia da compostagem é baseada na interdependência e no inter-relacionamento desses parâmetros (PEIXOTO, 1988 apud VALENTE et al., 2009).

A relação C/N é a melhor caracterização do equilíbrio do material a ser compostado, pois os microrganismos heterotróficos dependem de carbono como fonte de energia e nitrogênio para síntese de proteínas. Uma relação de C/N ideal no início da compostagem deve variar entre 20 a 30 (20 a 30 unidades de Carbono para uma unidade de Nitrogênio) (FERNANDES; SILVA, 1999; VALENTE et al., 2009).

O lodo de esgoto apresenta relação C/N entre 5/1 a 11/1 (5 a 11 unidades de C para 1 unidade de N), e por isso deve ser misturado com um resíduo estruturante que complemente esta relação (rico em carbono e pobre em nitrogênio). Podem ser citados como resíduos estruturantes o produto da poda de árvores (relação C/N 46), bagaço de cana de açúcar (235), serragem de madeira (490), aparas de grama (38), entre outros (FERNANDES; SILVA, 1999; INÁCIO, 2010).

A aeração, durante a compostagem, tem o intuito de favorecer o desenvolvimento microbiano, controlar a temperatura de compostagem; influenciar a velocidade de degradação da matéria orgânica; diminuir a liberação de odores, e reduzir o excesso de umidade do composto (VALENTE et al., 2009). Pode ser realizada por revolvimento com auxílio de pá ou com revolvedor industrial (Figura 2) ou da injeção ou aspiração do ar no material a ser compostado (Figura 3) (FERNANDES; SILVA, 1999).

Para garantir uma boa aeração da biomassa, é preciso mensurar a granulometria dos resíduos, que pode ser definida como a proporção relativa dos diferentes tamanhos de partículas existentes e separáveis por peneiramento. Quando o material a ser compostado exibe granulação muito fina e está parcialmente desidratado, apresenta-se em um aspecto pastoso, o qual dificulta a dispersão do ar pela compactação, proporcionando um meio de anaerobiose. O tamanho adequado do resíduo deve variar entre 2,5 a 7,5 centímetros (cm) por 1 cm (FERNANDES; SOUZA, 2001; KIEHL, 2012).

Figura 2 – Revolvedor industrial de leiras.



Fonte: <http://agriculturainfoco.blogspot.com.br/2012/05/compostagem-aproveitamento-do-lixo.html>

Figura 3 – Aeração forçada por injeção de ar com uso de compressor.



Fonte: Guerra (2010)

O teor ideal de umidade para a compostagem varia entre 50 a 60%, favorecendo a atividade metabólica dos microrganismos. Um baixo teor de umidade

(abaixo de 40%) inibe a ação destes e, ao contrário (acima de 65%), gera um processo de decomposição mais lento, devido ao impedimento da passagem do oxigênio, tornando o meio com áreas de anaerobiose (ILHENFELD, 1999; RICHARD et al., 2002 apud VALENTE et al., 2009).

A temperatura evidencia a atividade microbiana dentro do composto, e assim, a eficácia do processo de compostagem. Nos primeiros dias de compostagem, se a temperatura estiver entre 40 a 60°C, é indicativo que a compostagem está bem equilibrada quanto aos parâmetros (pH, relação C/N e umidade) (FERNANDES; SILVA, 1999).

O pH em níveis extremos (muito ácido ou básico) diminui ou inibe a ação microbiana no composto. O pH ótimo para os microrganismos varia entre 5,5 a 8,5. No início da compostagem a reação é levemente ácida (5,0 a 6,0) e ao longo do tempo do tratamento, durante a fase termófila, o pH aumenta (7,5 a 9,0), e na fase de maturação o composto apresenta pH próximo ao da neutralidade (7,0) (VALENTE et al., 2009).

2.2 CONTAMINANTES

Para a utilização segura do biossólido, devem ser monitorados os parâmetros de substâncias potencialmente tóxicas, microbiológicos e parasitológicos, de acordo com os limites especificados pela legislação brasileira (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; ILHENFELD, 1999; FERNANDES; SOUZA, 2001). A seguir serão comentados os principais contaminantes do lodo de esgoto e produtos derivados.

2.2.1 Substâncias Potencialmente Tóxicas

O lodo de esgoto doméstico apresenta pouca quantidade de metais pesados (elementos químicos com massa específica maior que 6,0 g/cm³), ao contrário quando ocorre contaminação do esgoto industrial (laboratórios fotográficos, fábricas de baterias, tintas, entre outros) (FERNANDES; SILVA, 1999; FERREIRA; ANDREOLI, 1999; TAMANINI, 2004).

Os elementos químicos que contaminam o meio ambiente e podem promover danos à saúde humana e animal, são: Alumínio (Al), Arsênio (As),

Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg) e Selênio (Se), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). Alguns elementos em pequenas doses são considerados micronutrientes para as plantas, como o Cu, Fe, Mg, Mn, Mo e Zn, e em altas concentrações são fitotóxicos. O Pb, Hg e Cd não estão presentes em nenhum organismo, e portanto, a sua detecção é prejudicial em qualquer concentração (TAMANINI, 2004; SILVA et al., 2001 apud TONANI, 2008). A tabela 1 demonstra o valor máximo de metais pesados no lodo de esgoto ou produto derivado, permitido pela legislação brasileira.

A determinação de metais pesados no lodo de esgoto tem importância para saúde humana e animal, e para a qualidade da microbiota do solo e os seus efeitos em plantas. Os elementos Zn, Cu e Fe quando em altas concentrações podem causar diminuição da microbiota e da sua atividade no solo. Ao modificar a atividade dos microrganismos do solo, os metais pesados alteram a sua disponibilidade para as plantas e sua solubilidade e mobilidade no solo (FRADE JUNIOR, 2007).

Tabela 1 – Concentração máxima permitida de elementos potencialmente tóxicos no lodo de esgoto ou produto derivado no Brasil.

ELEMENTO	Concentração máxima permitida (mg.kg ⁻¹ , massa seca)		
	CETESB ¹ (1999)	CONAMA ² (BRASIL, 2006)	SEMA/PR ³ (PARANÁ, 2009)
Arsênio (As)	75	41	41
Bário (Ba)	NE	1300	1300
Cádmio (Cd)	85	39	20
Chumbo (Pb)	840	300	300
Cobre (Cu)	4300	1500	1000
Cromo (Cr)	NE	1000	1000
Mercúrio (Hg)	57	17	16
Molibdênio (Mo)	75	50	50
Níquel (Ni)	420	420	420
Selênio (Se)	100	100	100
Zinco (Zn)	7500	2800	2500

Fonte: ¹Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; ²Conselho Nacional do Meio Ambiente; ³Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná. NE=Não Especificado.

A mobilidade dos metais pesados no solo depende, principalmente, da forma química que o elemento se apresenta no solo (por exemplo, a forma bioassolúvel, que é assimilável pelas raízes) e das características do solo (pH, quantidade de matéria orgânica, entre outros) (SILVEIRA et al., 2003; KIEHL, 2012).

Além dos metais pesados, o lodo de esgoto e produto derivado pode conter substâncias orgânicas potencialmente tóxicas (Tabela 2), de origem diversa (medicamentos, produtos de limpeza, solventes, pesticidas, substâncias farmacêuticas e de higiene pessoal, entre outros). Diferentemente dos materiais orgânicos naturais presentes no lodo, poucas substâncias orgânicas sintéticas sofrem degradação devido à sua natureza hidrofóbica/lipofílica, associando-se fortemente às partículas suspensas e no lodo de esgoto (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; SAITO, 2007).

Tabela 2 – Substâncias orgânicas tóxicas a serem determinadas no lodo de esgoto ou produto derivado e no solo.

Substância	
Benzenos Clorados	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
1,2-Diclorobenzeno	Benzo(a) antraceno
1,3-Diclorobenzeno	Benzo(a) pireno
1,4-Diclorobenzeno	Benzo(k) fluoranteno
1,2,3-Triclorobenzeno	Indeno(1,2,3-c,d) pireno
1,2,4-Triclorobenzeno	Naftaleno
1,3,5-Triclorobenzeno	Fenantreno
1,2,3,4- Tetraclorobenzeno	Lindano
1,2,4,5 - Tetraclorobenzeno	Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's)
1,2,3,5 - Tetraclorobenzeno	Aldrin
Ésteres de ftalatos	Dieldrin
Di-n-butil ftalato	Endrin
Di (2-etilhexil)ftalato (DEHP)	Clordano
Dimetil ftalato	Heptacloro
Fenóis não clorados	DDT
Cresóis	Toxafeno
Fenóis clorados	Mirex
2,4-Diclorofenol	Hexaclorobenzeno
2,4,6-Triclorofenol	PCB's
Pentaclorofenol	Dioxinas e Furanos

Fonte: Brasil (2006); Paraná (2009)

Quando aplicadas no solo, as substâncias orgânicas estão sujeitas à volatilização (redução a gás ou vapor) para a atmosfera; lixiviação (migração passiva dos elementos químicos da camada mais superficial do solo para mais profunda, em decorrência da água de chuva ou de irrigação) para águas subterrâneas; degradação química e biológica (alterando a sua estrutura e tornando-se outra substância mais tóxica ou não); absorção pelas plantas, e podem acumular no organismo humano e animal que se alimentam de materiais ou de outros organismos contaminados (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; SAITO, 2007).

2.2.2 Microrganismos Patogênicos

A contaminação microbiológica e parasitológica do lodo está relacionada com as fezes humanas e de animais presentes no esgoto doméstico, e a dimensão desta contaminação depende de fatores próprios da população, como condições socioeconômicas e sanitárias e da presença de animais, além do tipo de tratamento do lodo e dos efluentes (FERNANDES, SILVA, 1999; THOMAZ-SOCCOL et al., 2000). Os principais microrganismos patogênicos observados no lodo de esgoto estão listados na tabela 3.

Como o esgoto não é o meio ideal dos microrganismos patogênicos, a tendência é a diminuição gradativa desta população. O sistema de tratamento de esgoto já diminui ou elimina a maioria dos patógenos (Tabela 4). No esgoto bruto somente sobreviverão os que possuem mecanismos para tal, como a espessura da membrana externa do ovo de um helminto ou a resistência da forma cística ou de oocisto de determinados protozoários (MALTA, 2001; REY, 2011).

Na compostagem, principalmente na fase termofílica, a alta temperatura por vários dias destrói grande parte dos microrganismos patogênicos e, por isso, é considerado um sistema eficaz na higienização do lodo de esgoto (FERNANDES; SILVA, 1999; HECK et al., 2013). O termo “higienização” do lodo de esgoto é definido pela legislação como o processo de tratamento de redução de patógenos do lodo de esgoto ou produto derivado (BRASIL, 2006), e “produto derivado” é todo produto destinado a uso agrícola que contém lodo de esgoto em sua composição (PARANÁ, 2009).

A eficácia da sanitização dos microrganismos pela temperatura depende do tempo de exposição dos patógenos a uma determinada temperatura e

da uniformidade desta sobre o material a ser compostado, já que a temperatura dentro de uma leira de compostagem não é homogênea (FERNANDES; SILVA, 1999; HECK et al., 2013). A tabela 5 ilustra o tempo relacionado com a temperatura, para destruição de microrganismos patogênicos em biossólidos.

Tabela 3 – Principais microrganismos patogênicos relatados no lodo de esgoto.

Organismo	
Bactérias	Protozoários
<i>Salmonella</i> spp	<i>Cryptosporidium</i> spp
<i>Shigella</i> spp	<i>Giardia</i> spp
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Balantidium coli</i>
<i>Escherichia coli</i> (cepas patogênicas)	<i>Toxoplasma gondii</i>
Vírus	Helmintos
Vírus da Hepatite A	<i>Ascaris lumbricoides</i>
Rotavírus	<i>Trichuris trichiura</i>
Reovírus	<i>Toxocara canis</i>
Astrovírus	<i>Taenia</i> sp
Calicivírus	<i>Hymenolepis nana</i>

Fonte: Fernandes; Silva (1999)

Tabela 4 – Porcentagem de redução de microrganismos patogênicos no esgoto em sistemas de tratamento.

Tratamento	Vírus entéricos	Bactérias	(Oo)cistos de Protozoários	Ovos de helmintos
Decantação primária	0-30	50-90	10-50	30-90
Filtro biológico	90-95	90-95	50-90	50-95
Lodo ativado	90-99	90-99	50-80	50-99
Lagoa de estabilização	99,99-100	99,99-100	100	100

Fonte: United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 1983) apud Malta (2001)

Tabela 5 – Tempo de exposição e temperaturas necessárias para destruição de microrganismos patogênicos no biossólido.

Microrganismo	Tempo de exposição (minutos) para a destruição de microrganismos a várias temperaturas			
	50°C	55°C	60°C	70°C
Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	60	7	NE	NE
<i>Necator americanus</i>	50	NE	NE	NE
<i>Taenia saginata</i>	NE	NE	NE	5
<i>Escherichia coli</i>	NE	NE	60	5
<i>Shigella</i> sp	60	NE	NE	NE

Fonte: Fernandes; Silva (1999). NE=Não Especificado.

Para o monitoramento do biossólido de uso agrícola, é recomendada a pesquisa de coliformes e estreptococos fecais. O grupo de coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal e, por isso, os coliformes termotolerantes são os mais utilizados para mensurar a qualidade sanitária do lodo (ABREU et al., 2009; TEIXEIRA, 2012).

A viabilidade de ovos de helmintos tem sido o critério mais aceito como fator limitante para a reciclagem do lodo de esgoto, devido à sobrevivência dos parasitos no ambiente (de seis meses a sete anos) e à baixa dose infectante (THOMAZ-SOCCOL et al., 2000; BONNET et al., 2000). Na tabela 6 estão demonstradas as concentrações máximas de microrganismos em lodo de esgoto, de acordo com a legislação brasileira.

A quantificação de microrganismos patogênicos presentes no lodo de esgoto é bastante variável, dependendo do perfil sanitário da população, da localidade e do tipo de tratamento do lodo (THOMAZ-SOCCOL et al., 2000). A tabela 7 demonstra a variação no número de ovos de helmintos observados de acordo com a região geográfica.

Tabela 6 – Concentração máxima permitida de microrganismos patogênicos no lodo de esgoto e produto derivado.

Microrganismos	Concentração máxima permitida	
	CETESB ¹ ;SEMA/PR ²	CONAMA ³
Vírus	<0,25 UFP/g de ST	<0,25 UFP/g de ST
Coliformes termotolerantes	<10 ³ NMP/g de ST	<2x10 ⁶ NMP/g ST
Ovos viáveis de helmintos	<0,25 ovos/g de ST	<0,25 ovos/g de ST
<i>Salmonella</i>	Ausência em 10g ST	3 NMP/4g ST

Fonte: ¹Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1999); ²Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná (PARANÁ, 2009); ³Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2006). UFP=unidade formadora de placa; ST=sólidos totais; NMP=número mais provável.

Tabela 7 – Variação na concentração do número ovos de helmintos por grama de matéria seca (g.MS⁻¹) do lodo de esgoto bruto.

ETE	Número de ovos de helmintos g.MS ⁻¹	
	Totais	Viáveis
Brasília Sul	20,5	10,5
Brasília Norte	16,0 a 18,2	7,8 a 10,4
São Paulo - Barueri	2,4 a 15,4	0,5 a 7,5
São Paulo - Franca	8,6 a 54,8	3,15 a 38,2
Paraná - Curitiba	41,0 a 99,4	11,7 a 63,7
Paraná - Umuarama	59,0	21,9
Espírito Santo - Vitória	12,0	NE
Paraíba - Campina Grande	40,0	NE

Fonte: Thomaz-Soccol, V. Apresentação para o GT Lodo do CONAMA em 24/11/2004 (dados não publicados). NE=Não Especificado

As técnicas moleculares têm sido bastante utilizadas para detecção de material genômico de parasitos presentes no meio ambiente, principalmente *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp (ARAÚJO et al., 2010). Fernandes (2009) analisou 26 amostras de água e de esgoto, e 14 (53,8%) amostras positivas para a presença de *Giardia* spp pela reação em cadeia da polimerase (PCR). Destas, após sequenciamento, 11 (42,3%) obtiveram identidade genômica para este protozoário. Na Finlândia, Rimhanen-Finne et al. (2001) analisaram 44 amostras de lodo de esgoto com uso de separação imunomagnética seguida de PCR, constatando nove (20%) amostras positivas para *Giardia* spp e três (7%) para *C. parvum*.

2.3 QUALIDADE DO COMPOSTO

A Instrução Normativa n. 25 (BRASIL, 2009) agrupa em “Classe D” o fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, e define o lodo de esgoto como uma matéria-prima proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários, possibilitando um produto de utilização segura na agricultura, desde que atenda aos parâmetros físico-químicos e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes.

A caracterização do produto derivado do lodo de esgoto deve abranger os aspectos de potencial agrônomo, substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas, indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos e estabilidade (PARANÁ, 2009). A associação destes aspectos indicará se o composto está estabilizado ou maturado. Um composto estabilizado não causa danos às plantas, porém ainda não apresenta as características físicas, químicas e biológicas de um produto maturado (KIEHL, 1985). Jahnel et al. (1999) sugerem que parâmetros de temperatura e relação C/N podem ser utilizados isoladamente como indicadores do grau de maturidade do composto, desde que sejam mantidas as condições adequadas de umidade e aeração.

Para verificação do potencial agrônomo do lodo de esgoto ou produto derivado, a Resolução 21/2009, da Secretaria do Meio Ambiente do Paraná (PARANÁ, 2009), estabelece a determinação dos parâmetros de pH, umidade, sólidos voláteis e totais, carbono orgânico, fósforo, nitrogênio, potássio, sódio, enxofre, cálcio e magnésio. A Instrução Normativa 25/2009 da Secretaria de Defesa Agropecuária (BRASIL, 2009), acrescenta a especificação dos fertilizantes orgânicos de acordo com a sua natureza física, dada pela granulometria. Abreu et al. (2009) cita como determinações obrigatórias na amostra do resíduo orgânico: umidade, carbono orgânico, sólidos voláteis, nitrogênio e fósforo.

