



12º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2018

01 a 03 de agosto de 2018 – Campinas, São Paulo

ISBN 978-85-7029-145-5

**ACELERAÇÃO DA FASE DE DECOMPOSIÇÃO DE PROCESSO DE COMPOSTAGEM E  
LIDOS DE ESGOTO E AGROINDUSTRIAIS VISANDO O USO DOS COMPOSTOS  
ORGÂNICOS NA AGRICULTURA**

Beatriz Cristina **Migot**<sup>1</sup>; Tiago Leandro **Silva**<sup>2</sup>; Fabio Sousa Guedes **Silva**<sup>3</sup>; Sarah Mello Leite **Moretti**<sup>4</sup>; Edna Ivani **Bertoncini**<sup>5</sup>

**Nº 18301**

**RESUMO** – Elevados volumes de resíduos orgânicos são gerados em centros urbanos como lodo de esgoto, resíduos de restaurantes industriais, podas de árvores e de gramados. Atividades pecuárias como a suinocultura geram também grandes volumes de dejetos e com elevada concentração de nutrientes e/ou contaminantes que podem contaminar o sistema solo-água-planta se utilizados sem tratamento em solos agrícolas. O objetivo do projeto é avaliar a compostagem do lodo de esgoto, resíduos de restaurantes industriais e de suinocultura juntamente com materiais estruturantes como poda de árvore e aparas de grama. As matérias primas foram caracterizadas, de modo a dimensionar misturas de materiais para decomposição aeróbia pelos seguintes processos: (i) compostagem tradicional em pilhas no campo; (ii) compostagem em máquina de compostagem acelerada; (iii) ensaio de respirometria em ambiente controlado, de modo a modificar e validar processo e equipamento de compostagem acelerada. Lodo de esgoto, resíduos sólidos de suínos e restos de restaurantes se mostraram excelentes fontes de nitrogênio, assim como a poda de árvore fonte de carbono. Gramas apresentaram elevado teor de nitrogênio na estação seca do ano. Os resultados iniciais dos testes mostraram-se promissores para a compostagem no campo e o ensaio de respirometria. Esforços devem ser realizados para que tal eficiência ocorra também na máquina recicladora, de modo a reduzir período de decomposição, área de pátio e custos de processo de compostagem.

**Palavras-chaves:** Resíduos urbanos, resíduos suinocultura, acelerador de compostagem, composto orgânico.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Tecnologia dos Biocombustíveis, FATEC, Piracicaba-SP; beatriz\_migot@hotmail.com.

2 Graduação em Engenharia Química, UNIMEP, Santa Bárbara D'Oeste, SP.

3 Bolsista FUNDAG: Graduação em Tecnologia dos Biocombustíveis, FATEC, Piracicaba-SP.

4 Bolsista Fapesp Pequena Empresa – Empresa 5Ecos Soluções Sustentáveis, Piracicaba, SP.

5 Orientadora: Pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Centro Sul, Piracicaba-SP; ebertoncini@apta.sp.gov.br



**ABSTRACT** – *High volumes of organic waste are generated in urban centers such as sewage sludge, industrial restaurant waste, tree pruning and grams. Livestock activities such as swine farming also generate large volumes of waste, with high nutrients/contaminants concentration that can contaminate the soil-water-plant system. The aim of this study was to evaluate the composting process of sewage sludge, restaurants and swine wastes together with structuring materials such as tree pruning and grass clippings. Water, carbon, and nitrogen contents were evaluated in raw materials in order to define the materials mixtures, for aerobic decomposition by the following processes: (i) traditional composting; (ii) composting in an accelerated composting machine; (iii) respirometry assay to modify and validate accelerated composting process and equipment. Sewage sludge, solid waste from swine and restaurant wastes proved to be excellent sources of nitrogen, as well as tree pruning carbon source. Grams presented high nitrogen content in the dry season of the year. Initial test results were promising for composting in the field conditions and the respirometry test. Efforts should be made so that such efficiency also occurs in the recycling machine, so as to reduce decomposition time, patio area and composting process costs.*

