

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MINI COMPOSTEIRAS COMO MÉTODO ALTERNATIVO DE DESCARTE DE FOLHAS EM LOCAIS DE PEQUENA GERAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

\* Arthur Couto Neves<sup>1</sup>  
Priscila da Costa<sup>2</sup>  
Neemias Gonzaga Ribas<sup>1</sup>  
Marcos Paulo Gomes Mol<sup>1</sup>

## ANALYSIS OF THE VIABILITY OF MINI COMPOSTERS AS AN ALTERNATIVE METHOD OF DISPOSAL OF LEAVES IN PLACES OF SMALL GENERATION OF ORGANIC WASTES

Recibido el 31 de mayo de 2018; Aceptado el 28 de marzo 2019

### Abstract

*Considering the increase in urban solid waste, alternatives became necessary to decrease the destination of recyclable and organic wastes to landfills. It is highlighted, then, the composting process as allied to the disposal of organic solid waste. The present study aims to evaluate the viability of mini composters as an alternative to the discard of leaves in locals of low generation. Four reactors were produced: two of Polyethylene terephthalate (PET), of volume equal to 2 liters and two 5-liter containers. The monitored parameters along the 142 days were moisture (weekly), temperature (twice a week through a thermometer of internal measurement), and height (also twice a week). Shapiro-Wilk test, Kruskal-Wallis with post-hoc by Nemenyi and Pearson's correlation test and by Multiple Comparisons were applied, using software R. It was observed that the maximum and minimum temperature amplitudes for the reactors were 32.5°C (SC5L) and 21°C (CC5L), respectively, maintaining below 30°C from most of the experiment. Only CC5L presented a statistical difference ( $p < 0.05$ ) to the ambient temperature. It was also verified that the reactor CC2L showed the biggest reduction in volume (61.4%) and intense brownish color, evidencing an advanced stage of material degradation. Hence, it was concluded that this composting process could be used as an adequate alternative for the discard of leaves in a location of low wastes generation, being a procedure of easy execution and maintenance.*

**Keywords:** green waste, composting, waste management.

<sup>1</sup> Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento. Fundação Ezequiel Dias. Belo Horizonte, Brasil.

<sup>2</sup> Diretoria do Instituto Octávio Magalhães. Fundação Ezequiel Dias. Belo Horizonte, Brasil.

\* *Autor correspondente:* Serviço de Desenvolvimento Tecnológico Farmacêutico, Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento. Fundação Ezequiel Dias – FUNED. Rua Conde Pereira Carneiro, 80. Bairro Gameleira. Cidade Belo Horizonte, Minas Gerais. Código Postal (CEP) 30510-010. Brasil. Email: [coutoarthur@gmail.com](mailto:coutoarthur@gmail.com)

## Resumo

Considerando o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, tornam-se necessárias alternativas para a redução do encaminhamento de resíduos recicláveis e orgânicos a aterros sanitários. Destaca-se, então, o processo de compostagem como aliado ao descarte da fração orgânica. O objetivo do presente estudo foi analisar a viabilidade da utilização de mini composteiras como alternativa para o descarte de resíduos de folhas de árvores em locais de pequena geração. Foram utilizados quatro reatores: dois de Poli Tereftalato de Etila (PET) com volume de 2 litros, e duas bombonas plásticas de 5 litros. Os parâmetros monitorados ao longo de 142 dias foram umidade (semanalmente), temperatura (duas vezes por semana, por meio de termômetro de medição interna) e volume (duas vezes por semana). Foram realizados os testes de *Shapiro-Wilk*, de *Kruskal-Wallis* com post-hoc por *Nemenyi* e correlação de *Pearson* e por Comparações Múltiplas, utilizando-se o *software* R. Observou-se que as amplitudes máximas e mínimas para as temperaturas dos reatores foram 32.5°C (SC5L) e 21°C (CC5L), respectivamente, mantendo-se abaixo de 30°C na maior parte do tempo. Somente o reator CC5L apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à temperatura ambiente. Verificou-se que o reator CC2L foi o que apresentou maior redução de volume (61.4%) enquanto a cor amarronzada mais intensa foi observada no CC5L, evidenciando o estágio avançado de degradação do referido material. Assim, conclui-se que o processo de compostagem realizado pode ser considerado como alternativa adequada para o descarte de folhas em ambientes de pequena geração de resíduos, sendo, sobretudo, de fácil execução e monitoramento.