O pH fornece informação sobre o estado de decomposição da matéria orgânica. A acidez ou alcalinidade do composto aplicado ao solo pode interferir na disponibilidade de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Um composto é considerado maturado quando o pH estiver acima de 6,0 (ABREU et al., 2009; KIEHL, 2012).

A umidade máxima do composto de lodo de esgoto aceitável pela legislação é de 70% (BRASIL, 2009). Um composto com alto teor de umidade pode exalar odor desagradável, pode deteriorar durante o armazenamento e aumenta o custo de transporte. No composto com umidade baixa acontece a insolubilização de nutrientes minerais e morte dos microrganismos (FERNANDES; SOUZA, 2001; KIEHL, 1985, 2012).

A estabilidade do produto compostado pode ser avaliada pela relação de sólidos totais (ST) e voláteis (SV). O ST é a matéria sólida total que permanece como resíduo, após evaporação à temperatura de 103 a 105°C, enquanto que o SV é a substância orgânica que volatiliza em 500 a 600°C (ABREU et al., 2009). Um composto de lodo de esgoto é considerado estável quando a relação entre os sólidos voláteis e totais for inferior a 0,70 (PARANÁ, 2009). Quando não estável, ou seja, com alto conteúdo de sólidos voláteis, atrai insetos vetores de agentes patogênicos (contaminando o produto) e libera odores desagradáveis durante o armazenamento, influenciando na aceitabilidade do adubo pelo agricultor (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; FERNANDES; SOUZA, 2001).

A maioria dos nutrientes dos resíduos orgânicos está na forma orgânica, não sendo diretamente absorvidos pelas raízes das plantas. Na compostagem, os microrganismos realizam a mineralização da matéria orgânica, tornando-se os nutrientes assimiláveis pelas plantas. Os macronutrientes são os nutrientes que a planta requer em maior quantidade (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio) e os micronutrientes a planta requer em menor quantidade (boro, cobre, zinco, molibdênio, ferro, cloro), embora sejam, também, importantes para seu desenvolvimento (KIEHL, 1985, 2012).

A determinação da granulometria é realizada pela passagem do material compostado por uma série de peneiras com diferentes aberturas, podendo ser categorizado em granulado, pó, farelado e farelado grosso (tabela 9). Serve para adequar a consistência do composto e valorizar o produto final (FERNANDES; SILVA, 1999; KIEHL, 2012).

Tabela 8 – Especificação granulométrica de fertilizantes orgânicos.

Natureza Física	Especificação Granulométrica			
	Peneira	Passante	Retido	Tolerância
Granulado	4 mm (ABNT n. 5)	95% mínimo	5% máximo	Até 5%
	1 mm (ABNT n. 18)	5% máximo	95% mínimo	Até 5%
Pó	2,0 mm (ABNT n. 10)	100%	0%	Até 5%
	0,84 mm (ABNT n. 20)	70% mínimo	30% máximo	
	0,3 mm (ABNT n. 50)	50% mínimo	50% máximo	
Farelado	3,36 mm (ABNT n. 6)	95% mínimo	5% máximo	Até 5%
	0,5 mm (ABNT n. 35)	25% máximo	75% mínimo	Até 5%
Farelado Grosso	4,8 mm (ABNT n. 4)	100%	0%	Até 5%
	1 mm (ABNT n. 18)	20% máximo	80% mínimo	Até 5%

Fonte: Brasil (2009). ABNT=Associação Brasileira de Normas Técnicas

A maturação de um composto pode ser determinada por meio de plantas indicadoras da fitotoxicidade. Quando se utiliza um composto não maturado como adubo, pode haver interferência na emergência e crescimento da plântula (planta desenvolvida da semente enquanto depende das reservas dos cotilédones), pela qualidade ruim ou por conter elementos tóxicos. Agrião, alface, tomate, milho e cevada são algumas plantas citadas como indicadores da fitotoxicidade do lodo de esgoto e produtos derivados (FERNANDES; SILVA, 1999; KIEHL, 1985, 2012).

REFERÊNCIAS

ABREU, M.F.; ABREU JUNIOR, C.H.; SILVA, F.C.; SANTOS, G.C.G.; ANDRADE, J.C.; GOMES, T.F.; COSCIONE, A.R.; ANDRADE, C.A. Análises químicas de fertilizantes orgânicos (urbanos). In: **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 397-485.

ANDREOLI, C.V.; PEGORINI, E.S. Reciclagem agrícola de biossólidos: impactos e regulamentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

ARAÚJO, R.S.; CARVALHO, T.T.; MATTÉ, G.R.; FERNANDES, L.N.; BALSALOBRE, L.C.; MATTÉ, M.H. A modified method for detecting *Cryptosporidium* oocysts using DNA templates extracted from environmental samples. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 69, n. 1, p. 141-143, 2010.

- 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, v.24, n.24, p. 61-69, 2006.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. cap. 2, p. 25-35.
- BONNET, B.R.P.; LARA, A.I.; DOMASZAK, S.C. Indicadores biológicos de qualidade sanitária do lodo de esgoto. In: **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: PROSAB., 2000. p. 11-26.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 375**. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p. 141-146, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 25**, de 23 de julho de 2009. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas e Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2010. 219p.
- CARRIJO, J.R.; BIONDI, G.F. Levantamento de ovos de helmintos em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbico. **Ciê. Animal Bras.**, v. 9, n.1, p. 207-211, 2008.
- CARVALHO, J.B.; NASCIMENTO, E.R.; RIBEIRO, V.R. Presença de ovos de helmintos em hortaliças fertilizadas com lodo da lagoa de estabilização. **Rev. Bras. Anal. Clin.**, v. 35, n. 2, p. 101-103, 2003.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999, 33p. (**Manual Técnico, P4.230**)
- CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.
- FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos: lodo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84 p.
- FERNANDES, F.; SOUZA, S.G. Estabilização de lodo de esgoto. In: **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. p. 29-55.
- FERNANDES, L.N. **Caracterização molecular de isolados de *Giardia* de amostras de água e esgoto provenientes do Estado de São Paulo**. 2009. 107f.

Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 2009.

FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In: **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: PROSAB, 1999. p. 21-26.

FRADE JUNIOR, E.F. **Atividade enzimática em lodo de esgoto contaminado com cádmio e uso em solo cultivado**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007

GUILHERME, M.S. **Análise do lodo de esgoto: seleção de métodos de recuperação de (oo)cistos de protozoários patogênicos**. 1998. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, 1998.

GURGEL, R. Q.; CARDOSO, G. S.; SILVA, A. M.; SANTOS, L. N.; OLIVEIRA, R. C. V. Creche: ambiente expositor ou protetor nas infestações por parasitas intestinais em Aracaju, SE. **Rev. Bras. Med. Trop.**, v. 38, p. 267-269, 2005.

HECK, K.; DE MARCO, E.G.; HAHN, A.B.B.; KLUGE, M.; SPILKI, F.R.; VAN DER SAND, S.T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v. 17, n. 1, p. 54-59, 2013.

ILHENFELD, R.G.K. Higienização do lodo de esgoto. In: **Uso do manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: PROSAB, 1999. cap.4, p. 27-40.

INÁCIO, C.T. Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 7p. (Embrapa Solos. **Circular Técnica, 46**)

JAHNEL, M.C.; MELLONI, R. CARDOSO, E.J.B.N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, 1999.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: DeGaspari, 2012. 171p.

MALTA, T.S. **Aplicação de lodos de ETEs na agricultura: Estudo de caso Município de Rio das Ostras – RJ**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA 021/09**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, n. 7962, p. 13-16, 2009.

PAREDES FILHO, M.V. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. **Rev. Agroambiental**, v. 3, n. 3, p. 73-80, 2011.

PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E.G., SOUSA, J.F.; PICKLER, A.C.; LEAL, E.R.M.; MILHOMEN, C.C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, v. 11, n. 16, p. 89-188, 2010.

REY, L. **Bases da Parasitologia Médica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 410p.

ROCHA, M.T.; SHIROTA, R. Disposição final de lodo de esgoto. **Rev. Est. Amb.**, v. 1, n.3, p. 1-25, 1999.

SAITO, M.L. O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 35p. (Embrapa Meio Ambiente. **Documentos**, 64)

SANTOS, L.U. **Ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* spp e cistos de *Giardia* spp em uma Estação de Tratamento de Esgoto: avaliação das eficiências do processo de lodo ativado na remoção e de desinfecção por luz ultravioleta na inativação desses patógenos**. 2007. 150f. Tese (Doutorado em Parasitologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVEIRA, M.L.A.; ALLEONI, L.R.F.; GUILHERME, L.R.G. Biosolids and heavy metals in soils. **Scientia Agricola**, v. 60, n.4, p. 793-806, 2003.

RIMNHANEN-FINNE, R.; RONKAINEN, P.; HÄNNINEN, M.L. Simultaneous detection of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia* in sewage sludge by IC-PCR. **J. Appl. Microbiol.**, v. 91, p. 1030-1035, 2001.

TAMANINI, C.R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TEIXEIRA, C. **Higienização de lodo de estação de tratamento de esgoto por compostagem termofílica para uso agrícola**. 2012. 139f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E.A. Metodologia para análise parasitológica em lodo de esgoto. In: **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: PROSAB, 2000. p. 27-41.

THOMPSON, A.R.C. The zoonotic significance and molecular epidemiology of *Giardia* and giardiasis. **Vet. Parasitol.**, v. 126, p. 15-35, 2004.

TONANI, K.A.A. **Identificação e quantificação de metais pesados, parasitas e bactérias em esgoto bruto e tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto**. 2008. 179f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2008.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR., B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P.O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.**, v. 58, p. 59-85, 2009.

ZERBINI, A.M.; CHERNICHARO, C.A.L.; VIANA, E.M. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. v. 1. p. 895-904.

XIAO, L.; FAYER, R.; RYAN, U.; UPTON, S.J. *Cryptosporidium* taxonomy: recent advances and implications for Public Health. **Clin. Microbiol. Reviews**, v. 17, n.1, p. 72-97, 2004.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Verificar a eficácia da compostagem na higienização do lodo de esgoto doméstico associados aos resíduos agroindustriais e urbanos, e do produto final como condicionador de solo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acompanhar a evolução da temperatura dos tratamentos do lodo de esgoto no processo de compostagem;
- Determinar o número de ovos de helmintos e sua viabilidade nas misturas do lodo de esgoto;
- Quantificar os coliformes termotolerantes nos tratamentos do lodo de esgoto;
- Detectar e identificar os protozoários *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp;
- Quantificar os parâmetros de pH, umidade, sólidos totais e voláteis, macro e micronutrientes, e metais pesados dos produtos finais da compostagem do lodo de esgoto;
- Avaliar a melhor associação do lodo de esgoto com resíduos agroindustriais e urbanos para utilização como condicionante em solo agrícola.

ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 1 – Eficácia da compostagem na estabilização de compostos de lodo de esgoto urbano.

Artigo 2 – Uso de compostos de lodo de esgoto como condicionantes de solo.

EFICÁCIA DA COMPOSTAGEM NA ESTABILIZAÇÃO DE COMPOSTOS DE LODO DE ESGOTO
URBANO

Liza Ogawa^{a*}, Leopoldo Sussumu Matsumoto^a, Roberta dos Santos Toledo^b, Jonatas Campos de Almeida^b, Victor Bittencourt Dutra Tabacow^b, Fernanda Maria de Oliveira Dias^a, Silvia Cristina Osaki^c, Regina Mitsuka Breganó^b, João Luis Garcia^b, Roberta Lemos Freire^b, Italmar Teodorico Navarro^b

Resumo: O objetivo foi constatar a eficácia da compostagem na higienização do lodo de esgoto urbano (LE). Os tratamentos (T) de LE foram misturados com bagaço de cana de açúcar (BC), poda de árvore (PA), cama de frango (CF) e aparas de grama (G), de acordo com a relação Carbono/Nitrogênio próximo a 30/1, na proporção de T1 (LE+BC, 1:1,5), T2 (LE+BC+PA, 1:2:1,5), T3 (LE+BC+G, 1:2,5:1), T4 (LE + BC + CF, 1:3:1) e T5 (LE + BC + PA + G, 1:2:0,5:0,5). Durante 280 dias de compostagem a temperatura foi aferida diariamente, e a cada duas semanas os compostos foram analisados para detecção de coliformes termotolerantes e ovos viáveis de helmintos, pelas técnicas de tubos múltiplos e de Yanko, respectivamente, e mensalmente para identificação de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp, pelas técnicas de centrífugo-flutuação em sacarose e sulfato de zinco e *Nested-PCR* e sequenciamento. A análise dos resultados permitiu observar que as temperaturas máximas aferidas na fase termofílica dos compostos variaram entre 55 a 64,8°C e, aos 280 dias apresentaram redução do peso em 27% (T1), 48% (T2), 63% (T3), 66% (T4) e 64% (T5). Foi constatada a ausência de coliformes termotolerantes a partir de 98 dias (T4), 126 (T1), 196 (T3 e T5), e aos 210 dias (T2). Em todos os tratamentos houve inviabilização de ovos de helmintos, ausência de (oo)cistos de protozoários pelas técnicas convencionais e, após o sequenciamento, apenas duas amostras do T4 e T5 exibiram identidade genômica para *G. duodenalis*. Conclui-se que a alta temperatura na fase termofílica na compostagem promoveu a inviabilização dos microrganismos patogênicos em limites exigidos pela legislação, sendo relevante a pesquisa da viabilidade de protozoários nos compostos, para garantir um produto final seguro à saúde humana e animal.

Palavras-chave: Biossólido. Coliformes termotolerantes. Ovos viáveis de helmintos. Temperatura.

^a Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel.

* Autor para correspondência. UENP/CLM. Caixa Postal 261, CEP 86360-000, Bandeirantes, Paraná, Brasil. E-mail: logawa@uenp.edu.br e italmar@uel.br

^b Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Londrina, Paraná, Brasil.

^c Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Palotina, Paraná, Brasil.

Abstract: The objective was to verify the effectiveness of the composting from urban sewage sludge (SS). Treatments (T) were mixed with sugar cane bagasse (CB) tree pruning (TP), poultry litter (PL) and grass shavings/clippings (G), according to the Carbon / Nitrogen ratio near 30/1, the ratio of T1 (SS + CB, 1:1.5), T2 (SS + CB + TP, 1:2:1,5), T3 (SS + CB + G, 1:2.5 1), T4 (SS + CB + PL, 1:3:1) and T5 (SS + BC + TP + G, 1:2:0,5:0,5). For 280 days of composting the temperature was measured daily, and every two weeks the compounds were analyzed for detection of thermotolerants coliforms and viable eggs of helminths, by techniques of multiple tubes and Yanko, respectively, and monthly to identify (oo)cysts of *Giardia* spp and *Cryptosporidium* spp, by centrifugal sucrose flotation and zinc sulfate and nested-PCR and sequencing. The analysis of the results allowed to observe maximum temperatures measured in the thermophilic phase of the compounds ranged from 55 to 64.8°C and at 280 days presented weight reduction in 27% (T1), 48% (T2), 63% (T3), 66% (T4) and 64% (T5). It was noted the absence of thermotolerants coliforms from 98 days (T4), 126 (T1), 196 (T3 and T5), and at 210 days (T2). In all treatments had no helminth eggs, absence of (oo)cysts by conventional techniques and, after sequencing, only two samples of the T4 and T5 exhibited genomic identity for *G. duodenalis*. It is concluded that the high temperature in the thermophilic phase in composting promoted the impracticability of pathogenic microorganisms in limits required by law, being relevant to research the viability of protozoan compounds, to ensure safe final product for human and animal health.

Keywords: Biosolids. Thermotolerants coliform. Viable eggs of helminthes. Temperature.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e da economia global, houve uma maior exigência para melhoria nos setores industrial e da agropecuária, para sustentar o consumo alimentar da população em crescimento. Assim, houve aumento progressivo dos resíduos produzidos, exigindo uma destinação correta destes, com vistas à saúde humana, animal e ambiental (Valente et al., 2009; Heck et al., 2013).

Destes resíduos, o lodo de esgoto (LE) é produzido em ampla escala, o que faz com que os operadores de saneamento façam a sua reciclagem para disposição em aterros sanitários, incineração, utilização agrícola e industrial. A forma mais ecológica do destino final do LE previamente tratado é o aproveitamento em uso agrícola, sendo rico em nutrientes desejáveis para o crescimento das plantas e matéria orgânica que melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (Fernandes e Souza, 2001; Ferreira e Andreoli, 1999).

Entretanto, o lodo de esgoto possui microrganismos patogênicos e metais pesados, devendo, então, ser higienizado antes do seu uso em solos

(Ilhenfeld, 1999; Paredes Filho, 2011). A detecção de metais pesados, coliformes termotolerantes e ovos viáveis de helmintos em limites acima do especificado pela legislação é a principal limitação no uso agrícola do bio sólido (Ferreira e Andreoli, 1999, Fernandes e Souza, 2001).

Um dos processos eficientes para remoção de microrganismos patogênicos é a compostagem. A ação da microbiota termofílica na degradação da matéria orgânica de um resíduo promove alta temperatura que, se mantida por vários dias, destrói grande parte dos microrganismos patogênicos, gerando um composto final estável e seguro (Fernandes & Souza 2001; Paredes Filho, 2011; Olinto et al., 2012; Heck et al., 2013).

A compostagem deve ser monitorada pelos parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, relação C/N, entre outros) e de contaminantes (substâncias orgânicas potencialmente tóxicas, coliformes termotolerantes, e viabilidade de ovos de helmintos), a fim de garantir a qualidade sanitária do bio sólido produzido (Fernandes; Souza 2001; Kiehl, 2012).