**Keywords:** *Urban wastes, swine wastes, compost accelerator, organic compost*

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2017), os resíduos orgânicos representam metade dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil. Esses resíduos são de origem animal ou vegetal, podendo ter várias origens: doméstica, urbana, industrial, agrícola, etc. Uma alternativa sustentável de destino para os resíduos orgânicos é a aplicação em solos com cultivo agrícola. No entanto, é necessário que o material orgânico adicionado ao solo seja estável, apresente adequado balanço de nutrientes e ausência de contaminantes, a fim de que não haja danos ao sistema solo-água-planta, promovendo melhorias na fertilidade do solo e na produtividade das culturas (JAYAINGHE, 2012).

Em muitos casos, é necessário realizar tratamento prévio desses resíduos orgânicos para que ocorra melhorias em suas características, como por meio do processo de compostagem. A compostagem é uma técnica biológica e aeróbica de decomposição de resíduos orgânicos sólidos sob monitoramento constante que permite que este processo ocorra em um intervalo de tempo que varia em torno de 120 dias. (NUNES, 2009). Durante o processo de decomposição da matéria orgânica, ocorrem reações exotérmicas com liberação de dióxido de carbono e vapor de água. A massa compostada exposta às temperaturas termófilas por vários dias contribui para a eliminação



de patógenos e sementes de plantas daninhas eventualmente presentes nas matérias primas originais. (OLIVEIRA, SARTORI e GARCEZ, 2008).

Por meio da compostagem é possível obter composto orgânico adequado ao uso agrícola, com presença de nutrientes de plantas presentes de forma equilibrada no material (MORETTI et al., 2015) e de substâncias húmicas (PROVENZANO et. al., 2001), podendo ser utilizado como fertilizante orgânico e/ou condicionador dos atributos químicos e físicos do solo. Contudo, o processo de compostagem conduzido em pilhas necessita de extensas áreas de pátio para condução do processo ao longo de aproximadamente 120 dias até obtenção de material adequado ao uso agrícola. Além disso, são necessários operadores e horas de máquina para instalação e revolvimento das pilhas no campo, fatores que podem inviabilizar a adoção deste processo por prefeituras, indústrias ou estações de tratamento de esgotos.

As máquinas de compostagem acelerada podem ser uma alternativa ao processo de compostagem tradicional, eliminando extensas áreas de pátios, de forma automatizada, e em menor tempo de processo. Contudo, até o momento, a qualidade dos compostos gerados nestas máquinas não é condizente com as legislações agrícolas para registro e comercialização de fertilizantes/condicionadores orgânicos, havendo necessidade de modificações no processo de compostagem que ocorre dentro dessas máquinas, assim como na tecnologia das máquinas.

O objetivo deste estudo foi realizar uma pré-caracterização físico-química, química e microbiológica das matérias primas a serem compostadas, e confrontadas por meio de 03 processos de decomposição: (i) compostagem tradicional em pilhas; (ii) compostagem em máquina recicladora (iii) experimento de respirometria, de modo a obter respostas para modificações necessárias na máquina recicladora de resíduos, obtendo composto orgânico que possa ser utilizado de modo sustentável em solos agrícolas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Centro Sul, compreendendo parte das atividades relacionadas ao Projeto PIPE FAPESP Processo 2017/00944-0 que objetiva acelerar a fase de decomposição de processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos, visando o uso agrícola do composto orgânico. Assim, realizou-se a caracterização das matérias primas, com objetivo de definir a proporção das misturas de materiais a serem compostados em máquina de compostagem e em pilhas no campo.



Ensaio de biodegradação da mistura de materiais foi conduzido a fim de avaliar a taxa de decomposição das diferentes misturas ao longo do tempo e confrontá-las ao processo de compostagem efetuado no campo e na máquina recicladora de resíduos.