**Palavras chave:** resíduos de folhas, compostagem, gestão de resíduos.

## Introdução

A problemática que envolve a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua gestão tem se tornado cada vez mais crítica devido, principalmente, ao aumento do consumo e da consequente produção de RSU aliados à sua má gestão e a demais dilemas envolvidos. A postura da sociedade contemporânea em relação à utilização crescente de produtos com menores ciclos de vida e de embalagens descartáveis também têm contribuído para a situação de precariedade da gestão de RSU, na qual destaca-se sua inadequada disposição final como um dos principais problemas ambientais e sanitários do mundo (Barros, 2012; Gonçalves *et al.*, 2013).

Diversos impactos à saúde e ao meio ambiente associam-se à indevida gestão de RSU, entre os quais destacam-se: proliferação de vetores de doenças; acúmulo de resíduos e consequente poluição visual das vias públicas; alagamentos das vias em decorrência da obstrução dos sistemas de drenagem; contaminação dos solos e dos cursos d'água; e doenças respiratórias, além de dengue e disfunções gastrointestinais (Hoorweg e Thomas, 2012). Em 2015, apesar do encaminhamento a aterros sanitários de 58.7% de todo o RSU coletado no Brasil, cerca de 3300 municípios Brasileiros ainda destinavam seus resíduos sólidos em locais impróprios, prática recorrente em diversas regiões do país até os dias atuais (ABRELPE, 2015).

No Brasil, destaca-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12305/2010 (BRASIL, 2010), como um marco regulatório direcionado a sanar os problemas

associados à má gestão dos RSU. Segundo esta norma, considera-se disposição final ambientalmente correta a distribuição de rejeitos em aterros sanitários operacionalmente adequados, de modo a minimizar os impactos ambientais adversos. Existem também outras formas de destinação final adequada como as práticas de reutilização, reciclagem e compostagem (Brasil, 2010). Ressalta-se que os RSU são constituídos por alto percentual de resíduos orgânicos, entretanto a aplicação das técnicas de compostagem ainda é muito incipiente no Brasil (ABRELPE, 2015).

Estima-se que, em média, apenas 1.6% de todo o resíduo coletado no país é destinado à compostagem (BRASIL, 2012). Além disso, somente 211 municípios Brasileiros possuem unidades de compostagem, sendo que os estados de Minas Gerais (MG) e Rio Grande do Sul (RS) dispõem de 78 e 66 unidades, respectivamente, representando as maiores concentrações do país (Brasil, 2012). Diversos municípios mineiros, porém, apresentam dificuldades em relação à manipulação de resíduos sólidos, sobretudo orgânicos, e optam, muitas vezes, pelo depósito desses resíduos em vazadouros a céu aberto (lixões) – destino potencialmente danoso e prejudicial ao meio ambiente (Barros *et al.*, 2005; Barros, 2012; FEAM, 2016).

No caso do município de Belo Horizonte – MG, por exemplo, a produção per capita de resíduos sólidos aumentou em 27.2% entre 2003 e 2015 (Belo Horizonte, 2016) e estima-se que 35% (217,033 toneladas/ano) dos RSU do município sejam de materiais recicláveis (papel e papelão, plástico, metal e vidro) e mais de 48% relativo à fração orgânica (Belo Horizonte, 2017). Considerando este elevado potencial de geração de resíduos orgânicos em Belo Horizonte, a compostagem pode ser uma alternativa viável para o reaproveitamento destes resíduos, uma vez que transforma matéria orgânica em húmus através da decomposição acelerada por microrganismos.

Além disso, há diversos benefícios associados à aplicação do húmus obtido no solo como o estímulo do desenvolvimento das raízes das plantas, conferindo ao solo aumento da capacidade de absorção e armazenamento de água (Oliveira *et al.*, 2004). Destaca-se que o êxito do processo de compostagem depende, principalmente, do monitoramento contínuo de parâmetros como pH, umidade e temperatura, que são fatores interferentes ao bom andamento deste processo (Strom e Finstein, 2000; Pereira Neto, 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade da utilização de mini composteiras como método alternativo para o descarte de folhas em locais de pequena geração de resíduos orgânicos, uma vez que esta alternativa proporciona a conversão destes resíduos em húmus, produto condicionador do solo.

### **Método**

As etapas metodológicas desta pesquisa contemplaram a criação de quatro reatores de compostagem para degradação de resíduos de folhas de árvores e jardins; o monitoramento dos

parâmetros umidade, temperatura e volume; e a análise estatística dos resultados obtidos por meio dos monitoramentos citados.