O objetivo foi avaliar a eficácia da compostagem de lodo de esgoto com resíduos urbanos e agroindustriais, na eliminação ou diminuição de patógenos (coliformes termotolerantes e ovos de helmintos).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PREPARO DOS TRATAMENTOS DO LODO DE ESGOTO E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E URBANOS

As amostras de lodo de esgoto urbano bruto (LE) foram coletadas da lagoa de estabilização anaeróbica da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada na região Norte do Estado do Paraná. O lodo de esgoto coletado foi mantido em lonas plásticas ao sol, para diminuir a umidade excessiva e facilitar sua mistura com outros resíduos. Resíduos agrícolas, como bagaço de cana de açúcar-BC e cama de frango-CF, e resíduos de limpeza urbana, como poda de árvore-PA e aparas de grama-G, foram utilizados para melhorar a qualidade e eficiência do processo de compostagem.

Para determinar a quantidade de Nitrogênio e Carbono presente em cada resíduo, amostras foram encaminhadas para o laboratório de referência no

Estado do Paraná, com a finalidade de realizar as proporções das misturas pela relação C/N. Os tratamentos foram padronizados a fim de manter a relação de C/N ideal no início da compostagem de 30/1 (Kiehl, 2012). Após a averiguação da relação C/N dos resíduos, iniciou-se a mistura manual (volume/volume) dos seguintes tratamentos (T):

T1: LE + BC, na proporção 1:1,5 (relação C/N 29,4)

T2: LE + BC + PA, na proporção 1:2:1,5 (C/N 30,0)

T3: LE + BC + G, na proporção 1:2,5:1 (C/N 29,4)

T4: LE + BC + CF, na proporção 1:3:1 (C/N 30,3)

T5: LE + BC + PA + G, na proporção 1:2:0,5:0,5 (C/N 29,0)

Os tratamentos foram acondicionados em caixas de polipropileno de 300 litros com medidas externas de 100 cm largura x 60,5 cm de comprimento x 58,5 cm altura, perfuradas em suas laterais e seu fundo (furos de 0,3 cm), e contendo tubo perfurado de PVC recoberto com tela mosquiteiro, para facilitar a aeração forçada, pela injeção de ar com auxílio de um compressor. As misturas foram recobertas com uma camada de 10 cm de bagaço de cana para proteger contra o ressecamento superficial e umidificadas por aspersão.

No período de fevereiro a novembro de 2013, as misturas foram submetidas à compostagem na forma estática (sem revolvimento) aerada. A temperatura dos tratamentos foi aferida em três períodos (8h, 13h e 16h), por meio de termômetro digital tipo espeto (Multi-Thermometer[®]), com escala de temperatura entre -50°C a +150°C e resolução de 0,1°C.

2.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E PARASITOLÓGICAS

As coletas das amostras para as análises microbiológicas e parasitológicas foram realizadas no início do tratamento e a cada duas semanas, em diferentes pontos e profundidade do tratamento, combinadas e analisadas como uma amostra única para um resultado mais representativo. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em refrigeração até a realização das análises, no máximo 24 horas.

Para a análise de coliformes termotolerantes foi realizada a técnica de tubos múltiplos, segundo Norma Técnica L5.202 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1993), e os resultados interpretados como logaritmo

do Número Mais Provável por 100 mL (log NMP/100mL). Para pesquisa de ovos de helmintos o método de escolha foi de Yanko (1987) modificada por Thomaz-Soccol et al. (2000). A contagem dos ovos foi realizada em câmara de Sedgwich-Rafter (PYSER-SGI Limited, Kent, UK) e o resultado expresso em número de ovos por grama de matéria seca (n. ovos/g MS). Parte do material, resultante da técnica, foi incubado em estufa a 28°C por quatro semanas em tubo de ensaio tampado, para apurar a viabilidade dos ovos de helmintos, confirmada pela observação da mobilidade de larvas no interior dos ovos.

2.3 PESQUISA DE *CRYPTOSPORIDIUM* SPP E *GIARDIA* SPP

A coleta do material para pesquisa de *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp foi realizada mensalmente. Devido à granulação dos tratamentos, optou-se por concentrar os (oo)cistos pelas técnicas de centrifugo flutuação em sacarose (Sheather, 1923) e em sulfato de zinco (Faust et al., 1934). O sobrenadante de ambas as técnicas foi acondicionado em microtubos de 2mL à temperatura de -20°C, até a realização da técnica molecular, descrita a seguir.

A extração do material genômico foi realizado com o *kit* comercial NucleoSpin® Tissue (Macherey-Nagel, Düren-Germany), conforme instruções do fabricante.

Para pesquisa de *Giardia* spp, fragmentos do gene 16S rRNA foram amplificados usando uma reação de *nested-PCR*. Os *primers* (Invitrogen®) da primeira reação foram Gia2029 (5'-AAGTGTGGTGCAGACGGACTC-3') e Gia2150c (5'-CTGCTGCCGTCCTTGGATGT-3'), amplificando um produto de 497 pares de bases (Appelbee et al. 2003). Na segunda reação os *primers* foram o RH11 (5'-CATCCGGTCGATCCTGCC-3') e RH4 (5'-AGTCGAACCCTGATTCTCCGCCAGG-3'), gerando um fragmento de 292-297 pares de bases (Hopkins et al., 1997). Ambas as reações de amplificação foi realizada em volume final de 25µL, contendo 17,25µL de água ultrapura autoclavada, 10mM Tris-HCl, 50mM KCl (pH 8,3), 200µM de dNTP, 1,5mM de MgCl₂, 1µL de cada *primer* (*forward* e *reverse*), 1,25µL de DMSO (dimetil sulfóxido) a 5%, 1,25U de Taq DNA Polimerase e 1,5µL do DNA extraído de cada amostra teste. Os parâmetros do termociclador para ambas as reações foram: um ciclo inicial a 95°C por cinco minutos; 35 ciclos de 94°C por 45 segundos

(desnaturação); 58°C por 45 segundos (anelamento) e 72°C por um minuto (extensão final). Foi inclusa uma etapa de extensão final a 72°C por cinco minutos.

Para pesquisa de *Cryptosporidium* spp fragmentos do gene 18S rRNA foram amplificados usando reação de *nested*-PCR. Os *primers* (Invitrogen®) da primeira reação foram (5'-TTCTAGAGCTAATACATGCG-3') e (5'-CCCATTTCTTCGAAACAGGA-3') amplificando um produto de 1.325 pares de bases (Xiao et al., 1999). Na segunda reação os *primers* utilizados foram (5'-GGAAGGGTTGTATTTATTAGAT-3') e (5'-AAGGAGTAAGGAACAACCTCCA-3'), gerando um fragmento de 819-825 pares de bases (Xiao et al., 1999). A primeira reação de PCR foi realizada em volume final de 25µL, contendo 7,75µL de água ultrapura autoclavada, 10mM Tris-HCl, 50mM KCl (pH 8,3), 200µM de dNTP, 2,5mM de MgCl₂, 1µL de cada *primer* (*forward* e *reverse*), 1,25U de Taq DNA Polimerase e 2,5µL do DNA extraído de cada amostra teste. Na segunda reação de PCR alteraram-se apenas os volumes de água ultrapura autoclavada (9,25µL) e do produto amplificado na PCR (1µL). Os parâmetros do termociclador para ambas as reações foram: um aquecimento inicial a 95°C por cinco minutos; 35 ciclos de 94°C por 45 segundos (desnaturação); 55°C por 45 segundos (anelamento) e 72°C por um minuto (extensão). Foi inclusa uma etapa de extensão final a 72°C por 5 minutos.

Os produtos da PCR foram submetidos à eletroforese em gel de agarose 1,5% (Ultrapure™ Agarose; Invitrogen®) contendo SYBR® Safe (DNA Gel Stain; Invitrogen®), durante 45 minutos para *Cryptosporidium* spp. e 30 minutos para *Giardia* spp. A visualização das bandas foi realizada em luz ultravioleta e fotodocumentadas pelo programa *LPix Image ST* (Loccus Biotecnologia®).

As amostras positivas (com material genômico para os protozoários) pela *nested*-PCR, foram submetidas ao sequenciamento. As sequências de nucleotídeos foram comparadas com sequências padrão de *Cryptosporidium* e *Giardia* depositadas no Genbank, por meio do sistema BLAST (Basic Local Alignment and Search Tool) e por alinhamento manual pelo programa BioEdit (Biological Sequence Alignment Editor).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso inicial das misturas foi de 66,8 kg (T1), 60,8 kg (T2), 50,0 kg (T3), 75,0 kg (T4) e 35,0 kg (T5). Ao final da compostagem (aos 280 dias), observou-se redução do peso em 27% (T1), 48% (T2), 63% (T3), 66% (T4) e 64% (T5). Esta redução da densidade do composto final se deve pela perda de umidade e pela degradação da matéria orgânica realizada pelos microrganismos (Kiehl, 2012), proporcional para cada tipo de mistura.

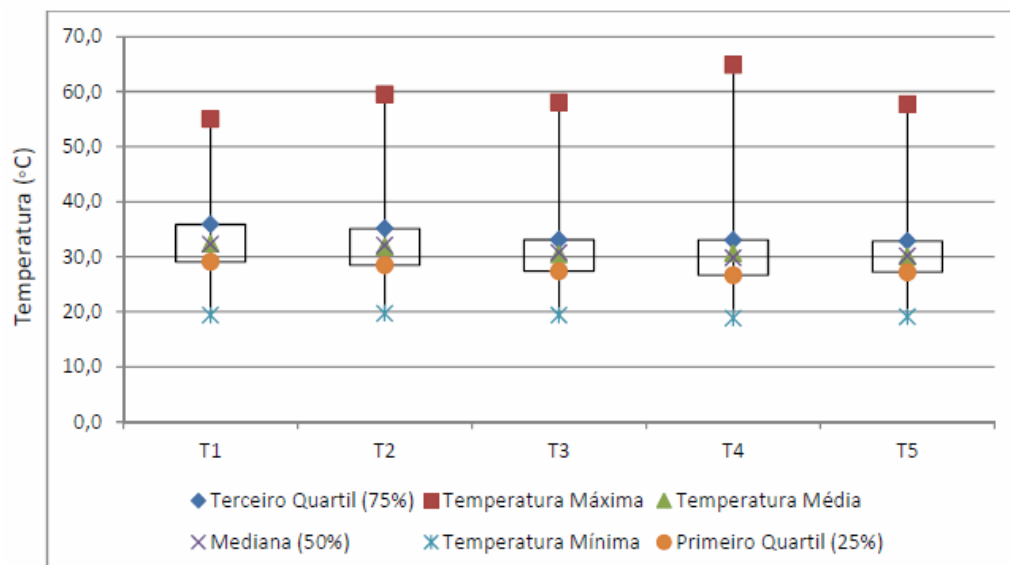
Todos os tratamentos apresentaram temperaturas altas no início da compostagem, com temperaturas máximas, já no segundo dia, de 48,2°C (T1), 43,4°C (T2), 46,4°C (T3), 53,5°C (T4) e 44,3°C (T5). Na fase termofílica, as temperaturas variaram entre 55 a 64,8°C, e ao final da compostagem entre 32°C a 40°C. No início da compostagem os microrganismos mesófilos degradaram a matéria orgânica do resíduo, e por ser uma reação exotérmica, ocorreu aumento gradativo da temperatura do composto. Segundo Fernandes e Souza (2001), se a temperatura da biomassa registrar temperatura entre 40 a 60°C no segundo ou terceiro dia de compostagem, significa que o ecossistema está equilibrado.

A alta temperatura favorece a proliferação de microrganismos termófilos, que realizam a rápida degradação da matéria orgânica e auxiliam na eliminação de microrganismos patogênicos. Fernandes e Souza (2001) afirmaram que na fase termofílica a temperatura ideal de manutenção do composto oscila entre 55 a 65°C. Quando grande parte da matéria orgânica estiver degradada, diminui a população termofílica, e conseqüentemente a temperatura do composto, havendo nova geração de mesófilos (Fernandes e Souza, 2001; Corrêa et al., 2007; Paredes Filho, 2011). A Figura 1 demonstra a variação das temperaturas dos tratamentos obtidas nos 280 dias de compostagem, indicando a temperatura máxima e mínima, quartil inferior ou primeiro quartil (25%), quartil superior ou terceiro quartil (75%) e a mediana.

A análise microbiológica do LE bruto expressou 8,204 log NMP/100 mL e 7,544 log NMP/100mL de coliformes totais e termotolerantes, respectivamente, ultrapassando o valor permitido pela legislação de <3 log NMP/100mL (Paraná, 2009). A alta contagem de coliformes do LE refletiu nos resultados iniciais dos tratamentos (Tabela 1).

Foi constatada a ausência de coliformes termotolerantes aos 98 dias (T4) de compostagem, 126 (T1), 196 (T3 e T5), e aos 210 dias (T2). A acelerada eliminação destes coliformes no T4 está relacionada às altas temperaturas na fase termofílica (64,8°C) e a rápida degradação da matéria orgânica associada à expressiva redução da densidade do composto (66%). A composição do T4 (LE+BC+CF) pode ter influenciado nestes resultados, devido à combinação do LE e fezes de aves da CF, aumentando a carga microbiana e a decomposição da massa do composto. Com isso, sugere-se o aumento da relação C/N no início da compostagem para esta mistura, com finalidade de prolongar o tempo de compostagem e diminuir a rápida degradação do material, obtendo-se, assim, uma melhor humificação da matéria orgânica (Kiehl, 2012).

Figura 1 – Variação da temperatura (°C) dos tratamentos do lodo de esgoto doméstico registradas nos 280 dias de compostagem.



	T1	T2	T3	T4	T5
Terceiro Quartil (75%)	35,9	35,1	33,1	33,0	32,8
Temperatura Máxima	55,0	59,5	58,0	64,8	57,7
Temperatura Média	32,4	31,8	30,4	30,7	30,0
Mediana (50%)	32,2	32,1	30,8	29,8	30,2
Temperatura Mínima	19,4	19,7	19,4	18,8	19,1
Primeiro Quartil (25%)	29,1	28,5	27,4	26,6	27,2

T1=LE+BC; T2=LE+BC+P; T3=LE+BC+G; T4=LE+BC+CF; T5=LE+BC+P+G.

A oscilação observada nas contagens de coliformes termotolerantes ao longo do processo de compostagem (Tabela 1), foi observada também por Khalil et al. (2011). Arthurson (2008) e Kiehl (2012) explicaram que a eficiência na eliminação ou diminuição dos patógenos pela temperatura depende do tempo de exposição dos microrganismos patogênicos à alta temperatura (55 a 65°C) na compostagem e da distribuição uniforme da temperatura na massa do composto. Para a eliminação de *Escherichia coli* no bio sólido, há necessidade de um tempo de exposição de 60 minutos à temperatura de 60°C (Fernandes e Souza, 2001). Heck et al. (2013), no estudo da compostagem de lodo de esgoto com resíduos orgânicos domiciliares e poda de árvores, sugerem que a variação nas contagens de coliformes podem ser em decorrência da contaminação por fezes de aves, cachorros e outros animais que tenham acesso às leiras mantidas a céu aberto.

Os ovos de helmintos detectados nos compostos foram de *Ascaris* sp, *Trichuris* spp, *Capillaria* spp, *Hymenolepis nana* e *Toxocara canis*. A quantificação dos ovos totais e viáveis de helmintos expressos em número de ovos por grama de matéria seca (n. ovos g/MS) e as porcentagens de viabilidade e redução no primeiro e último dia de compostagem, estão descritos na Tabela 2.

O LE bruto expressou número de ovos por grama de matéria seca bem acima do aceitável pela legislação (<0,25 ovos viáveis g/MS). A quantidade de microrganismos patogênicos no LE reflete as condições sanitárias da população geradora, e a sua variação depende da região geográfica e o tipo e qualidade do tratamento do LE o qual foi submetido (Thomaz-Soccol et al., 1999). Paulino et al. (2001) evidenciaram alta quantidade de ovos totais de helmintos (683,4 ovos por litro) do bio sólido oriundo de regiões com baixo padrão de saúde da população residente, e o tratamento anaeróbio (reatores anaeróbios) com eficácia de 75% não foi suficiente para diminuir o número de ovos de helmintos em níveis aceitáveis.

Os tratamentos atingiram o valor de referência de acordo com a legislação (Paraná, 2009) nos dias 56 (T5) de compostagem, 70 (T3), 112 (T4), 126 (T1) e 154 (T2). Aos 168 dias de compostagem nenhum dos tratamentos apresentou ovos viáveis de helmintos, permanecendo assim, até a finalização do processo (280 dias). Nessas condições, quanto aos parâmetros parasitológicos, os compostos podem ser reaproveitados para uso agrícola.

Corrêa et al. (2007), na compostagem e vermicompostagem do lodo de esgoto com serragem, cavaco de madeira, poda de árvore e de grama,

observaram taxa de redução dos ovos viáveis entre 93 a 100% e relataram que o tratamento do lodo de esgoto com serragem e cavaco de madeira ainda expressou 0,34 ovos viáveis g/MS, na segunda fase mesofílica. Os autores ainda relataram que na mistura lodo e poda de árvore e de grama não foram detectados ovos viáveis de helmintos.

Heck et al. (2013), ao analisarem a compostagem de resíduos orgânicos domiciliares, poda vegetal oriundas de corte de árvores e lodo de esgoto da ETE de Porto Alegre/RS, verificaram que os parâmetros de temperatura e relação C/N, estiveram de acordo com o início e maturação do processo, e também que o composto maturado não apresentou ovos viáveis de helmintos, *Salmonella* sp e vírus entéricos.

Tabela 1 – Logaritmo do número mais provável de coliformes termotolerantes (log NMP/100mL), pela técnica de tubos múltiplos, dos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com o tempo (dias) de compostagem.