### 2.1. Caracterização dos lodos e materiais vegetais compostados

Foram avaliados dois resíduos orgânicos (lodo de esgoto e resíduo de restaurante) e dois materiais estruturantes vegetais (pode de árvore e aparas de grama). O lodo de esgoto foi coletado de Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Piracicaba que possui sistema aeróbio e gera 700 t mês<sup>-1</sup> e lodo. Devido à variabilidade na composição dos resíduos de restaurante, coletaram-se amostras ao longo de quatro dias da semana, em empresa parceira que possui 1500 funcionários e gera, diariamente, 500 kg de resíduos de sobras das refeições e do seu preparo. Os materiais vegetais estruturantes foram fornecidos pela Prefeitura de Piracicaba, que possui a geração de 180 t mês<sup>-1</sup> de poda de árvore triturada e 500 t mês<sup>-1</sup> de aparas de grama.

A caracterização química e físico-química dos materiais foi realizada no Laboratório de Análise de Solos, Tecidos Vegetais e Resíduos Orgânicos da APTA, Polo Regional Centro Sul. Teste de compostagem em máquina de compostagem acelerada. Determinou-se a série de sólidos, e os teores de C e N, de acordo com Andrade & Abreu (2006). Para as amostras de materiais vegetais, os teores de N foram determinados de acordo com Sarruge e Haag (1974).

A partir dos resultados obtidos no item 2.1, foi conduzido teste preliminar em máquina de compostagem, a fim de avaliar possíveis alterações necessárias ao processo e à tecnologia. Partindo de uma relação C/N inicial igual a 30:1, e teor de água da mistura de 50%, as seguintes misturas de materiais foram avaliadas: I) resíduo de restaurante + poda de árvore, II) poda de árvore + resíduo de restaurante + cepa de micro-organismo utilizado comumente pela empresa. E, a fim de comparar com o processo padrão realizado pela máquina, um teste controle foi conduzido a partir da mistura do resíduo de restaurante e da cepa (material biológico), na proporção de 1:1. Apenas para esse teste controle foi efetuada a elevação da temperatura da máquina conforme programa utilizado na máquina comercializada. Amostras dos materiais foram coletadas no início do processo (14/03/2018) e no final do processo (17/03/2018), determinando-se os teores de água a 65°C, os valores de pH, de CE, os teores de C e N, de acordo com metodologia supracitada. Diariamente, foi feita medição da temperatura da massa compostada, em três pontos, utilizando termômetro de infravermelho.

### 2.2. Ensaio de Biodegradação



A fim de avaliar a labilidade das misturas de materiais a serem compostados, tanto no campo como na máquina de compostagem, foi conduzido ensaio de respirometria de acordo com o método proposto pela Norma CETESB L6.350 (CETESB, 1990) modificado. Os materiais foram misturados a fim de que fosse obtida uma relação C/N igual a 30:1. Os seguintes tratamentos foram conduzidos: T1- lodo de esgoto + poda de árvore; T2- lodo de esgoto + resíduo de aparas de grama; T3- resíduo de restaurante+ poda de árvore; T4- resíduo de restaurante + resíduo de aparas de grama. Cada tratamento foi conduzido com 3 repetições totalizando 12 respirômetros. Dentro dos respirômetros, sobre a mistura de materiais, introduziu-se um frasco com 50 ml de solução  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de NaOH e, os respirômetros foram incubados em câmaras de BOD a  $\pm 28 \text{ }^\circ\text{C}$ . Periodicamente, a mistura de material foi revolvida por meio de bastão de vidro, com a finalidade de injetar ar à massa e homogeneizá-la. A evolução de  $\text{CO}_2$  foi avaliada diariamente por meio de leitura de CE da solução de NaOH, de acordo com Rodella & Saboya (1999), a fim de verificar a cinética de biodegradação da matéria orgânica presente nas misturas dos materiais estudados.