### Montagem do experimento

Foram produzidos quatro reatores de material plástico, sendo dois desenvolvidos a partir de garrafas de *Poli Tereftalato de Etila* (PET) de dois litros e outros dois a partir de bombonas plásticas de cinco litros. Aproximadamente, foram adicionados 140 gramas de resíduos de folhas de árvores e jardins para os reatores de 2L e 340 gramas para os reatores de 5L. Acrescentou-se cerca de 25 gramas de composto (húmus) resultante de um processo de compostagem anterior, para os reatores de 2L e aproximadamente 60 gramas aos reatores de 5L a fim de verificar a viabilidade da adição de microrganismos adaptados ao processo. Portanto, os reatores foram identificados como: com adição de composto (CC2L e CC5L) e sem incorporação de composto (SC2L e CC5L).

Os modelos para confecção dos reatores utilizados foram adaptados de Trautmann e Krasny (1998) e, para o material orgânico, foram utilizadas somente folhas secas de árvore da espécie *Ficus elastica*, trituradas manualmente e homogeneizadas antes do início do processo.

Inicialmente, calculou-se o peso das folhas secas trituradas, totalizando em, aproximadamente, 173.83 gramas. Em seguida, as folhas secas foram inseridas nos reatores, respeitando a capacidade volumétrica dos mesmos. Posteriormente, calculou-se a massa de água de 260mL para os reatores de 2L e 650 mL para os reatores de 5L que deveria ser adicionada aos respectivos reatores de modo a garantir a manutenção da umidade em torno de 60% durante todo o processo, conforme Equação (1).

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{PM(g) - PS(g) - C(g)}{PM(g)} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

PM: peso da amostra antes da dessecação (gramas);

PS: peso da amostra após a dessecação (gramas);

C: peso da cápsula (gramas).

### Monitoramento dos parâmetros

O monitoramento foi realizado ao longo de 142 dias e os parâmetros avaliados foram umidade, temperatura e volume ocupado pelo material a ser decomposto dentro de cada reator. Durante o processo, o controle da umidade do resíduo orgânico foi realizado, semanalmente, adicionando-se aos reatores a mesma massa de água inserida no início do processo, obtida pela Equação (1), de modo a manter a umidade considerada ideal (60%) em todo o experimento.

A temperatura foi monitorada duas vezes por semana, através da inserção de um termômetro calibrado de medição interna, da marca *Digital Thermother*, aproximadamente no centro do reator. Para acompanhar possíveis quedas de volume, a altura da massa do material orgânico foi

mensurada, semanalmente, com o auxílio de uma régua convencional. Posteriormente às medições, realizou-se o cálculo de volume do material, segundo a Equação (2).

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = Ab \times H$$

Equação (2)

Onde:

Ab: área da base do reator (cm<sup>2</sup>);

H: altura medida de material no interior do reator (cm).

Realizou-se, também semanalmente, a aeração dos reatores que consistiu na movimentação do conteúdo do interior do reator, descompactando as folhas e proporcionando maior oxigenação.

No intuito de inspecionar visualmente o estado da degradação do material, os reatores foram abertos, mensalmente, sendo realizados registros fotográficos, totalizando em cinco registros durante todo o período de monitoramento. Os registros fotográficos, para cada reator, consistiram no processo de abertura do reator, despejo do material sobre uma bandeja, espalhamento do mesmo, obtenção do registro fotográfico e posterior remontagem dos reatores.