Dias	Tratamento				
	T1	T2	T3	T4	T5
zero	7,48	7,48	10,20	10,20	7,95
14	4,84	6,95	6,95	7,23	6,23
28	6,90	6,04	7,04	6,15	4,23
42	6,15	6,04	6,84	4,23	4,41
56	4,70	6,32	5,95	3,95	6,23
60	3,60	4,90	4,95	6,84	5,11
84	4,90	4,11	5,95	4,04	4,04
98	3,90	5,84	5,84	0,00	4,04
112	3,90	3,78	5,48	3,30	3,60
126	0,00	3,60	4,70	3,30	3,60
140	0,00	4,48	4,84	4,70	4,15
154	4,04	5,32	4,84	4,36	4,15
168	0,00	4,34	4,70	4,11	4,48
182	3,95	4,70	4,70	4,23	3,60
196	3,60	3,90	0,00	3,60	0,00
210	3,30	0,00	3,30	3,84	0,00
224	4,70	4,23	4,23	4,11	4,11
238	3,30	4,04	4,90	3,95	3,60
252	4,60	4,11	5,84	3,60	4,23
266	4,04	4,48	3,90	4,11	0,00

280	0,00	4,04	3,30	0,00	0,00
-----	------	------	------	------	------

T1=LE+BC; T2=LE+BC+P; T3=LE+BC+G; T4=LE+BC+CF; T5=LE+BC+P+G.

Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos dias zero e 280 dias de compostagem do lodo de esgoto.

Tempo (dias)	Tratamento	n. ovos	n. ovos viáveis	Viabilidade	Redução
		-----g.MS ⁻¹ -----	-----	-----%	-----
zero	T1	5,96	1,79	30	70
	T2	8,61	1,52	18	82
	T3	2,74	1,37	50	50
	T4	3,27	1,40	43	57
	T5	3,52	1,96	56	44
	LE	10,13	2,84	28	71
280	T1	0,53	0	0	100
	T2	0	0	0	100
	T3	0	0	0	100
	T4	0,45	0	0	100
	T5	0,75	0	0	100

T1=LE+BC; T2=LE+BC+P; T3=LE+BC+G; T4=LE+BC+CF; T5=LE+BC+P+G.

Quanto à pesquisa de *Cryptosporidium* spp e *Giardia* spp, não foram observados (oo)cistos dos protozoários pelas técnicas usuais de flutuação no LE e nos tratamentos, nas 102 amostras pesquisadas. Thomaz-Soccol et al. (1999) afirmaram que o lodo bruto ou produto derivado quando não tratado adequadamente, é considerado um risco à saúde da população, uma vez que a dose infectante desses protozoários é baixa. O material genômico de *Giardia* spp foi identificado em oito amostras a partir dos 154 dias do início da compostagem até aos 280 dias. Esta detecção a partir deste período pode ser devida à desintegração física do composto, pela diminuição do peso e altura dos tratamentos dentro das caixas, promovendo uma maior concentração e conseqüentemente uma melhor recuperação destes parasitas na biomassa. As duas amostras com identidade

genômica para *G. duodenalis* foram do T4 e T5, que exibiram redução de peso de 66% e 64%, respectivamente.

CONCLUSÃO

A alta temperatura, promovida pelos microrganismos termófilos durante a compostagem do lodo de esgoto com resíduos agroindustriais e urbanos, foi essencial para a eliminação dos patógenos indicadores de contaminação, como coliformes termotolerantes e ovos viáveis de helmintos, em conformidade com os valores exigidos pela legislação.

A identificação de material genômico de *Giardia* spp não caracteriza viabilidade do protozoário, tornando o composto indicado como bioestabilizado, para uso agrícola.

Agradecimentos: Fundação Araucária e Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Bandeirantes-PR).

REFERÊNCIAS

Appelbee, A.J., Frederick, L.M., Heitman, T.L., Olson, M.E., 2003. Prevalence and genotyping of *Giardia duodenalis* from beefcalves in Alberta, Canada. *Vet. Parasitol.* 11, 289–294.

Arthurson, V., 2008. Proper sanitization of sewage sludge: a critical issue for a sustainable society. *Appl. Environ. Microbiol.* 74, 5267-5275.

Bonatti, T.R., Franco, R.M.B., Cantusio Neto, R., 2007. Comparison of two methodologies for detection of *Giardia* spp. Cysts and *Cryptosporidium* spp. Oocysts in activated sludge samples from a sewage treatment plant in the city of Campinas, São Paulo State, Brazil. *J. Water Health* 5, 609-614.

Brasil, 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009, Brasília, Brasil.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Coliformes totais e fecais – determinação pela técnica de tubos múltiplos: método de ensaio. São Paulo, 1993, 39p. (Norma Técnica, L5.202)

- Corrêa, R.S., Fonseca, Y.M.F., Corrêa, A.S., 2007. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* 11, 420-426.
- Faust, E.C., Sawitz, W., Tobie, J., Odom, V., Peres, C., Lincicome, D.R., 1939. Comparative efficiency of various technics for the diagnosis of protozoa and helminth in feces. *J. Parasit.* 25, 241-262.
- Fernandes, F., Souza, S.G., 2001. Estabilização de lodo de esgoto. In: Andreoli, C.V. (Ed.), *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. ABES, Rio de Janeiro, pp. 29-55.
- Ferreira, A.C., Andreoli, C.V., 1999. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In: Lara, A.I., Ferreira, A.C., Andreoli, C.V., Pegorini, E.S., Ihlenfeld, R.G.K. (Eds.), *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura*. Prosab, Curitiba, pp. 21-26.
- Heck, K., De Marco, E.G., Hahn, A.B.B., Kluge, M., Spilki, F.R., Van Der Sand, S.T., 2013. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* 17, 54-59.
- Hopkins, R.M., Meloni, B.P., Groth, D.M., Wetherall, J.D., Reynoldson, J.A., Thompson, C.A., 1997. Ribosomal RNA sequencing reveals differences between the genotypes of *Giardia* isolates recovered from humans and dogs living in the same locality. *J. Parasitol.* 83, 44-45.
- Ihlenfeld, R.G.K., 1999. Higienização do lodo de esgoto. In: Lara, A.I., Ferreira, A.C., Andreoli, C.V., Pegorini, E.S., Ihlenfeld, R.G.K. (Eds.), *Uso do manejo do lodo de esgoto na agricultura*. Prosab, Curitiba, pp. 27-40.
- Khalil, A.I., Hassouna, M.S., El-Ashqar, H.M.A., Fawzi, A., 2011. Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge. *World J. Microb. Biotech.* 27, 2359-2369.
- Kiehl, E.J., 2012. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*, 6th ed. DeGaspari, Piracicaba, 171p.
- Olinto, F.A., Andrade, F.D., Sousa Júnior, J.R., Silva, S.S., Silva, G.D., 2012. Compostagem de Resíduos Sólidos. *Rev. Verde* 7, 40-44.
- Paraná, 2009. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA n. 021/09. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. *Diário Oficial do Estado do Paraná*, Curitiba, 7962, pp. 13-16.
- Paredes Filho, M.V., 2011. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. *Rev. Agroambiental* 3, 73-80.
- Paulino, R.C., Castro, E.A., Thomaz-Soccol, V., 2001. Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 34, 421-428.

Santos, L.U., Cantusio Neto, R., Franco, R.M.B., Guimarães, J.R., 2011. Detecção de oocistos de *Cryptosporidium* spp e cistos de *Giardia* spp em amostras de lodo de esgoto bruto ou tratado: avaliação crítica dos métodos. Eng. Sanit. Ambient. 16, 115-120.

Sheather, A.L., 1923. The detection of intestinal protozoa and mange parasites by a flotation technique. J. Comp. Pathol. Therap. 36, 266-275.

Valente, B.S., Xavier, E.G., Morselli, T.B.G.A., Jahnke, D.S., Brum Jr., B.S., Cabrera, B.R., Moraes, P.O., Lopes, D.C.N., 2009. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Arch. Zootec. 58, 59-85.

Thomaz-Soccol, V., Paulino, R.C., Castro, E.A., 1999. Agentes Patogênicos: Helmintos e Protozoários em biossólido. In: Andreoli, C., Fernandes, F. (Eds), Reciclagem de biossólidos, Transformando problemas em soluções. Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), Curitiba, pp. 156-179.

Thomaz-Soccol, V., Paulino, R.C., Castro, E.A., 2000. Metodologia para análise parasitológica em lodo de esgoto. In: Andreoli, C.V., Bonnet, B.R.P. (Eds.), Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Prosab, Curitiba, pp. 27-41.

Xiao, L., Morgan, U.M., Limor, J., Escalante, A., Arrowood, M., Shulaw, W., Thompson, R.C.A., Fayer, R., Lal, A.A., 1999. Genetic Diversity within *Cryptosporidium parvum* and Related *Cryptosporidium* Species. Appl. Environ. Microbiol. 65, 3386–3391.

USO DE COMPOSTOS DE LODO DE ESGOTO COMO CONDICIONANTES DE SOLO

Liza Ogawa^a, Leopoldo Sussumu Matsumoto^b, Conceição Aparecida Cossa^b,
Fernanda Maria de Oliveira Dias^b, Roberta Lemos Freire^c, Itamar Teodorico
Navarro^c

RESUMO: O presente estudo avaliou a compostagem do lodo de esgoto urbano (LE) com diferentes resíduos, para aplicação como condicionante de solo. Os resíduos empregados foram bagaço de cana (BC), cama de frango (CF), poda de árvore (PA) e aparas de grama (G). Os substratos foram obtidos pela compostagem do LE nos tratamentos: T1 (LE+BC), T2 (LE+BC+PA), T3 (LE+BC+G), T4 (LE+BC+CF) e T5 (LE+BC+PA+G). A mistura foi baseada na relação C/N dos resíduos, sendo próxima de 30/1. Aos 280 dias de compostagem os tratamentos estavam higienizados, quanto aos indicadores de contaminação microbiana e parasitária, e foram mensurados quanto aos parâmetros físico-químicos. O teste de germinação foi realizado com sementes de alface americana, em substratos com a mistura de solo, areia e produto final da compostagem dos cinco tratamentos nas proporções (v/v/v) 1:1:0,5, 1:1:1 e 1:1:2. Como teste controle foi aplicado areia pura e a contagem de sementes germinadas foi diária, para o cálculo da porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). Todos os compostos de lodo de esgoto exibiram valores conforme exigidos pela legislação brasileira, quanto à matéria orgânica, carbono, nitrogênio e metais pesados, diferindo quanto aos teores de macro e micronutrientes. Quanto ao teste de germinação, o T2 demonstrou maiores porcentagens de germinação nas proporções testadas, e o maior valor de IVG foi a mistura 1:1:1 do T2. Os substratos com T1 e T4 apresentaram toxicidade elevada, com germinação inferior ao controle. Conclui-se que os compostos T2, T3 e T5 podem atuar como condicionadores de solo, no entanto, os tratamentos com apenas bagaço de cana (T1) e cama de frango e bagaço de cana (T4) exibiram toxicidade.

Palavras-chave: Bio sólido. Compostagem. Poda de árvore. Aparas de grama. Melhorador do solo. *Lactuca sativa*

^a Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Caixa Postal 261, CEP 86.360-000, Bandeirantes, PR, Brasil. e-mail: logawa@uenp.edu.br e itamar@uel.br

^b Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, Brasil.

^c Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Londrina, Paraná, Brasil.

ABSTRACT: This study evaluated the composting of urban sewage sludge (SS) with different wastes for use as a soil conditioner. Employees were waste of sugar cane bagasse (BC), poultry litter (PL), tree pruning (TP) and grass clippings (G). The substrates were obtained by composting in the SS treatments: T1 (SS + CB), T2 (SS + CB + TP), T3 (SS + CB + G), T4 (SS + CB + PL) and T5 (SS + CB + TP + G). The mixture was based on the C/N ratio, being close to 30/1. At 280 days of composting treatments were sanitized, as for microbial and parasitic contamination indicators, and were measured for physico-chemical parameters. The germination test was performed with lettuce seeds, substrates with the mixture of soil, sand, compost and final product of the five treatments in the proportions (v/v/v) 1:1:0.5, 1:1:1 and 1:1:2. As a control test was applied pure sand and counting germinated seeds was daily, to calculate the germination percentage and germination speed index (GSI). All compounds of sewage sludge exhibited values as required by Brazilian law, as the organic matter, carbon, nitrogen and heavy metals, differing as regards levels of macro and micronutrients. As for the germination test, T2 demonstrated higher germination percentages in the proportions tested, and the highest value of GSI was 1:1:1 mixture of T2. The substrates with T1 and T4 showed high toxicity, under the control germination. It is concluded that the compounds T2, T3 and T5 can act as soil conditioners, however, treatments with only bagasse (T1) and chicken manure and bagasse (T4) exhibited toxicity.

Keywords: Biosolids. Composting. Tree pruning. Grass clippings. Soil improver. *Lactuca sativa*.

INTRODUÇÃO

A produção de lodo de esgoto no Brasil é estimada entre 150 a 220 mil toneladas por ano. O destino final do lodo bruto, na maioria dos sistemas de esgotos dos municípios brasileiros, é o despejo em coleções de água, causando importante impacto ambiental (Rocha; Shirota 1999, Pedroza et al. 2010).

O lodo de esgoto pode ser reutilizado após tratamento adequado, pois contém nutrientes para o desenvolvimento das plantas e matéria orgânica para o solo. Em contrapartida contém microrganismos patogênicos e metais pesados, devendo ser disposto no solo de forma segura, em níveis que não apresentem riscos à saúde pública (Fernandes; Silva 1999, Paredes Filho 2011, Heck et al. 2013).

Dos tratamentos propostos para diminuir os patógenos do lodo de esgoto aos níveis aceitáveis pela legislação, a compostagem tem se mostrado como uma das mais eficientes. Neste processo, ocorre degradação microbiana da matéria orgânica do lodo bruto, gerando um produto final sem efeito inibitório ou tóxico às plantas e ao solo, e seguro quanto à eliminação de microrganismos patogênicos (Fernandes; Silva 1999, Paredes Filho 2011). Para o bom desenvolvimento da

compostagem é importante o monitoramento e controle de parâmetros físico-químicos, metais pesados, microbiológicos e parasitológicos (Fernandes; Silva 1999, Ilhenfeld 1999, Bettiol; Camargo 2006).

Os produtos de compostagem do lodo de esgoto podem atuar como condicionante de solos, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. A melhoria da qualidade do solo é, principalmente, pela matéria orgânica presente no composto, pois solos tropicais e subtropicais do Brasil geralmente são pobres em matéria orgânica (Rocha; Shirota 1999, Araújo et al. 2009, Kolling et al. 2013).

O objetivo foi avaliar os diferentes tratamentos de compostagem do lodo de esgoto urbano com resíduos agroindustriais e urbanos, e sua aplicação como condicionante de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O lodo de esgoto urbano bruto (LE) foi coletado da lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na região Norte do Estado do Paraná, e mantido sobre lonas plásticas ao sol, para diminuir a umidade excessiva e facilitar sua mistura com outros resíduos. Para a compostagem do LE foram utilizados os resíduos: bagaço de cana de açúcar (BC), cama de frango (CF), poda de árvore (PA) e aparas de grama (G).

Amostras dos resíduos foram encaminhadas para o laboratório de referência do Estado do Paraná, para quantificação de Nitrogênio e Carbono, com a finalidade de realizar as proporções das misturas pela relação C/N, próxima à 30/1 (Fernandes; Silva 1999). Após a verificação da relação C/N dos resíduos, iniciou-se a mistura manual (volume/volume) dos seguintes tratamentos (T):

T1: LE + BC, na proporção 1:1,5 (relação C/N 29,4)

T2: LE + BC + PA, na proporção 1:2:1,5 (C/N 30)

T3: LE + BC + G, na proporção 1:2,5:1 (C/N 29,4)

T4: LE + BC + CF, na proporção 1:3:1 (C/N 30,3)

T5: LE + BC + PA + G, na proporção 1:2:0,5:0,5 (C/N 29)

As misturas foram mantidas em caixas de polipropileno de 300 litros com medidas externas de 100 cm largura x 60,5 cm de comprimento x 58,5 cm altura, perfuradas em suas laterais e seu fundo (furos de 0,3 cm), e contendo tubo

perfurado de PVC para aeração forçada por injeção de ar com auxílio de um compressor. Após o preenchimento até a altura das caixas (50 cm), as misturas foram recobertas com uma camada de 5 cm de bagaço de cana para proteger contra o ressecamento superficial e umidificadas por aspersão.

Os tratamentos foram submetidos à compostagem na forma estática (sem revolvimento), no período de fevereiro a novembro de 2013 (280 dias). A temperatura dos tratamentos foi aferida diariamente no período da manhã (8h) e à tarde (13h e 16h), por meio de termômetro digital tipo espeto (Multi-Thermometer[®]), com escala de temperatura entre - 50°C a + 150°C e resolução de 0,1°C.

Ao final da compostagem (280 dias) todos os tratamentos expressaram valores estabelecidos pela legislação, quanto aos indicadores de contaminação microbiana ($<10^3$ número mais provável em 100mL) e parasitária ($<0,25$ ovos por grama de matéria seca). Iniciou-se a secagem dos tratamentos por revolvimento, por seis dias, e peneiramento em malha de 2 mm, para uniformizar a granulometria dos compostos.

Amostras dos compostos do LE foram encaminhadas para o laboratório de referência no Estado do Paraná para análise dos parâmetros de pH em solução de cloreto de cálcio (CaCl_2); umidade; sólidos totais (ST); sólidos voláteis; teores de Carbono orgânico, Nitrogênio (N), Fósforo (F), Potássio (K), Enxofre (S), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni), e Cromo (Cr). As metodologias empregadas foram de acordo com as indicadas pela Resolução 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (Brasil 2006).