### 2.3. Compostagem em pilhas conduzidas em pátio asfaltado

Com a caracterização das matérias primas definiu-se as misturas de materiais, partindo de uma relação C/N inicial igual a 30:1 e teor de água de 50%. As pilhas de compostagem foram construídas em escala piloto, em pátio cimentado, nas dimensões de 2,5 m de largura, 4,0 m de comprimento, e 1,5 m de altura, totalizando  $15 \text{ m}^3$ . As pilhas de compostagem foram montadas no em 17/06/2018, com auxílio de pá carregadeira, intercalando-se uma camada de material estruturante e outra de lodo. Avaliaram-se as seguintes misturas: A: lodo de esgoto + poda de árvore, B: lodo de esgoto + aparas de grama. Os testes foram conduzidos com duas repetições. Diariamente mediu-se a temperatura das pilhas, com auxílio de termopar inserido à altura de 0,40 m a partir da base. Quando a temperatura das pilhas atingiu  $65^\circ\text{C}$  promoveu-se seu revolvimento. Semanalmente, foram determinados os teores de água das pilhas, visando sua irrigação, a fim de manter o teor de água igual a 50%. Teores de água abaixo de 30% inibem a atividade microbiana (TIQUIA, 2005) e acima de 65% ocorrem condições de anaerobiose, decomposição lenta do material orgânico e lixiviação de nutrientes pela liberação de chorume das pilhas (Kiehl, 2002). Além da caracterização realizada no item 2.1, para o lodo de esgoto foi feita quantificação de coliformes totais, fecais, presença de *Salmonella spp* (USEPA, 2003).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização dos materiais ricos em carbono e nitrogênio

##### 3.1.1 Coletas de restos de restaurante industrial

Na Tabela 1 são apresentadas a caracterização do resíduo de restaurante ao longo de quatro coletas realizadas em empresa parceira do projeto. É possível observar a variabilidade na caracterização do resíduo, principalmente para os teores de N. Tal efeito é decorrente do tipo de refeição preparada em cada dia, resultando em composição diferenciada do resíduo em função da sazonalidade de cardápios da empresa. Observa-se que maiores variações ocorreram na primeira coleta que ocorreu na segunda-feira (12/03), e é resultante do resíduo acumulado no final de semana.

**Tabela 1:** Caracterização de resíduo de restaurante ao longo de quatro dias de coletas.

Coleta	Teor de água	Carbono	Nitrogênio	C/N
12/03/2018	45,7	37,5	3,1	12,1
14/03/2018	75,9	50,6	6,3	8,0
15/03/2018	70,2	56,8	4,6	12,3
16/03/2018	74,3	53,8	6,2	8,7

##### 3.1.2 Caracterização de resíduos sólidos de suinocultura

O peneiramento de efluentes brutos da lavagem de baias de suínos geralmente removem cerca de 6% do teor de sólidos destes efluentes, favorecendo o processo seguinte de biodigestão anaeróbica. Tais resíduos foram caracterizados com objetivo de serem utilizados em processos de compostagem para melhorar sua caracterização química e eliminar patógenos.

Observam-se como nos resíduos de alimentação, elevados teores de água nas 04 coletas realizadas. Teores de sólidos entre 18 e 27%, sendo a maior parte constituída de material mineral ou cinzas, e 1,0 a 3,0% de matéria orgânica (Tabela 2). Os teores de N estão na faixa de 2,0 a 2,3%, sendo a maior parte do elemento encontrada na forma orgânica, e contem quantidades interessantes de P e S que podem auxiliar na melhor caracterização do composto orgânico final (Tabela 3).