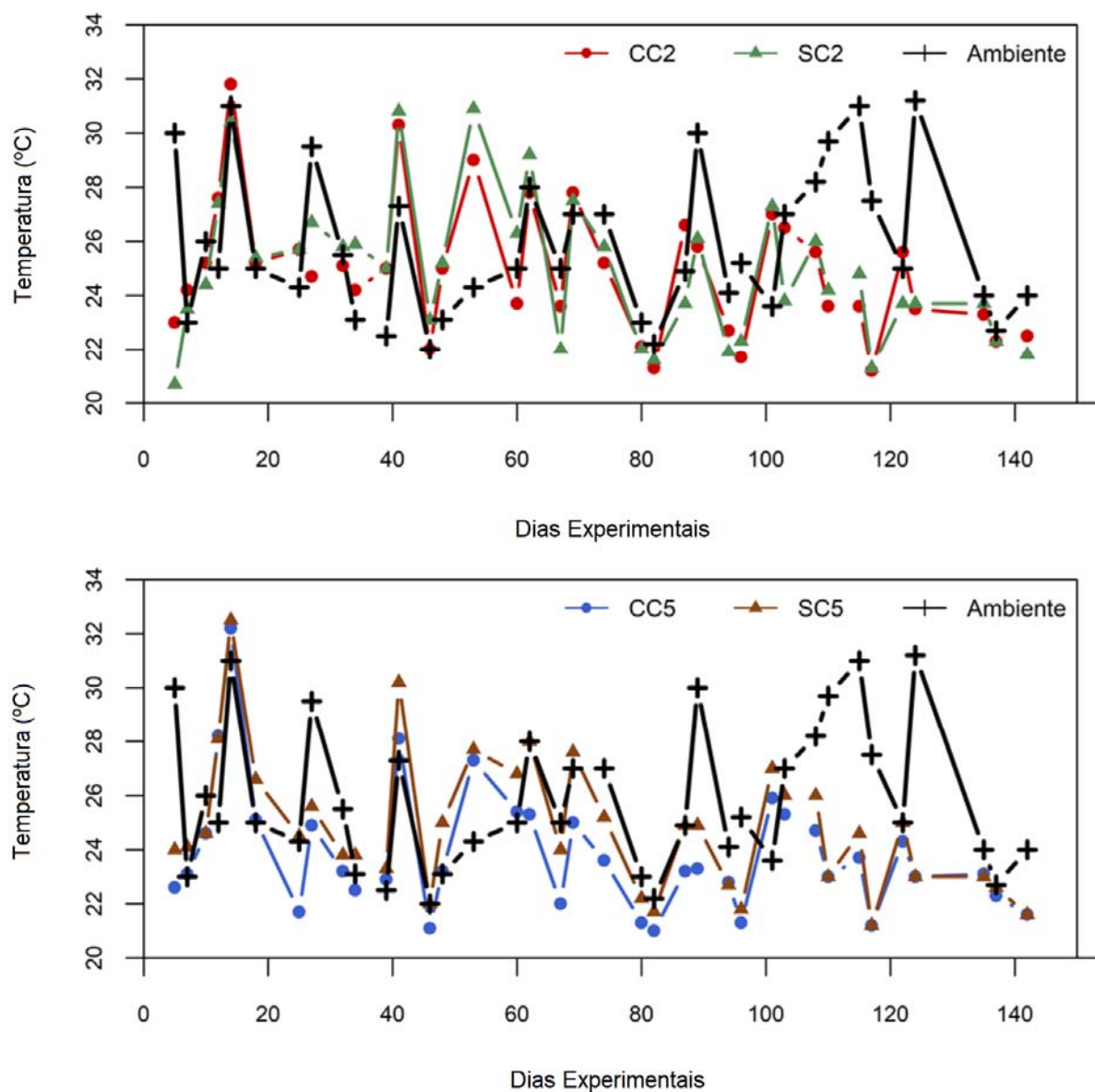
#### Análise estatística

Realizou-se análise estatística descritiva dos valores das temperaturas obtidas durante o experimento, considerando a temperatura do interior dos quatro reatores e a temperatura ambiente. Foram apresentadas informações sobre número amostral, média aritmética, limites inferior e superior calculados via *bootstrap*, primeiro quartil, mediana e terceiro quartil (Ribeiro Junior, 2011). Foram utilizados os testes de normalidade de *Shapiro-Wilk* e, posteriormente, o teste não paramétrico de comparação de medianas de *Kruskal-Wallis* com *post-hoc* por *Nemenyi* (Itano e Santos, 2006; Pohlert, 2018).

Também foram determinados os graus de correlação entre as temperaturas dos reatores e ambiente, segundo o coeficiente de correlação de *Pearson* e por meio de Comparações Múltiplas (Itano e Santos, 2006; Ribeiro Junior, 2011). O nível de significância adotado para todas as análises estatísticas foi de 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Foi utilizado o *software* R (versão 3.4.2).

#### **Resultados**

Verificou-se que a partir do 14<sup>o</sup> dia de monitoramento a temperatura interior dos reatores atingiu cerca de 31°C. Entretanto, durante a maior parte do tempo as medições obtidas se mantiveram abaixo dos 30°C. Também se observou que as amplitudes máximas e mínimas para as temperaturas dos reatores foram 32.5°C (reator SC5) e 21°C (reator CC5L), respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Gráficos com os resultados das temperaturas dos reatores e ambiente entre os 5º e 142º dias de monitoramento.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das estatísticas descritivas das temperaturas obtidas durante o experimento, considerando os quatro reatores e a temperatura ambiente.