O teste de germinação foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil 2009). Cem sementes não tratadas de alface americana (*Lactuca sativa*) foram semeadas em duplicatas sobre os substratos em caixas plásticas tipo gerbox. Os substratos continham a mistura de solo, areia e produto final da compostagem do LE (T1, T2, T3, T4 e T5), nas proporções (v/v/v) 1:1:0,5, 1:1:1 e 1:1:2. Foi utilizada como teste controle areia pura, recomendada para germinação de alface, conforme Brasil (2009).

As caixas foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD (Cienlab[®]) a $20\pm 2^\circ\text{C}$ e a contagem foi realizada diariamente até o 7º dia. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram exposição de radícula, e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

Com o número de sementes germinadas por dia, calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire 1962), calculado pela fórmula $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_N/G_N$, onde G = número de sementes germinadas observadas em cada contagem; N = número de dias da semeadura a cada contagem.

Os dados obtidos do teste de germinação foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey com nível de significância de 5%, pelos programas Sisvar (Ferreira 2011) e STATISTICA versão 7.0 (StatSoft, Inc. 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os tratamentos apresentaram temperaturas altas no segundo dia de compostagem, variando entre 43,4 a 53,5°C, indicando o equilíbrio físico-químico e microbiológico da mistura dos resíduos, que conduz a uma boa evolução do processo (Fernandes; Silva 1999).

No início da compostagem predominam os microrganismos mesofílicos que se desenvolvem em temperatura ótima de 25 a 40°C. Quando esta microbiota inicia a decomposição da matéria orgânica, aumenta a temperatura do composto, favorecendo a multiplicação de microrganismos termófilos (Kiehl 2012). As altas temperaturas na fase termofílica favorecem a estabilização do composto pela destruição de microrganismos patogênicos, como coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, e a rápida degradação da matéria orgânica (Fernandes; Souza 2001, Paredes Filho 2011). Durante a fase termofílica foram registradas temperaturas de 55°C (T1); 59,5°C (T2); 58°C (T3); 64,8°C (T4) e 57,7°C (T5).

Quando a maior parte da matéria orgânica for degradada, gradativamente diminui a atividade dos termófilos e inicia a nova colonização dos mesófilos (Kiehl 2012). Nesta fase, aos 280 dias de compostagem, a temperatura dos tratamentos oscilou entre 32°C a 40°C. Ao final da compostagem deve-se confirmar, pelos parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação, se o produto contém as qualidades e características para ser utilizado com segurança como fertilizante orgânico ou condicionador de solo (Kiehl 2012).

O índice pH fornece uma boa informação sobre o estado de decomposição de uma matéria orgânica quando maturada. No início da compostagem a reação da matéria orgânica é geralmente ácida, e aumenta

gradualmente com a evolução do processo e, na estabilização do composto, atinge valores entre 7,0 e 8,0 (Kiehl 2012). A legislação brasileira considera como aceitável o parâmetro de pH no valor mínimo de 6,0, com tolerância até 5,4. Apenas T2 e T4 expressaram valores de pH condizente a de um composto estabilizado (Tabela 1). Todavia, para afirmar com segurança se o composto está estabilizado ou maturado, além do valor do pH, convém a complementação de outros parâmetros, como a relação C/N, entre outros (Kiehl 2012).

A acidez e/ou alcalinidade do solo e/ou fertilizantes pode alterar o desenvolvimento das culturas, a disponibilidade de nutrientes e, principalmente, o comportamento de metais pesados no solo (Abreu Junior et al. 2005, Bettiol & Camargo 2006). Neste caso, para os T1, T2, T3 e T5, sugere-se a aplicação de calcário para correção do pH, de acordo com a recomendação da cultura, antes da aplicação destes compostos ao solo e da semeadura (Abreu Junior et al. 2005).

A legislação brasileira estabelece em “Classe D” o fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura, e especifica a umidade máxima para esta classe em 70% (Brasil, 2009b). Neste contexto, todos os tratamentos demonstraram um teor de umidade aceitável (Tabela 1).

A alta umidade do composto (acima de 60%) prejudica o seu beneficiamento, pois ainda pode exalar odor desagradável e o seu armazenamento dificultado por conta do processo de putrefação; por outro lado, composto com umidade inferior a 12% terá a atividade biológica cessada e insolubilização de alguns nutrientes minerais (Fernandes; Silva 1999, Kiehl 1985, 2012).

Produto derivado de lodo de esgoto, para fins de uso agrícola, é considerado estável quando a relação entre os sólidos voláteis e totais for inferior a 0,70 (Paraná 2009). Um composto não estável, por conta do seu alto conteúdo de sólidos voláteis, pode atrair insetos (vetores de agentes patogênicos) e liberar odores desagradáveis durante o armazenamento (Ferreira; Andreoli 1999). Outro parâmetro indicativo da estabilidade do produto composto é a relação C/N (Heck et al. 2013). Valores inferiores a 20 e próximos de 10 caracterizam um composto maturado (Pedrosa et al. 2013). Os resultados das relações de SV/ST e C/N do T1 (LE+BC) assinalam a necessidade de um tempo superior de compostagem para esta mistura (Tabela 1).

Tabela 2 – Substâncias orgânicas tóxicas (metais pesados) dos tratamentos de lodo de esgoto aos 280 dias e valores de referência.

Tratamento/ Elemento (mg.kg ⁻¹)	T1	T2	T3	T4	T5	LB	Concentração máxima permitida (mg.kg ⁻¹)*
Cádmio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20
Chumbo	0,554	0,520	0,578	0,353	0,558	1,083	300
Cromo	66,48	59,64	73,56	57,36	64,08	92,52	1000
Níquel	15,12	13,86	17,10	12,66	15,60	21,60	420

*Paraná (2009). T1=LE+BC; T2=LE+BC+P; T3=LE+BC+G; T4=LE+BC+CF; T5=LE+BC+P+G; ND=Não Detectado.

A composição química do bagaço de cana pode influenciar no tempo de compostagem. As bactérias, fungos e actinomicetos são os principais microrganismos na compostagem que degradam a matéria orgânica, transformando em húmus. No início do processo de compostagem há decomposição de materiais facilmente degradáveis, como açúcares, amidos, entre outros, permanecendo para o final da compostagem a degradação dos mais resistentes, como celulose, entre outros (Kiehl 2012). A celulose geralmente se encontra associada às formas de lignina, que é mais resistente à decomposição microbiana, prolonga o tempo para degradação (Francou et al. 2008). O bagaço de cana é um produto fibroso, composto basicamente de celulose, hemicelulose e lignina (Oliveira et al. 2011). Como o tempo de compostagem depende do teor de lignina da matéria orgânica, o T1 necessita de uma duração maior do processo para a sua estabilidade, melhorando também a sua relação C/N.

Os tratamentos do lodo de esgoto expressaram valores conforme estabelecidos pela legislação nos parâmetros de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio, e a composição foi variável quanto aos teores de macro e micronutrientes. O lodo de esgoto e produtos derivados contribui com o desenvolvimento de plantas, ao fornecer nutrientes, e melhoram as condições físicas do solo proporcionadas pela matéria orgânica do bio sólido. Entretanto, a composição química do adubo orgânico nem sempre é equilibrada e, por isso, pode necessitar de complementação com fertilizantes minerais. Para isso, deve-se conhecer a qualidade química do composto em conjunto com as propriedades do solo, exigência nutricional e produtividade da planta, entre outros (Abreu Junior et al. 2005, Bettioli & Camargo 2006, Abreu et al. 2009).

Scheer et al. (2012a), ao analisarem o uso de substratos com lodo de esgoto para produção de mudas da árvore dedaleiro (*Lafoensia pacari*), sugeriram o complemento de fertilizantes químicos para melhorar o rendimento e eficiência de produção de mudas.

Quanto à detecção de substâncias orgânicas tóxicas, o LE e todos os tratamentos demonstraram valores bem abaixo que a legislação permite. Entretanto, deve-se levar em conta o efeito cumulativo de metais pesados no solo pelo composto de lodo aplicado sucessivamente, no decorrer dos anos (Ghosh et al. 2012). É recomendado o monitoramento da aplicação de compostos de LE no solo, pois os elementos Zn, Cu e Ni, principalmente, em teores elevados podem ser

fitotóxicos e podem alterar a atividade dos microrganismos do solo (Abreu Junior et al. 2005, Bettioli; Camargo 2006).

Em relação ao teste de germinação (Tabela 3), optou-se pela alface por ser uma boa cultura bioindicadora da fitotoxicidade (Charles et al. 2011), apesar do uso proibido de compostos de lodo de esgoto como matéria-prima no cultivo de hortaliças (Abreu et al. 2009).

Sementes da alface em substratos com o T2 (LE+BC+P) exibiram maiores porcentagens de germinação em todas as proporções testadas (0,5, 1 e 2), superiores inclusive ao controle (Tabela 3). O maior valor de IVG foi a mistura 1:1:1 do T2. O IVG indica a maior germinação média diária e, assim, o melhor tratamento. O T3 obteve valores próximos aos obtidos do T2, em sua mistura 1:1:0,5. Estes resultados obtidos do T2 e T3 podem ser pela maior concentração de nutrientes destes tratamentos, em comparação aos demais (Tabela 1).

Scheer et al. (2012b) constataram que o substrato de composto de lodo de esgoto com podas de árvores, quando comparado ao substrato comercial, favoreceram um maior crescimento de mudas de jasmim amarelo (*Jasminum mesnyi*) pela alta quantidade de macronutrientes (C e P) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn).

Tabela 3 – Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de *Lactuca sativa* em diferentes composições de substratos e dosagem dos tratamentos de lodo de esgoto.

Composição do Substrato (v/v/v)	Germinação (%)			Índice de Velocidade Germinação		
	Dosagem do Composto					
	0,5	1	2	0,5	1	2
Areia pura	46,5 ^{ABa}	46,5 ^{ABCa}	46,5 ^{ABa}	29,30 ^{ABa}	29,30 ^{Aa}	29,30 ^{Aa}
S+A+T1	26,5 ^{Ba}	21,0 ^{CDa}	20,0 ^{BCa}	5,43 ^{Ca}	4,55 ^{Ca}	4,02 ^{Ba}
S+A+T2	72,0 ^{Aa}	72,0 ^{Aa}	69,5 ^{Aa}	32,56 ^{Aa}	34,34 ^{Aa}	32,88 ^{Aa}
S+A+T3	64,5 ^{Aa}	60,0 ^{ABa}	45,5 ^{ABa}	33,08 ^{Aa}	27,69 ^{ABa}	21,90 ^{Aa}
S+A+T4	24,0 ^{Ba}	8,0 ^{Da}	5,0 ^{Ca}	7,51 ^{Ca}	2,55 ^{Ca}	0,85 ^{Ba}
S+A+T5	41,0 ^{ABa}	36,0 ^{BCDa}	52,0 ^{Aa}	14,58 ^{BCa}	11,71 ^{BCa}	21,98 ^{Aa}

S=Solo, A=Areia, T1=LE+BC, T2=LE+BC+P, T3=LE+BC+G, T4=LE+BC+CF, T5=LE+BC+P+G. Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%.

O substrato com composto T4, apresentou o pior rendimento em porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação dentre todos os tratamentos, porém não houve diferença significativa entre as dosagens utilizadas deste composto. No entanto, o aumento da dosagem do composto apresenta uma correlação (r) negativa nos parâmetros de %G e IVG de $r=0,64$ e $r=0,65$, respectivamente. A análise química evidenciou elevadas concentrações de Fe no T1 e Mn no T4. Estes micronutrientes são essenciais às plantas, mas em alta dosagem podem ser tóxicos, causando diminuição da microbiota e da sua atividade no solo. Ao alterar a atividade microbiológica do solo, os elementos alteram a sua disponibilidade para as plantas, assim como sua solubilidade e movimentação no perfil do solo (Bettiol; Camargo 2006).

CONCLUSÃO

Os compostos de lodo de esgoto exibiram valores conforme exigidos pela legislação nos parâmetros de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio e metais pesados, diversificando quanto aos teores de macro e micronutrientes. Os substratos com T1 (LE+BC) e T4 (LE+BC+CF) apresentaram alta toxicidade, sendo necessários mais estudos sobre os níveis de substâncias tóxicas nestes tratamentos. Os compostos com podas de árvore (T2) e aparas de grama (T3) podem ser recomendados como condicionadores de solo.

Agradecimentos: Fundação Araucária, Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Bandeirantes-PR).

REFERÊNCIAS

- Abreu, M.F., Abreu Junior, C.H., Silva, F.C., Santos, G.C.G., Andrade, J.C., Gomes, T.F., Coscione, A.R., & Andrade, C.A. (2009). Análises químicas de fertilizantes orgânicos (urbanos). In: *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*, pp. 397-485. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil.
- Abreu Junior, C.H., Boaretto, A.E., Muraoka, T., & Kiehl, J.C. (2005) Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos em Ciências do Solo*, 4, 391-470.

Araújo, F.F., Gil, F.C., & Tiritan, C.S. (2009) Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(1), 1-6.

Bettiol, W., Camargo, O.A.A (2006). A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: *Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura*, pp. 25-35. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, Brasil.

Brasil (1983). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Normas sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e modelos oficiais a serem usados pela inspeção e fiscalização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes*. Portaria n. 01, de 04 de março de 1983. Brasília, Brasil.

Brasil (2006). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 375. *Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, (167), 141-146.

Brasil (2009a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, Mapa/ACS. 339p.

Brasil (2009b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura*. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009, Brasília, Brasil.

Canteri, M.G., Althaus, R.A., Virgens Filho, J. S., Giglioti, E. A., & Godoy, C. V. (2001) SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, 1(2),18-24.

Charles, J., Sancey, B., Morin-Crini, N., Badot, P., Degiorgi, F., Trunfio, G., & Crini, G. (2011) Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 2057-2064.

Fernandes, F., & Silva, S.M.C.P. (1999). *Manual prático para a compostagem de bio sólidos: lodo*, 84 p. ABES, Rio de Janeiro, Brasil.

Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, 35(6), 1039-1042.

Ferreira, A.C., & Andreoli, C.V. (1999) Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In: *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura*, pp. 08-20. PROSAB, Curitiba, Brasil.

Francou, C., Linères, M., Derenne, S., Villio-Poitrenaud, M.L., & Houot, S. (2008) Influence of green waste, biowaste and paper-cardboard initial ratios on organic matter transformations during composting. *Bioresource Technology*, 99, 8926-8934.

Ghosh, A.K., Bhatt, M.A., & Agrawal, H.P. (2012) Effect of long-term application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grow in Northern India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 1025-1036.

Heck, K., De Marco, E.G., Hahn, A.B.B., Kluge, M., Spilki, F.R., & Van Der Sand, S.T. (2013) Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(1), 54-59.

Ilhenfeld, R.G.K. (1999) Higienização do lodo de esgoto. In: *Uso do manejo do lodo de esgoto na agricultura*, pp. 27-40. PROSAB, Curitiba, Brasil.

Kiehl, E.J. (1985) *Fertilizantes orgânicos*, 492p. Agronômica Ceres Ltda., São Paulo, Brasil.

Kiehl, E.J. (2012) *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*, 171p. DeGaspari, Piracicaba, Brasil.

Kolling, F.D., Busnello, J.F., Moura, C.L. & Dalla Costa, R. (2013) Processo de compostagem aeróbica utilizando lodo de esgoto associado a diferentes fontes de resíduos. *Cadernos de Agroecologia*, 8(2), 1-5.

Maguire, J.D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.

Oliveira, T.S., Rocha Júnior, V.R., Reis, S.T., Aguiar, E.F., Souza, A.S., Silva, G.W.V, Dutra, E.S., Silva, C.J., Abreu, C.L. & Bonalti, F.K.Q. (2011) Composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com diferentes doses de uréia e soja grão. *Archivos de Zootecnia*, 60(231), 625-635.

Paraná. (2009) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA n. 021/09. *Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento*. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, (7962), 13-16.

Paredes Filho, M.V. (2011) Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. *Revista Agroambiental*, 3(3), 73-80.

Pedrosa, T.D., Farias, C.A.S., Pereira, R.A. & Farias, E.T.R. (2013) Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. *Nativa*, 1(1), 44-48.

Pedroza, M.M., Vieira, G.E.G., Sousa, J.F., Pickler, A.C., Leal, E.R.M. & Milhomen, C.C. (2010) Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato*, 11(16), 89-188.

Rocha, M.T., & Shiota, R. (1999) Disposição final de lodo de esgoto. *Revista de Estudos Ambientais*, 1(3), 1-25.

Scheer, M.B., Carneiro, C., Bressan, O.A. & Santos, K.G. (2012a) Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. *Floresta e Ambiente*, 19(1), 55-65.

Scheer, M.B., Carneiro, C., Bressan, O.A. & Santos, K.G. (2012b) Mudras de *Jasminum mesnyi* Hance produzidas com substratos à base de lodo de esgoto compostado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 16, 931-937.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

CONCLUSÃO

- A alta temperatura na fase termofílica, durante a compostagem do lodo de esgoto e resíduos estruturantes (BC, CF, PA e G), foi fundamental na inativação dos ovos de helmintos e de coliformes termotolerantes.

- O T1 (LE+BC), apesar de livre de patógenos, demanda um tempo maior de compostagem, por apresentar características de um produto não estabilizado, demonstrado por seus valores de pH, relações SV/ST e C/N, e toxicidade, em especial, da alta concentração de ferro.

- O T4 (LE+BC+CF) foi o tratamento que atingiu a mais alta temperatura em menos tempo, e conseqüentemente perdeu peso expressivamente pela rápida degradação da matéria orgânica. Entretanto, a sua qualidade físico-química ao final da compostagem evidenciou toxicidade devido ao alto acúmulo de manganês, principalmente.

- Os compostos com podas de árvore (T2), aparas de grama (T3) e a mistura de ambos (T5) podem ser recomendados com segurança como condicionadores de solo, já que não evidenciaram toxicidade e estavam desprovidos de patógenos.