**Tabela 2.** Teores de água e série de sólidos de resíduos sólidos de suinocultura

Data coleta	Teor de água		Sólidos		
	65° C	110° C	Totais	Fixos (cinzas)	Voláteis (matéria orgânica)
	------(%)-----				
28/09/2017	80,1	80,9	19,1	17,9	1,1
25/10/2017	72,5	72,9	27,1	23,8	3,3
08/11/2017	76,3	77,4	22,6	20,2	2,4
21/11/2017	81,5	81,9	18,1	16,5	1,6

**Tabela 3.** Teores de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em resíduos sólidos de suinocultura.

Data da coleta	Nitrogênio					S
	C-total	N-Kjeldahl	N-mineral	C/N	P	
	-----% (m:m)-----					
28/09/2017	69,5	2,2	0,1	31	0,5	0,1
25/10/2017	67,1	2,1	0,1	33	1,2	0,4
08/11/2017	62,5	1,8	0,3	34	1,4	0,5
21/11/2017	43,7	2,2	0,1	20	1,2	0,9

### 3.1.3. Caracterização de resíduos ricos em N e materiais estruturantes

Para o dimensionamento dos testes realizou-se a caracterização dos materiais ricos em N como os restos de restaurante e lodo de esgoto, e dos materiais ricos em C como a poda de árvore de cidade triturada e gramas e da cepa microbiana utilizada em um dos testes (Tabela 2).

**Tabela 2:** Teores de água, carbono, nitrogênio, relação C/N e densidade das matérias primas <sup>(1)</sup>

	Teor de água	C	N	C/N	d
	-----%-----				g cm <sup>-3</sup>
Resíduo de Restaurante <sup>(2)</sup>	71,8	51,2	2,9	17,7	0,95
Lodo de esgoto	84,5	55,4	5,3	10,5	0,85
Poda de árvore	24,1	49,0	0,8	61,3	0,23
Aparas de Grama	15,9	59,7	1,8	33,2	0,19
Cepa microbiana	10,5	44,5	2,0	22,3	0,71

<sup>(1)</sup>expresso em matéria seca a 65°C; <sup>(2)</sup>média de 04 coletas



O lodo de esgoto apresentou elevado teor de N, igual a 5,3%, devido à presença de aminoácidos, e pequenas proteínas (EUROPEAN COMMISSION, 2001). O resíduo de restaurante apresentou teor de N igual a 2,9% e relação C/N igual a 17,7, sendo o lodo de esgoto e o resíduo de restaurante fontes de N ao processo de compostagem. Observa-se para as gramas da cidade de Piracicaba, teores de nitrogênio elevados, semelhantes aos teores dos resíduos de suinocultura, o que aumentará o volume de grama necessário para a mistura de resíduos, para perfazer a relação C:N de 30:1. As análises foram repetidas, confirmando os valores. A coleta do material realizada em época muito seca do ano, concentrando-se os teores de nutrientes.

Caracterizou-se a cepa microbiana para verificar se sua composição interferia no processo de compostagem, pois permanece na máquina por diversos meses. Sua composição é semelhante ao composto final produzido pelo processo de compostagem acelerada na máquina recicladora. Assim, foi possível dimensionar as misturas de materiais, visando manter uma relação C/N ideal para o início da compostagem que deve estar em torno de 20-35:1 (KIEHL, 2002).

### **3.2. Teste de compostagem acelerada em máquina de compostagem**

Quanto a temperatura alcançada pela mistura compostada, observou-se para os tratamentos I e II sendo eles resíduo de restaurante + poda de árvore e resíduo de restaurante + poda de árvore + cepa de micro-organismos, respectivamente, elevação da temperatura após o terceiro dia de condução do teste, contudo, os valores estiveram abaixo de 65°C, indicando lenta degradação do material orgânico e reduzida atividade dos microrganismos. Ressalta-se que temperaturas acima de 45°C são necessárias, por pelo menos 14 dias, para que haja eliminação de possíveis microrganismos patogênicos presentes no resíduo orgânico (CONAMA, 2006). Já para o tratamento controle, houveram temperaturas acima de 65°C, em função da programação existente na máquina de compostagem, o que pode resultar na inibição da atividade dos microrganismos decompositores.