APÊNDICES

Figura 1 – Vista aérea das lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR.



Fonte: Roncon (2006)

Figura 2 – Lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR (a-c).



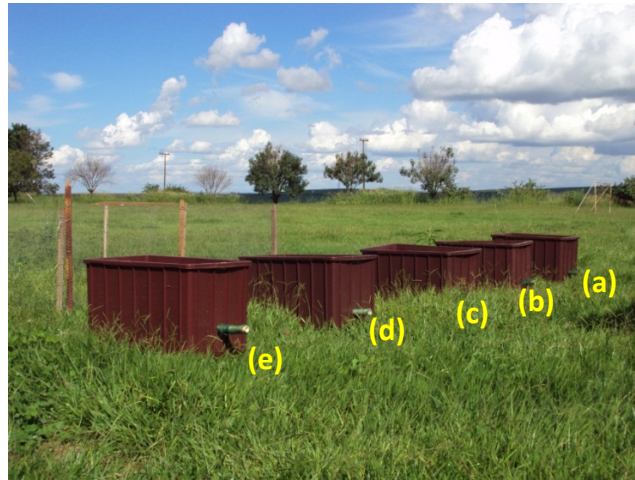
Figura 3 – Coleta do lodo de esgoto na lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR (a-b).



Figura 4 – Secagem do lodo de esgoto coletado na lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Bandeirantes-PR.

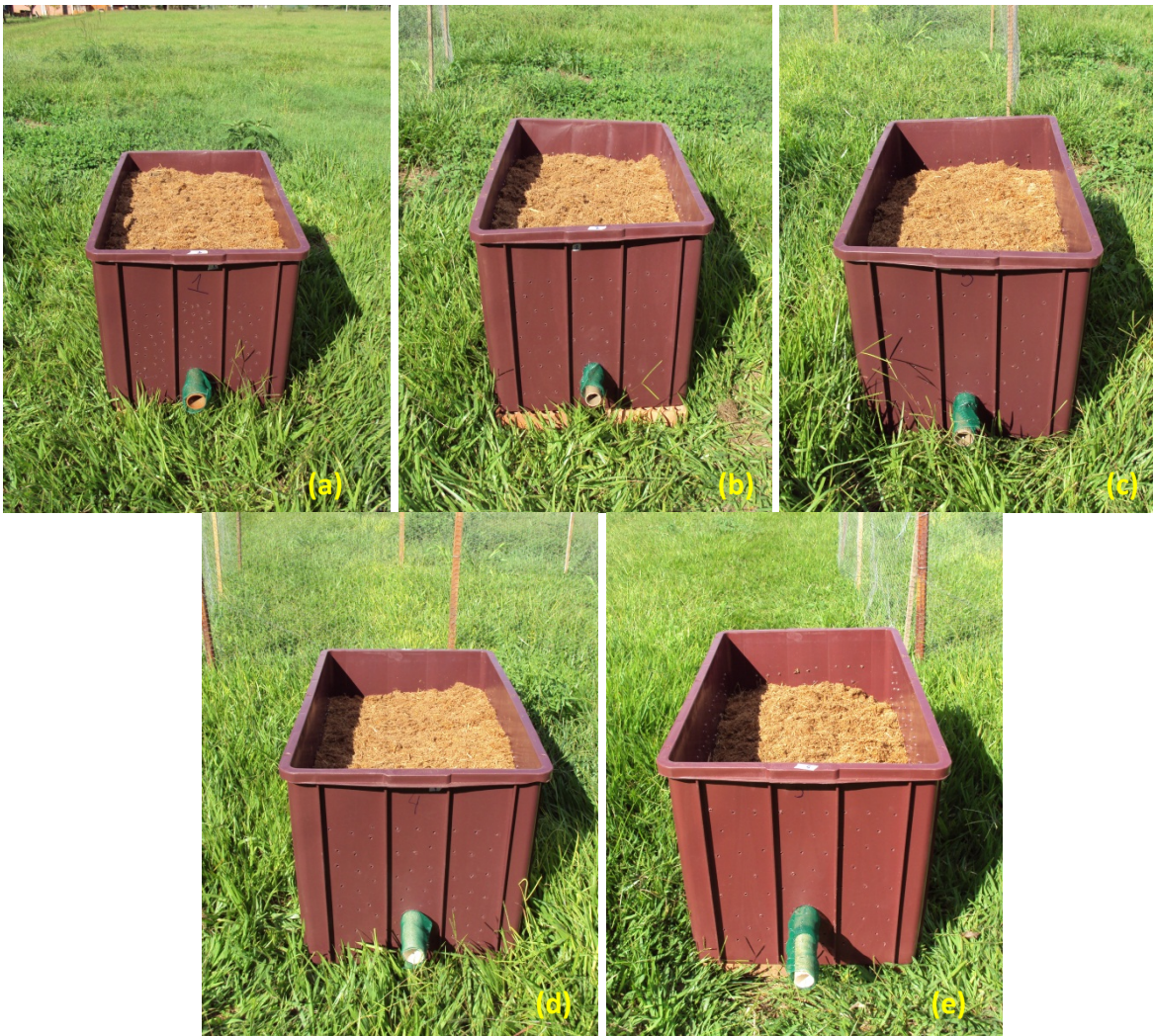


Figura 5 – Caixas com as cinco misturas/tratamentos para compostagem no dia zero (23/02/2013).



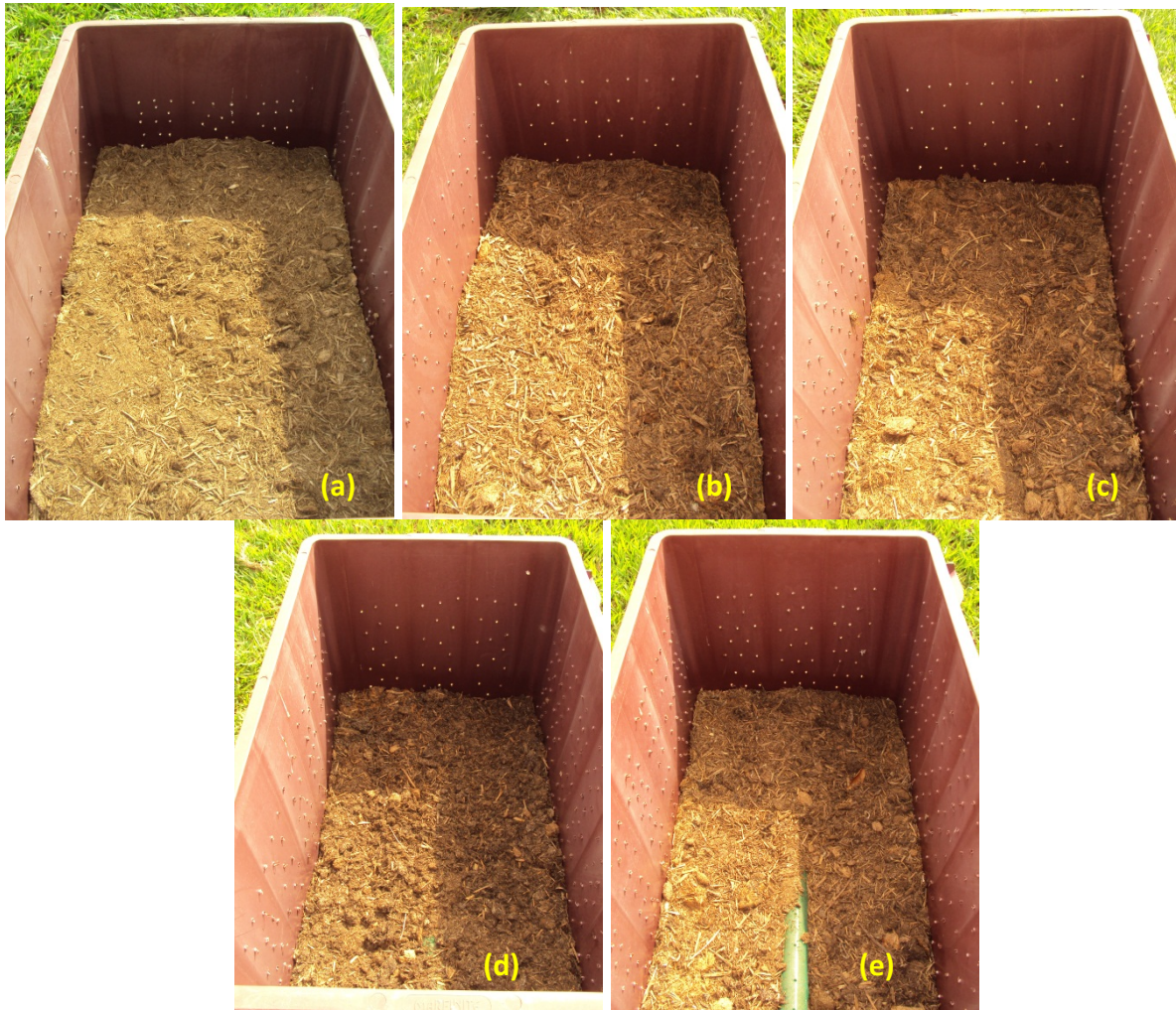
(a) Tratamento 1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5

Figura 6 – Caixas com misturas/tratamentos no dia zero de compostagem (23/02/2013).



(a) Tratamento 1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5.

Figura 7 – Caixas com misturas/tratamentos aos 280 dias de compostagem (30/11/2013).



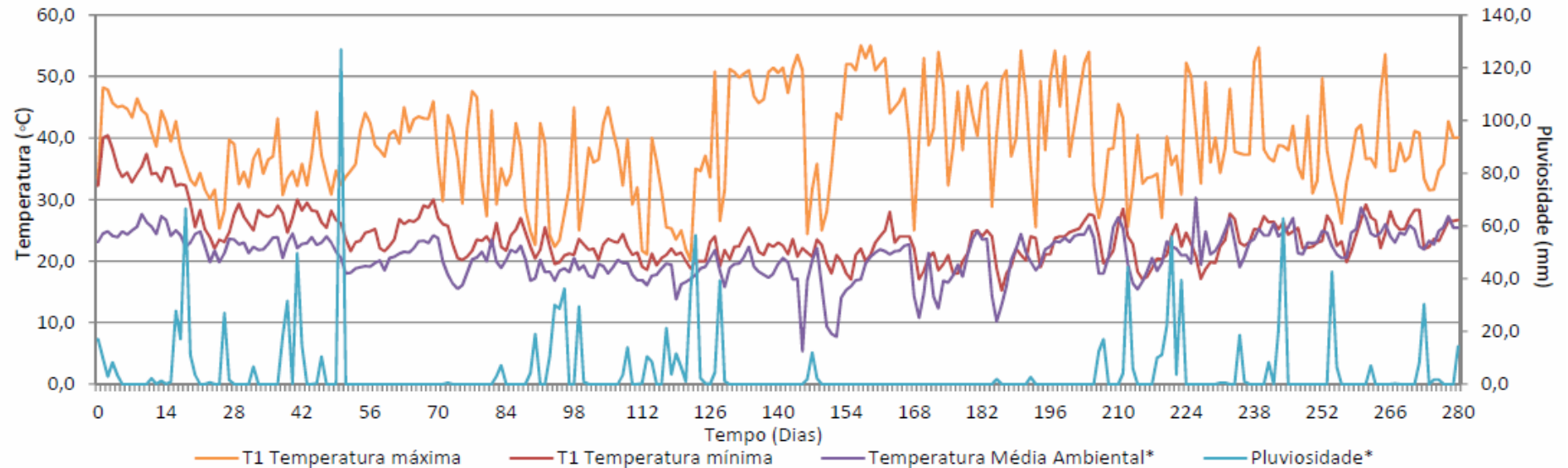
(a) Tratamento 1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5.

Figura 8 – Peneiração das misturas/tratamentos após 280 dias de compostagem (30/11/2013).



(a) Tratamento 1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5.

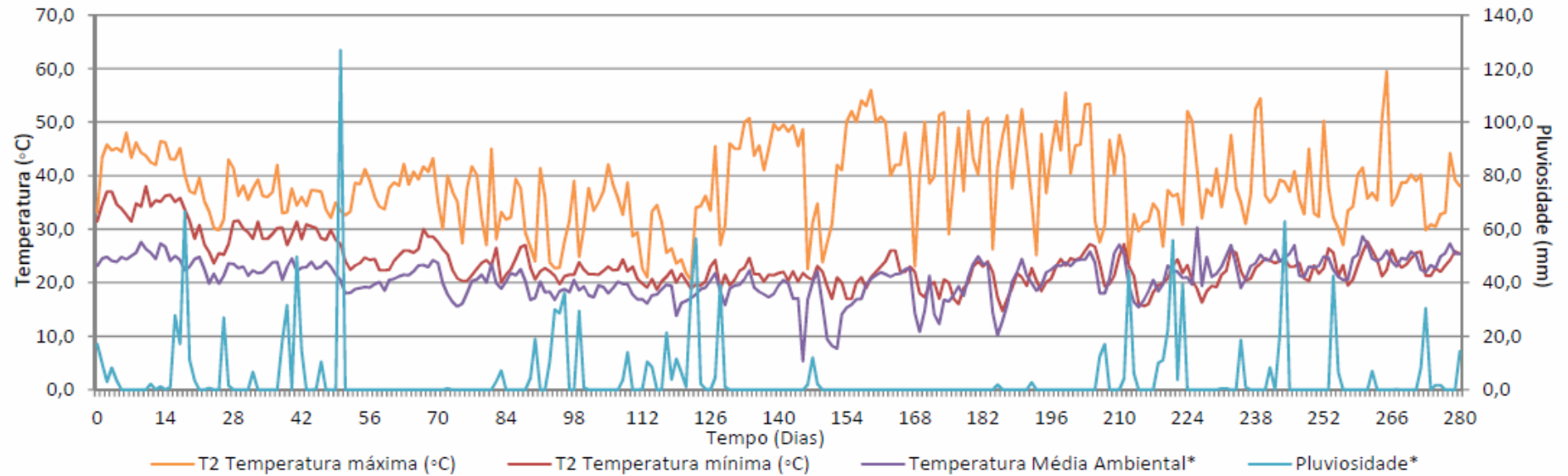
Figura 9 – Evolução da temperatura máxima e mínima (°C) do tratamento 1 (lodo de esgoto + bagaço de cana), temperatura média ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem.



*Dados da Estação Agrometeorológica de Bandeirantes IAPAR;UENP (2014)

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ (IAPAR/UENP). Estação Agrometeorológica de Bandeirantes, 2014. Disponível em <<http://clm.uenp.edu.br/tempo/>> Acesso em 07 jan. 2014, 16:42

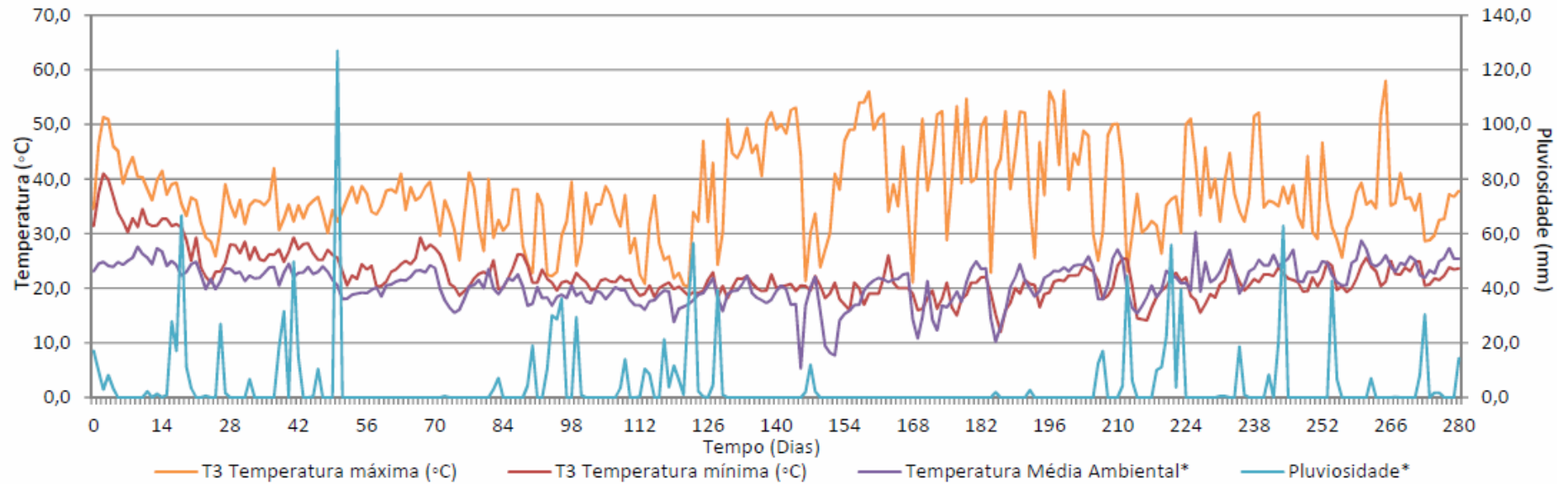
Figura 10 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 2 (lodo de esgoto + bagaço de cana + poda de árvore), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem.



*Dados da Estação Agrometeorológica de Bandeirantes IAPAR;UENP (2014)

INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ (IAPAR/UENP). Estação Agrometeorológica de Bandeirantes, 2014. Disponível em <<http://clm.uenp.edu.br/tempo/>> Acesso em 07 jan. 2014, 16:42

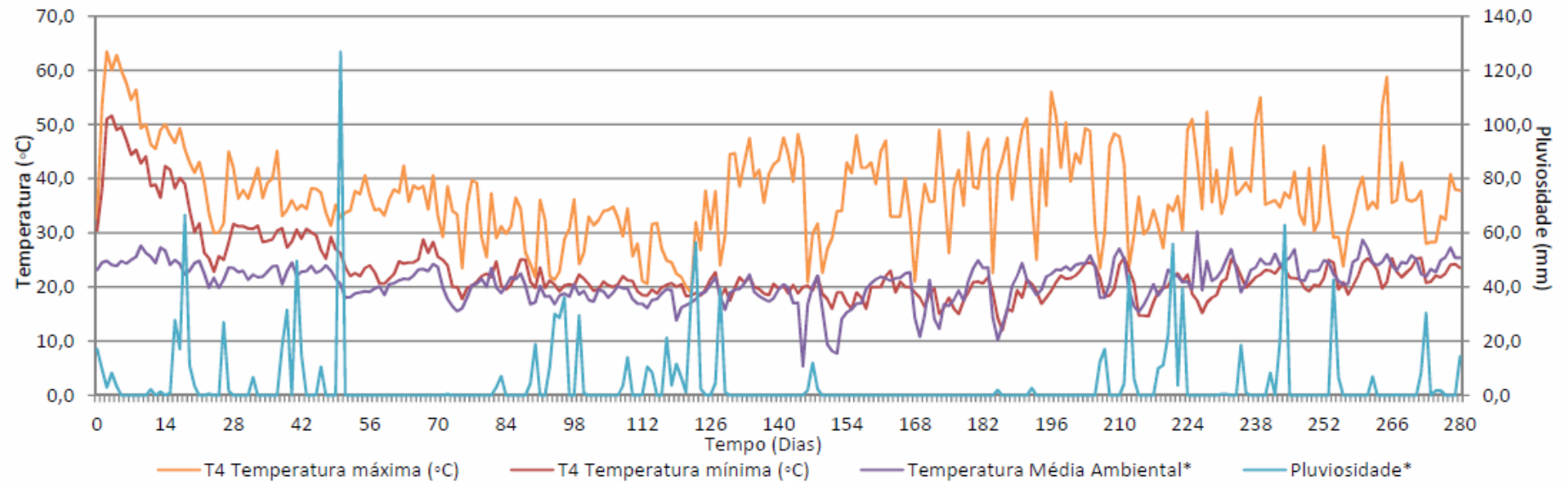
Figura 11 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 3 (lodo de esgoto + bagaço de cana + aparas de grama), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem.



*Dados da Estação Agrometeorológica de Bandeirantes IAPAR;UENP (2014)

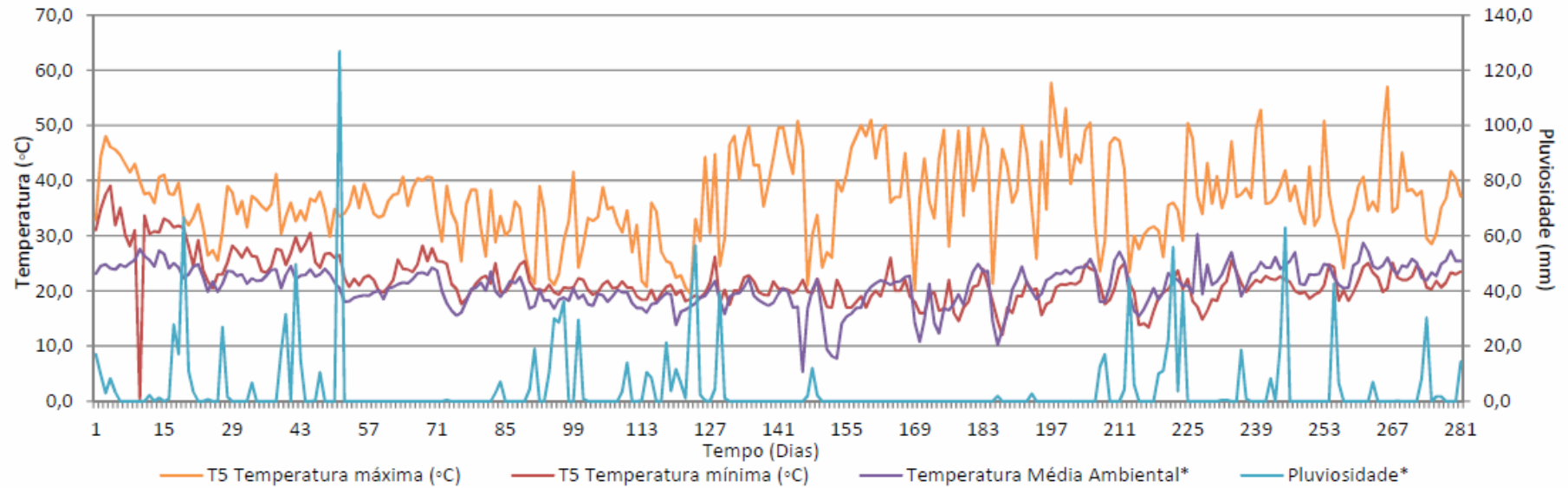
INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ (IAPAR/UENP). Estação Agrometeorológica de Bandeirantes, 2014. Disponível em <<http://clm.uenp.edu.br/tempo/>> Acesso em 07 jan. 2014, 16:42

Figura 12 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 4 (lodo de esgoto + bagaço de cana + cama de frango), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem.



*Dados da Estação Agrometeorológica de Bandeirantes IAPAR;UENP (2014)
 INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ (IAPAR/UENP). Estação Agrometeorológica de Bandeirantes, 2014. Disponível em <<http://clm.uenp.edu.br/tempo/>> Acesso em 07 jan. 2014, 16:42

Figura 13 – Evolução da temperatura (°C) do tratamento 5 (lodo de esgoto + bagaço de cana + poda de árvore + aparas de grama), temperatura ambiental (°C)* e pluviosidade (mm)* em função do tempo (dias) de compostagem.

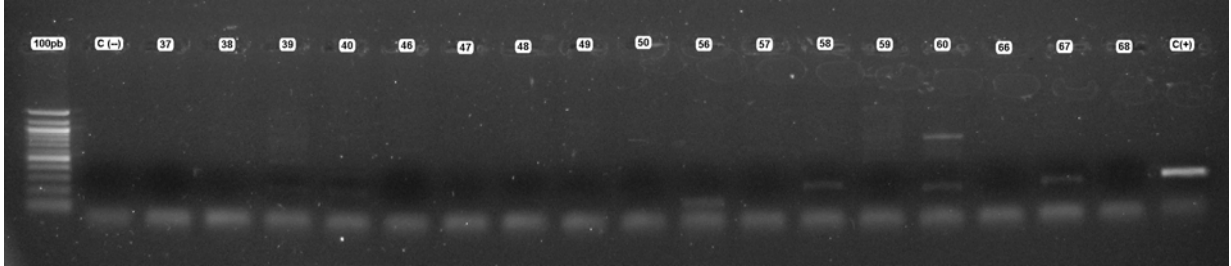


*Dados da Estação Agrometeorológica de Bandeirantes IAPAR;UENP (2014)

INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ (IAPAR/UENP). Estação Agrometeorológica de Bandeirantes, 2014. Disponível em <<http://clm.uenp.edu.br/tempo/>> Acesso em 07 jan. 2014, 16:42

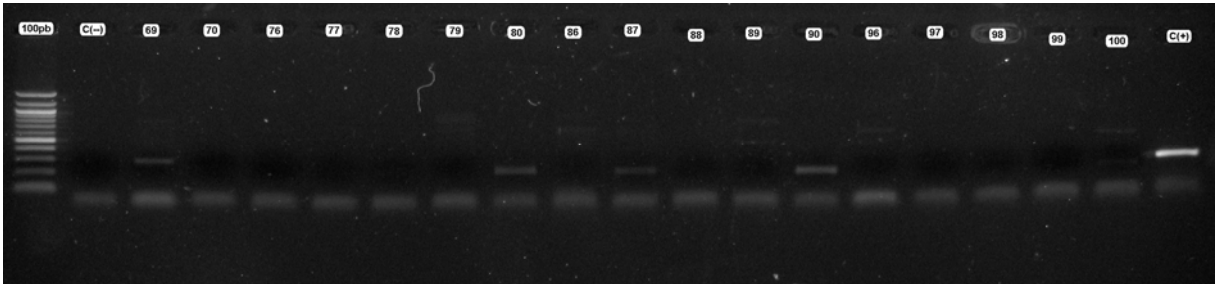
Figura 14 – Produtos de amplificação pela *Nested-PCR*, com 292-297 pares de bases, visualizados por separação eletroforética em gel de agarose (1,5%). (A) canaletas 37 a 68, (B) canaletas 69 a 100.

A



marcador de peso molecular de 100pb, C(-)=controle negativo (água Mili-Q estéril), C(+)=controle positivo para *Giardia* spp, amostras positivas representadas nas canaletas 58 (T3), 60 (T5) e 67 (T2).

B



marcador de peso molecular de 100pb, C(-) Controle negativo (água Mili-Q estéril), C(+) Controle positivo para *Giardia* spp, amostras positivas representadas nas canaletas 69 (T4), 80 (T5), 87 (T2), 90 (T5) e 100 (T5).

Figura 15 – Germinação de sementes de alface americana em areia e tratamento 2 (LE+BC+PA) na proporção 1:1:1 (solo:areia:T2) de acordo com o tempo (dias). (A) dia zero, (B) 4 dias, (C) 7 dias

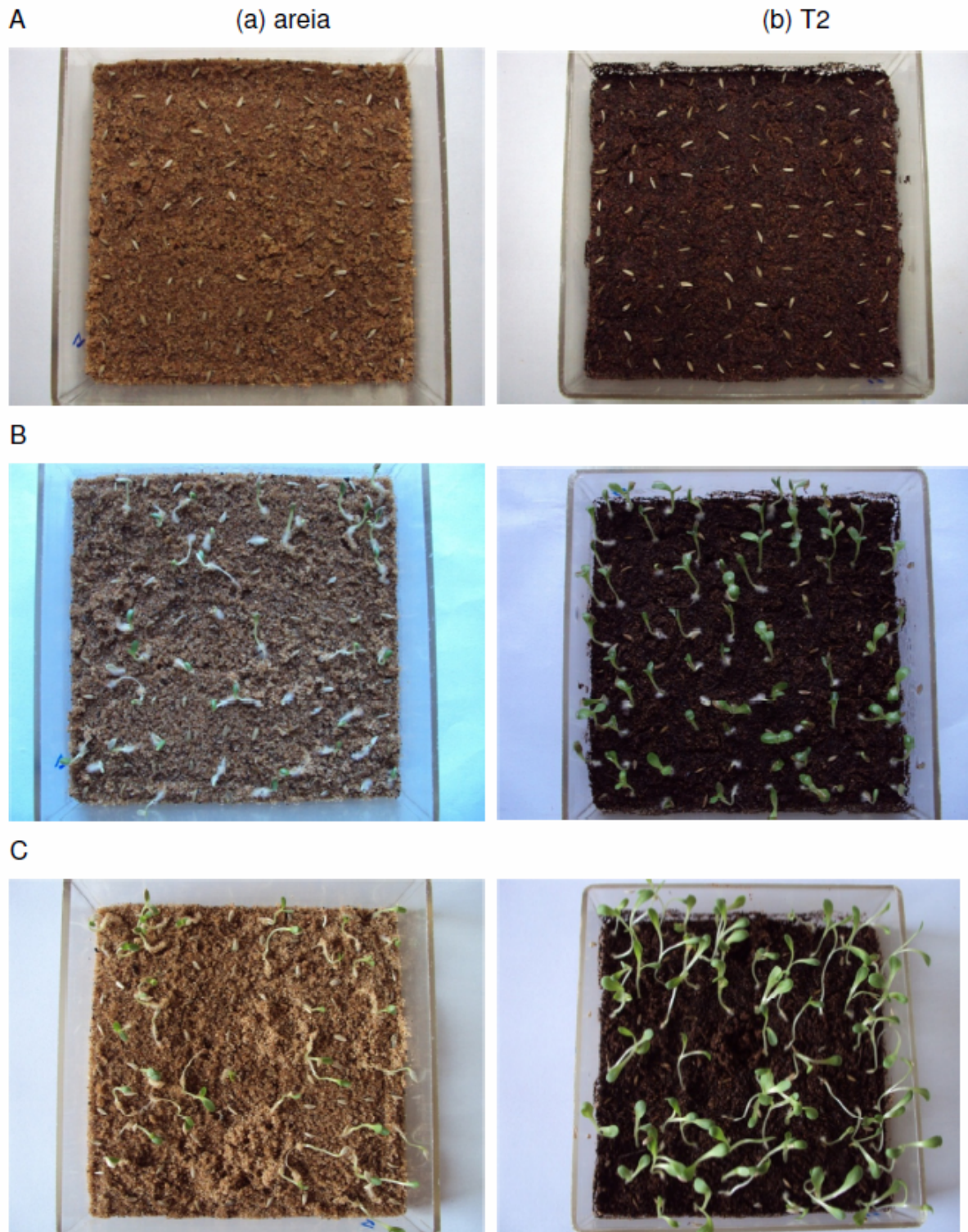


Tabela 1 – Logaritmo do número mais provável de coliformes totais (log NMP/100mL), pela técnica de tubos múltiplos, dos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com o tempo (dias) de compostagem.

Tratamento/ Dias	T1	T2	T3	T4	T5
zero	7,70	8,20	8,20	8,20	7,95
14	5,23	7,34	7,38	7,48	7,15
28	6,90	6,04	7,04	6,15	4,23
42	4,70	6,32	7,04	4,15	6,15
56	3,60	4,90	4,95	4,41	5,11
60	4,43	4,11	5,70	4,04	4,04
84	3,90	7,04	5,85	4,23	4,34
98	5,04	4,41	5,48	4,04	4,85
112	0,00	4,70	4,70	3,90	3,85
126	0,00	4,48	4,85	4,70	4,15
140	4,36	4,41	5,08	4,70	5,11
154	4,04	5,32	4,85	4,36	4,34
168	3,60	4,34	4,70	4,11	4,48
182	3,95	4,70	4,70	4,23	3,90
196	4,15	4,36	5,11	4,90	4,85
210	4,23	5,04	4,48	4,70	4,70
224	3,70	4,43	5,11	4,11	4,36
238	3,30	4,34	4,90	3,95	4,34
252	3,90	4,70	5,90	3,60	4,90
266	4,04	5,23	5,11	4,11	4,60
280	3,85	4,48	5,11	0,00	4,48

Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com os dias de compostagem.

Tempo (dias)	Tratamento	n. ovos totais -----g.MS ⁻¹ -----	n. ovos viáveis	Viabilidade -----%-----	Redução
zero	T1	5,96	1,79	30	70
	T2	8,61	1,52	18	82
	T3	2,74	1,37	50	50
	T4	3,27	1,40	43	57
	T5	3,52	1,96	56	44
14	T1	3,95	1,52	38	62
	T2	2,90	1,74	60	40
	T3	4,45	1,73	39	61
	T4	3,37	0,92	27	73
	T5	8,67	1,96	23	77
28	T1	3,66	1,22	33	67
	T2	2,62	0,87	33	67
	T3	4,35	0,87	20	80
	T4	7,86	2,62	33	67
	T5	1,92	1,68	88	12
42	T1	4,79	2,54	53	47
	T2	2,30	0,77	33	67
	T3	4,34	2,28	53	47
	T4	2,65	0,88	33	67
	T5	4,51	1,23	27	73
56	T1	1,46	0,88	60	40
	T2	1,25	0,50	40	60
	T3	2,47	0,45	18	82
	T4	2,71	0,81	30	70
	T5	0,90	0,23	25	75
60	T1	2,28	0,28	13	88
	T2	3,11	0,89	29	71
	T3	1,39	0,20	14	86
	T4	1,24	0,31	25	75
	T5	1,34	0,22	17	83
84	T1	0,65	0,98	50	50
	T2	1,40	0,28	20	80
	T3	2,93	0,24	8	92
	T4	2,36	0,67	29	71
	T5	1,07	0,53	50	50

Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com os dias de compostagem. (continuação)

Tempo (dias)	Tratamento	n. OVOS	n. OVOS	Viabilidade	Redução
		totais	viáveis		
		-----g.MS ⁻¹ -----		-----%-----	
98	T1	1,98	0,66	33	67
	T2	1,75	0,58	33	67
	T3	0	0,23	-	-
	T4	1,47	0,59	-	-
	T5	0	0,22	0	100
112	T1	3,50	0,88	25	75
	T2	2,91	0,29	10	90
	T3	0,24	0,24	100	0
	T4	1,00	0,00	0	100
	T5	1,68	0,28	17	83
126	T1	1,24	0,00	0	100
	T2	0,54	0,27	50	50
	T3	1,59	0,00	0	100
	T4	1,17	0,29	25	75
	T5	0,86	0,00	0	100
140	T1	0,59	0,59	100	0
	T2	4,27	1,42	33	67
	T3	1,00	0,20	20	80
	T4	2,23	0,32	14	86
	T5	4,63	0,00	0	100
154	T1	4,88	0,91	19	81
	T2	3,22	0,00	0	100
	T3	5,18	0,00	0	100
	T4	0,69	0,34	50	50
	T5	3,96	0,85	21	79
168	T1	1,24	0	0	100
	T2	2,57	0	0	100
	T3	0,51	0	0	100
	T4	1,43	0	0	100
	T5	1,51	0	0	100
182	T1	1,56	0	0	100
	T2	0,84	0	0	100
	T3	3,32	0	0	100
	T4	0,70	0	0	100
	T5	4,91	0	0	100

Tabela 2 – Número e porcentagem de viabilidade de ovos de helmintos por grama de matéria seca observados nos tratamentos de lodo de esgoto, de acordo com os dias de compostagem. (continuação)

Tempo (dias)	Tratamento	n. OVOS totais -----g.MS ⁻¹ -----	n. OVOS viáveis	Viabilidade -----%-----	Redução
196	T1	0,97	0	0	100
	T2	4,07	0	0	100
	T3	1,60	0	0	100
	T4	0,87	0	0	100
	T5	1,10	0	0	100
210	T1	1,87	0	0	100
	T2	1,38	0	0	100
	T3	1,00	0	0	100
	T4	0,43	0	0	100
	T5	1,10	0	0	100
224	T1	3,01	0	0	100
	T2	2,14	0	0	100
	T3	0,69	0	0	100
	T4	1,34	0	0	100
	T5	0,62	0	0	100
238	T1	0,33	0	0	100
	T2	1,29	0	0	100
	T3	3,24	0	0	100
	T4	1,38	0	0	100
	T5	1,63	0	0	100
252	T1	0,57	0	0	100
	T2	1,51	0	0	100
	T3	1,30	0	0	100
	T4	0,43	0	0	100
	T5	0,73	0	0	100
266	T1	2,24	0	0	100
	T2	1,65	0	0	100
	T3	0,43	0	0	100
	T4	0,93	0	0	100
	T5	1,44	0	0	100
280	T1	0,53	0	0	100
	T2	0	0	0	100
	T3	0	0	0	100
	T4	0,45	0	0	100
	T5	0,75	0	0	100

ANEXOS

Anexo 1 - Normas de Publicação da Revista Environmental Research (Artigo 1)

Submission of Manuscripts

Authors are requested to submit their papers electronically by using online manuscript submission available at <http://ees.elsevier.com/er>. This site will guide authors stepwise through the submission process. Authors can upload their articles as Microsoft (MS) Word, WordPerfect, or LaTeX files. It is also possible to submit an article in PostScript or Adobe Acrobat PDF format, but if the article is accepted, the original source files will be needed. Zipped files containing individual files (letter to editor, manuscript, tables, figures) can also be downloaded and the online system will extract the files and allow them to be viewed and labeled. If you submit a word processing file, the system generates an Adobe Acrobat PDF version of the article for the reviewing process. Authors, reviewers, and editors send and receive all correspondence by e-mail and no paper correspondence is necessary. The manuscript will be edited according to the style of the journal, and authors must read the proofs carefully.