Para verificar a evolução do processo de compostagem, as matérias primas foram caracterizadas antes da instalação dos testes (14 de maio de 2018 – Início) e após a finalização dos testes (17 de maio de 2018 – Final). Observou-se elevado teor de água para o composto produzido no tratamento II, acima de 65% (Tabela 3), que poderia promover condições de anaerobiose na massa compostada e reduzir a degradação do material orgânico (KIEHL, 2002). Os teores de água elevados podem ser resultantes da elevada frequência de revolvimento programada na máquina, promovendo a liberação excessiva de água livre presente no alimento, principalmente





devido à presença de frutas e legumes dificultando a absorção gradativa da água pelo material estruturante. Modificações no funcionamento da máquina recicladora no sentido de redução de tempo e frequência de revolvimentos foram propostas para esse tipo de resíduo.

Os teores de água no composto do tratamento-controle, em que houve elevação progressiva da temperatura da máquina até 60°C, propiciou menores teores de água no material final, e maior teor de carbono, indicando talvez que a elevação da temperatura da massa e redução do teor de água para valores menores que 50%, pode ter reduzido abortado o processo de decomposição.

**Tabela 3:** Caracterização dos resíduos antes e após compostagem em máquina aceleradora

Parâmetros	Tratamento I (Resíduo de restaurante + poda)		Tratamento II (Poda + Resíduo de restaurante + cepa)		Controle (Resíduo de restaurante + cepa)	
	<i>Início</i>	<i>Final</i>	<i>Início</i>	<i>Final</i>	<i>Início</i>	<i>Final</i>
<b>Teor de água (%)</b>	54,8	38,0	75,7	61,3	39,8	23,2
<b>pH em água</b>	4,8	5,1	4,6	4,1	4,3	4,2
<b>pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup></b>	4,6	4,6	4,4	4,0	4,2	4,1
<b>CE mS cm<sup>-1</sup></b>	4,8	3,1	4,2	2,2	11,1	3,3
<b>C (%)</b>	51,2	43,8	51,8	43,0	53,8	49,8
<b>N (%)</b>	1,9	1,8	1,7	1,8	2,0	2,0
<b>C/N</b>	26,9	24,3	30,5	23,9	26,9	24,9

Não houve alterações nos valores de pH e nos teores de N, para todos os testes estudados (I, II e controle) (Tabela 3), sendo que o maior valor de pH foi igual a 5,1 para o Tratamento I. Ao longo do teste, verificou-se redução dos teores de C, devido ao processo de biodegradação da matéria orgânica que promove a liberação de C na forma de CO<sub>2</sub>. Os resultados obtidos para os valores de pH, C, N e relação C/N (Tabela 3), indicam início do processo de degradação das misturas de materiais estudadas para os três testes conduzidos em máquina de compostagem, com discreta tendência para melhores resultados no teste I. Tais ensaios devem ser repetidos e conduzidos por maior período de tempo para obtenção de resultados mais conclusivos.

Não houve alterações nos valores de pH e nos teores de N, para todos os testes estudados (I, II e controle) (Tabela 3), sendo que o maior valor de pH foi igual a 5,1 para o Tratamento I. Ao longo do teste, verificou-se redução dos teores de C, devido ao processo de biodegradação da matéria orgânica que promove a liberação de C na forma de CO<sub>2</sub>. Os resultados obtidos para os valores de pH, C, N e relação C/N (Tabela 3), indicam início do processo de degradação das

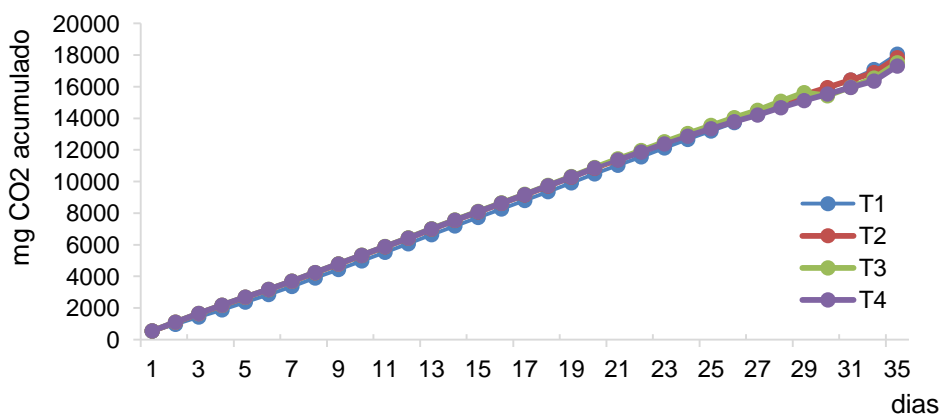


misturas de materiais estudadas para os três testes conduzidos em máquina de compostagem, com discreta tendência para melhores resultados no teste I. Tais ensaios devem ser repetidos e conduzidos por maior período de tempo para obtenção de resultados mais conclusivos.

### 3.3. Ensaio de respirometria

O ensaio conduzido até os 35 dias apresentou elevada evolução de CO<sub>2</sub>, indicando progresso do processo de degradação das misturas de materiais estudados. Até o momento não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Figura 1), indicando que a natureza dos materiais é semelhante no que concerne a biodegradabilidade dos materiais orgânicos.

**Figura1:** Evolução de C-CO<sub>2</sub> liberado ao longo de 35 dias de condução do ensaio de biodegradação.



T1. Lodo de esgoto + poda de árvore, T2. Lodo de esgoto + aparas de grama, T3. Resíduo de restaurante + poda de árvore, T4. Resíduo de restaurante + aparas de grama.

Apesar da elevada evolução de C-CO<sub>2</sub> ao longo dos dias, a taxa de degradação ainda foi baixa em virtude do tempo reduzido de avaliação do ensaio. Taxas maiores, em torno de 0,19% foram observadas para os tratamentos com grama, confrontados com 0,12% nos tratamentos com poda de árvore. Se tais resultados se confirmarem no final do teste pode-se indicar a melhor decomposição de gramas quando comparadas a podas de árvores que apresentam maiores teores de lignina, de natureza mais recalcitrante. Os teores de carbono aportados nos tratamentos são altos e demandam longo período de avaliação. Em estudo realizado por Moretti et al. (2015), observou redução nos teores de C até os 100 dias de processo de compostagem de lodo de esgoto e poda de árvore, em função das perdas decorrentes das reações de decomposição e liberação de CO<sub>2</sub> (KHALIL *et al.*, 2011). O teste prossegue até a estabilização da liberação de CO<sub>2</sub>.



### 3.4 Compostagem em pilhas conduzidas em pátio asfaltado

O lodo de esgoto utilizado no processo de compostagem é classificado em Classe B Resolução nº 375 (CONAMA, 2006), pois apresentou valores de coliformes totais e fecais iguais a  $1,1 \times 10^7$  e  $1,3 \times 10^5$  NMP  $g^{-1}$  de sólidos totais, respectivamente. Ressalta-se a importância da obtenção de temperaturas elevadas por período adequado, a fim de que haja a eliminação destes microrganismos patogênicos.

Observou-se a obtenção de temperaturas acima de  $45^{\circ}C$  a partir do sétimo dia de compostagem com lodo de esgoto + poda de árvore. Para pilhas com uso de aparas de grama, observaram-se temperaturas acima de  $45^{\circ}C$  a partir do terceiro dia de compostagem, as quais se mantiveram acima desses valores por um período de 15 dias, atendendo as exigências da Resolução Nº 380 (CONAMA, 2006) para eliminação de organismos patogênicos. Devido as características recalcitrantes da poda de árvore, a velocidade de degradação do material é menor em relação às pilhas de lodo + aparas de grama. Contudo, em período de 20 dias, as temperaturas se mantiveram elevadas por um período de 11 dias, e ressalta-se que o processo de compostagem está em andamento, não tendo sido observada a finalização da fase termofílica.