Online submissions require:

Cover Letter: Document (Word, WordPerfect, RTF, PDF, LaTeX) containing your cover letter to the Editors. The following statement should be included in the letter to the editor: " All of the authors have read and approved the paper and it has not been published previously nor is it being considered by any other peer-reviewed journal." **Response to Reviews (Resubmissions Only):** Document (Word, WordPerfect, RTF, PDF, LaTeX) detailing your response to the reviewers' and editor's comments of a previously rejected manuscript that you are re-submitting.

Manuscript: Single word processing (Word, WordPerfect, RTF) or LaTeX file consisting of the title page, abstract, manuscript text, and any figure/table legends.

Manuscript file should include page numbers. Please do not include line numbering as this is automatically imposed by the editorial system.

Tables: Tables should be separate from the manuscript text, and can be uploaded individually or consolidated into a single file. The file description you input below when uploading your table must include the table number or range (e.g. Table 1, Tables 2-4).

Figures: Figures should be uploaded individually as TIF or EPS files. While other figure formats are allowed by the system (GIF, JPEG, Postscript, PICT, PDF, Excel and PowerPoint), they will delay the production process, should your manuscript be accepted. The file description you input when uploading your figure must include the figure number (e.g., Fig. 2A).

PREPARATION

References

There are no strict requirements on reference

formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections. Please ensure your paper has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

Article structure

For original full-length and short communications:

Introduction should be as concise as possible, without subheadings.

Materials and methods should be sufficiently detailed to enable the experiments to be reproduced.

Results and Discussion may be combined and may be organized into subheadings.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published

literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Please note that the Journal's online editorial system (EES) now offers automatic line numbering.

Page 1 should contain the article title, the names and affiliations of all authors, and the name, telephone and fax numbers, e-mail address, and complete mailing address of the person to whom all correspondence should be sent.

Page 2 should contain an abstract and five descriptive keywords.

Page 3 provides information on funding sources supporting the work described in the manuscript. For all papers dealing with research or studies on human subjects or experimental animals, evidence must be provided of review and approval by an appropriately constituted committee for human subjects or animal research. **If this information is not provided upon submission, the paper will be returned without review.**

For original full-length and short communications: *Introduction* should be as concise as possible, without subheadings.

Materials and methods should be sufficiently detailed to enable the experiments to be reproduced or the study design to be understood fully.

Results and Discussion may be combined and may be organized into subheadings.

For commentaries and articles related to environmental policy, alternate formats will be accepted but should include an Introduction describing the problem in terms that a general reader will understand. All statements of fact need to be referenced and papers that make use of newly acquired data must include a Materials and methods section as well as a Results and Discussion section.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Highlights Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 5 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article. *Abbreviations* should follow the usage established by *Chemical Abstracts*. Please restrict the use of acronyms, especially non-standard ones, as much as possible.

Acknowledgements Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.). *Acknowledgments* should be brief and should

precede the references. In agreement with the Commission on Publication Ethics, authors must submit full information on sources of funding and other support for their work that is presented in their paper.

Math formulae Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Tables Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference style References should be cited in the

text by the author's name and year of publication. References should be listed alphabetically in an unnumbered list at the end of the paper in the following style:

Baecklund, M., Pedersen, N.L., Bjorkman, L., Vahter, M., 1999. Variation in blood concentrations of cadmium and lead in the elderly. *Environ. Res.* 80, 222-230.

Letourneau, D.K., 1997. Plant-arthropod interactions in agroecosystems. In: Jackson, L.E.(Ed.), *Ecology in Agriculture*. Academic Press, San Diego, pp. 239-290.

Morgan, W.K.C., Seaton, A. (Eds.), 1995. *Occupational Lung Diseases*, 3rd ed. Saunders, Philadelphia, pp. 308-373.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal

for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'

- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa

- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)

- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes. For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

Anexo 2 - Normas de Publicação da Revista Waste Management & Research (Artigo 2)

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. Preparing your manuscript

1.1 Manuscript peer reviewing and acceptance policy. All manuscripts are reviewed initially at the Editorial Office and then by the Associate Editors. Only manuscripts that meet the scientific and editorial standards, and fit within the Aims and Scope of the journal, will be sent for outside peer review. Be advised that WM&R receives many manuscripts. In order to offer both peer reviewers and editors fair and reasonable workloads, manuscripts uploaded by authors must comply strictly with the WM&R manuscript guidelines, for example in terms of substance, structure and language. WM&R operates a single-blind reviewing policy in which the peer reviewers' names are always concealed from the submitting author. Authors are requested to suggest the names, affiliations and contact information of five individuals who may suitably serve as peer reviewers (also known as referees). The suggested reviewers should preferably represent international expertise, and not in any way be associated to the authors or the reported work. The Editors are under no obligation to use all or any of these individuals as reviewers.

1.2 Manuscript Format: All Tables and Figures should form part of the submitted manuscript. They should not be submitted separately. Characters specified below include Tables and Figures.

•Original articles: Between 25,000 and 35,000 characters (with spaces) + additionally up to 7 illustrations and/or tables. An original article presents new information on a specific waste management and research topic or problem. Novel concepts, proven results and interesting perspectives for waste management in theory or practice and evidence of thorough literature research are important criteria when considering acceptability for peer review.

1.3 Manuscript structure (original articles and short reports): In general, authors are encouraged to review and mimic the format and style of previously published WM&R manuscripts. Further guidance is provided below.

Title page: The first page should indicate the title, the authors' names in full and affiliations, and a postal and e-mail address for the corresponding author.

Abstract: Each manuscript should begin with a single-paragraph abstract of max. 1,500 characters (with spaces). The abstract should summarise all aspects of the manuscript [problem(s) addressed, objective(s), methodologies, important result(s), and conclusion(s)].

Key words: For indexing purposes, a list of 6-8 key words is essential. Key words should include important nouns cited in the title and abstract. If in doubt how to select proper key words you may consult "How to become a more successful author" or <http://www.uk.sagepub.com/authors/journal/readership.sp>

Introduction: A short introduction should start the substantive text. The introduction must place the work described in an appropriate context, including impetus for the research, practical applications (including estimates of costs, where applicable), and results of a literature study. The introduction must clearly state the specific objectives of the work presented.

Materials and methods: This section should describe and reference the techniques applied in the investigation and make clear the protocol of the study. The model and sensitivity of monitoring equipment should be stated in this section. Statistical tests should be described briefly.

Results and discussion: This section should describe what was found and provide appropriate numerical and statistical support. The discussion should explore the implications of the findings but not be highly speculative. It may be convenient to organise the text under sub-headings (not to be numbered).

Conclusion: This section should tie the major findings to the objective(s) stated in the introduction and suggest the practical or theoretical relevance of the manuscript to future research, waste management practices, or regulations and policies.

Acknowledgements: Please acknowledge contributors and sponsors to your work. Formatting and other guidance are set forth at <http://www.uk.sagepub.com/authors/journal/funding.sp>

1.4 Manuscript style & format

File types

The Manuscript should be written as editable/source files only e.g. Microsoft Word (.doc or .docx). Tables, figures and captions/legends should be embedded in the text where they naturally belong. Manuscripts should be in UK English as in the Oxford English Dictionary (OED) and be double line spaced. In general, grammar, punctuation, and syntax for body text should be in accordance with common English practice, such as set forth in the EU English Style Guide

(http://ec.europa.eu/translation/english/guidelines/documents/styleguide_english_dgt_en.pdf).

Text preparation

The text should be double-spaced throughout and with a minimum of 3cm for left and right hand margins and 5cm at head and foot. Text should be standard 10 or 12 point.

Illustrations and tables

Original line drawings and photographs must be twice the desired size (maximum printed width 130 mm) at a resolution of at least 300 dpi. Remember that text and symbols should be legible in print. The default is to print all graphics in black and white; colour printing is optional at authors' expense. All illustrations should be in ".jpg" format.

All figures must be numbered consecutively with concise descriptive captions and legends provided on separate pages. Each figure must be clearly referenced in the text (e.g. Fig. 4) and with an

indication of where it should appear in the final document (e.g.: Table 4 here).

Authors are responsible for obtaining and submitting to WM&R permission from copyright holders for reproducing any illustrations, tables, figures or lengthy quotations previously published elsewhere.

Units, abbreviations, symbols and equations Only metric units (SI) should be used in a manuscript. After the first appearance of a term in full, a standard abbreviation may be used. Superscripts, not slashes (/), should be used to describe units, e.g. kg m⁻³.

Equations: Equations should be numbered consecutively and referenced in the text (e.g. Eq. 1), for example $A_m = B + C$ (1)

English Language Editing services
Non-English speaking authors who would like to refine their use of language in their manuscripts might consider using a professional editing service or including a native-English-speaker as a co-author.

Footnotes
Essential information must be included in the text: authors should not use footnotes.

References
References should be listed in alphabetical order and appear at the end of the manuscript. Citations in the text should be denoted with the author's surname and the year of publication (e.g.: using the data obtained by Parkpain et al. (2000) or using data from literature (Grigg 1996, Pokrajac & Jones 2000). If the text contains two or more papers written by the same author(s) in the same year, the citations should be differentiated by a letter; e.g.: (Grigg 1996a). Journal names should be given in full and should not be translated. Titles of papers should be given in their original language and, if possible, they should be followed by a translation into English in parentheses.

- (Book example):
Grigg, N.S. (1996). *Water Resources Management*, pp. 8-11. McGraw-Hill, New York, USA

- (Conference Proceedings example):
Pokrajac, D., & Jones, K. (2000) Oil infiltration in the vicinity of a shallow groundwater table. In: Bjerg, P.L., Engesgaard, P., & Krom, T.D. (eds.): *Groundwater 2000. Proceedings of the International Conference on Groundwater Research*, Copenhagen, 6-8 June, pp. 17-18. A.A. Balkema, Rotterdam, NL

- (OnlineFirst example):
Velasco, E, Nino, J. Recycling of aluminium scrap for secondary Al-Si alloys. *Waste Management & Research*, September 1st 2010 *doi:10.1177/0734242X10381413*

- (Scientific journal example):
Parkpain, P., Sreesai, S., & Delaune, R.D. (2000) Bioavailability of heavy metals in sewage sludge amended Thai soils. *Water, Air and Soil Pollution*, 122, 163-182

- (Web site reference example):
Patton, S. (2004) Toxic trespass. *Our Planet*, 15(2) 24-26. From UNEP, Publications

(2004): <http://www.ourplanet.com/imgversn/152/patton.html> (July 18, 2007)

2. How to submit your manuscript

Before submitting your manuscript, please carefully read and adhere to all the guidelines and instructions to authors provided above. Manuscripts not conforming to these guidelines may be returned. Online submission and review for all types of manuscripts excluding Letters to the Editor is mandatory. Please use the SAGE track website <http://mc.manuscriptcentral.com/WMR> to open an account as author and follow the guidelines for uploading of manuscripts.

IMPORTANT: Please check whether you already have an account in the system before trying to create a new one. If you have reviewed or authored for the journal in the past year it is likely that you will have already created an account. For further guidance on submitting your manuscript online please visit [ScholarOne Online Help](http://mc.manuscriptcentral.com/WMR) ts.mcsupport@thomson.com

Account for new users

Please log onto the website. If you are a new user, you will first need to create an account. Follow the instructions and please ensure that you have entered a current and correct e-mail address. Creating your account is a three-step process that takes only a couple of minutes. When you have finished, your User ID and password are sent via e-mail immediately. Please edit your User ID and password to something more memorable by selecting 'edit account' at the top of the screen. If you have already created an account but have forgotten your details, type your e-mail address in the 'Password Help' to receive an e-mailed reminder. Full instructions for uploading the manuscript are provided on the website.

New Submission

Submissions should be made by logging in and selecting the 'Author Center' and the 'Click here to 'Submit a New Manuscript' option. Follow the instructions on each page, clicking the 'Next' button on each screen to save your work and advance to the next screen. If at any stage you have any questions or require the user guide, please use the 'Get Help Now' button at the top right of every screen. Further help is available through ScholarOne's® Manuscript Central™ customer support at +1 434 817 2040 x 167 (between 09 and 16 GMT). To upload your manuscript, click on the 'Browse' button and locate the files on your computer. When you have selected the file you wish to upload, click the 'Upload Files' button. Check that your submission is as intended (in PDF format) and then click the 'Submit' button. You may suspend a submission at any point before clicking the Submit button and save it to submit later. After submission, you will receive a confirmation e-mail. You can also log back into your author centre at any time to check the status of your manuscript. If you would like to discuss your paper prior to submission, or seek advice on the submission process please contact

the Publications Manager at the following e-mail address: wmr@iswva.org

Submitting a Revised Submission

Authors submitting revised manuscripts should follow the instructions above to submit through the SAGE track system. To create a revision, go to the 'Manuscripts with Decisions' option in your Author Dashboard and select 'Create a revision' in the 'Action' column. Authors of all revised submissions should, when prompted, provide information explaining the changes in their manuscript.

Time for processing of your manuscript

WM&R manuscript processing implies a period of time between submission and acceptance of manuscript that is typically 4-6 months, depending on the quality of the manuscript. Author and editor can shorten the necessary period by appropriate and speedy action when assessing the reviewers' comments (editor) and when revising the manuscript accordingly (author).

After possible acceptance of your manuscript by the editor, you may expect Online First (OF) publication by SAGE within approximately 1.5 months, given immediate and complete response from you when receiving proofs from SAGE. Printed publication will take place later depending on organisation and focus of topics in the different upcoming issues of WM&R and the number of manuscripts already in the pipeline for printing. You will be notified in advance, but OF publication facilitates immediate journal citation and complete referencing due to the DOI number that will always follow your article in both OF and printed versions.

3. After editor acceptance of your manuscript

Journal contributor's publishing agreement

Before publication SAGE requires the author as the rights holder to sign a Journal Contributor's Publishing Agreement. SAGE's Journal Contributor's Publishing Agreement is an exclusive licence agreement which means that the author retains copyright in the work but grants SAGE the sole and exclusive right and licence to publish for the full legal term of copyright. Exceptions may exist where an assignment of copyright is required or preferred by a proprietor other than SAGE. In this case copyright in the work will be assigned from the author to the society. For more information please visit our [Frequently Asked Questions](#) on the SAGE Journal Author Gateway

at <http://www.sagepub.com/journalEditors.nav>

Proofs

Sage will email a .pdf of the proofs to the corresponding author.

E-Prints and Complimentary Copies

SAGE provides authors with access to a .pdf of their final article. For further information please visit <http://www.sagepub.co.uk/authors/journal/reprint.sp>.

We additionally provide the corresponding author with complimentary copies of the print issue in which the article appears up to a maximum of 5 copies for onward supply by the corresponding author to co-authors.

SAGE Production

At SAGE we place an extremely strong emphasis on high quality production standards. We attach high importance to our quality service levels in copy-editing, typesetting, printing, and online publication (<http://online.sagepub.com/>). We also seek to uphold excellent author relations throughout the publication process.

We value your feedback to help us continue to improve our author service levels. On publication all corresponding authors will receive a brief survey questionnaire about your experience of publishing in WM&R with SAGE.

OnlineFirst Publication

WM&R benefits from OnlineFirst, a feature offered through SAGE's electronic journal platform, SAGE Journals Online. It allows final revision articles (completed articles in queue for assignment to an upcoming print issue) to be hosted online prior to their inclusion in a final print and online journal issue which significantly reduces the lead time between submission and publication. For more information please visit our [OnlineFirst Fact Sheet](#)

4. How to become a more successful author

The WM&R editors have developed a set of criteria for how to produce well written articles and become successful authors. Authors are advised to follow the guidelines below and seek inspiration from the "Aims and Scope" plus the "Become a more successful author", both documents available at this link <http://www.uk.sagepub.com/repository/binaries/pdf/successful-author.pdf>

5. Further information

If you would like to discuss your paper prior to submission, or seek advice on the submission process please contact the Publications Manager at this email address: agamuthu@um.edu.my