## 4 CONCLUSÃO

O elevado volume de resíduos levantados apenas na cidade de Piracicaba, SP, e a necessidade de destinação sustentável evidenciam o potencial de uso desses materiais em processos de pós-tratamento como a compostagem. Lodo de esgoto, resíduos de suinocultura e restos de alimentos apresentam-se como fontes de nitrogênio para o processo de compostagem, enquanto que a poda de árvore de cidade triturada apresenta-se como excelente fonte de carbono. As aparas de grama na estação seca em que foram coletadas apresentaram teores de nitrogênio semelhante ao resíduo de suinocultura e novas coletas do material devem ser efetuadas nos meses chuvosos para verificar se caracterização persiste. Resíduos de alimentação apresentaram elevado teor de água exigindo modificações na programação de revolvimento da máquina recicladora, de modo a não liberar rapidamente a água livre e criar uma condição de anaerobiose não favorável. Os testes de compostagem acelerada na máquina, nas pilhas e em ensaio de respirometria estão em fase inicial, apresentando excelentes resultados no campo e em laboratório e a necessidade de grandes modificações no processo de decomposição dentro da máquina recicladora. As pilhas de compostagem no campo atingiram em poucos dias temperaturas acima de  $60^{\circ}C$  que persistem após 20 dias de início do processo, indicando real possibilidade de



eliminação de patógenos presentes nos resíduos e decomposição completa do material orgânico passível de degradação. O mesmo sucesso tem se observado no ensaio de respirometria. Esforços devem ser efetuados para mesma eficiência seja obtida na máquina recicladora.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica PIBIC. À FAPESP pelo auxílio concedido ao Projeto PIPE FAPESP Processo 2017/00944-0.

### 4 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. C; ABREU, M. F. Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. 178 p.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 380, de 31 de outubro de 2006. Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 de novembro de 2006, Seção 1, p. 59.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 de agosto de 2006. Seção 1, p. 141-146.
- EUROPEAN COMMISSION. Disposal and recycling routes for sewage sludge – Part 1 Sludge use acceptance report. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001. 75 p.
- JAYASINGHE, G. Y. Composted sewage sludge as an alternative potting media for lettuce cultivation. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 43, p. 2878-2887, 2012.
- KHALIL, A. I.; HASSOUNA, M. S.; EL-ASHQAR, H. M. A.; FAWZI, M. Changes in physical, chemical, and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge. *World Journal Microbiology and Biotechnology*, Oxford, v. 27, p. 2359-2369, 2011.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão dos resíduos orgânicos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-org%C3%A2nicos>. Acesso em: Jun. 2018.
- MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; ABREU-JUNIOR, C. H. Composting sewage sludge with green waste from tree pruning. *Scientia Agricola*, v. 72, p. 432-439, 2015
- NUNES, M. U. C. Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade. Circular Técnica, 59. Aracaju: EMBRAPA, 2009. 7 p.
- OLIVEIRA, E. C. A., SARTORI, R. H. E GARCEZ, T. B. Compostagem. Universidade de São Paulo, Piracicaba, maio de 2008. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem\\_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf). Acesso em: Jun. 2018
- PROVENZANO, M.R.; OLIVEIRA, S.C.; SANTIAGO SILVA, M. R.; SENESI, N. Assessment of maturity degree of composts from domestic solid waste by fluorescence and Fourier transform infrared spectroscopies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 49, pp 5874-5879, 2001.
- RODELLA, A.A.; SABOYA, L.V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. *Soil Biology and Biochemistry*, v.31, p.2059-2060, 1999.
- TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, v.99, n.4, p.816-28. 2005.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Under 40 CFR Part 503. Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). Appendix I -Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of *Ascaris* Ova in Sludge, p. 166, EPA/625/R-92/013, 2003.