**Tabela 1.** Resultados da análise estatística descritiva em relação às temperaturas medidas (°C).

Temperatura	n	Média	L.I.	L.S.	1Q	2Q	3Q
CC2L	37	24.89	24.15	25.67	23.30	25.00	25.80
CC5L	37	23.87	23.17	24.66	22.50	23.20	25.00
SC2L	37	24.92	24.06	25.77	23.10	24.80	26.10
SC5L	37	24.83	24.06	25.62	23.00	24.60	26.00
Ambiente	37	25.86	25.01	26.72	24.00	25.00	27.50

Legenda: CC2L = reator PET de 2 litros com adição de composto; SC2L = reator PET de 2 litros sem adição de composto; CC5L = bombona de 5 litros com adição de composto; SC5L = bombona de 5 litros sem adição de composto; n = número amostral; L.I. = limite inferior calculado via bootstrap; L.S. = limite superior calculado via bootstrap; 1Q = primeiro quartil; 2Q = segundo quartil (mediana); 3Q = terceiro quartil.

Os testes de normalidade em relação às medições de temperatura indicaram que os dados, por amostra, não são paramétricos, com valores-p inferiores a 0.001 (Teste de *Shapiro-Wilk*). As comparações das medianas foram feitas através do teste de *Kruskal-Wallis* com *post-hoc* por *Nemenyi*, sendo os resultados apresentados na Tabela 2. Observou-se que apenas a comparação da temperatura ambiente com a do reator CC5L apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

**Tabela 2.** Resultados do teste de comparação das medianas dos valores de temperatura, por reator (valores-p).

Temperatura	CC2L	CC5L	SC2L	SC5L
CC5L*	0.258	-	-	-
SC2L*	1.000	0.261	-	-
SC5L*	1.000	0.375	1.000	-
Ambiente*	0.667	< 0.010	0.664	0.526

Legenda: CC2L = reator PET de 2 litros com adição de composto; SC2L = reator PET de 2 litros sem adição de composto; CC5L = bombona de 5 litros com adição de composto; SC5L = bombona de 5 litros sem adição de composto; \*teste de comparações múltiplas de *Kruskal-Wallis* (valor-p = 0.02162) com *post-hoc* por *Nemenyi*.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores da correlação múltipla realizada considerando os quatro reatores e a temperatura ambiente, bem como os respectivos valores-p (Teste de *Spearman*).

**Tabela 3.** Resultados da Correlação Múltipla relativos aos valores de correlação e aos respectivos valores-p (Teste de Spearman).

Correlação	Valor da correlação
CC2L x CC5L	0.840
CC2L x SC2L	0.840
CC2L x SC5L	0.900
CC2L x Ambiente	0.290*
CC5L x SC2L	0.820
CC5L x SC5L	0.940
CC5L x Ambiente	0.410
SC2L x SC5L	0.850
SC2L x Ambiente	0.300*
SC5L x Ambiente	0.360

*Legenda: CC2L = reator PET de 2 litros com adição de composto; SC2L = reator PET de 2 litros sem adição de composto; CC5L = bombona de 5 litros com adição de composto; SC5L = bombona de 5 litros sem adição de composto; \*Correlação estatisticamente não significativa (p-valor > 0.05).*

Os reatores apresentaram oscilações de volume que variaram entre 510.5 cm<sup>3</sup> (SC2L) e 1900.0 cm<sup>3</sup> (CC5L), representando os reatores cujas quedas foram menor e maior, respectivamente. Considerando, porém, as respectivas alturas iniciais: 24 cm; 21.5 cm; 20.5 cm e 21.5 cm, verificou-se que os percentuais de redução do volume foram: 33.3% (SC2L), 35.9% (SC5L), 46.3% (CC5L) e 61.4% (CC2L).

Constatou-se a presença de fungos a partir do 7º dia de monitoramento em todos os reatores, que se mantiveram nesta condição até o fim do experimento (142º dia). Os reatores SC5L (Figura 2-a) e SC2L (Figura 2-b) apresentaram aspecto mais amarelado em função do desenvolvimento de pequenas colônias de fungos entre suas folhas, processo que foi mais intenso no reator SC2L (Figura 2-b).

Destaca-se que o reator CC2L foi o que apresentou maior redução de volume e a cor amarronzada mais intensa, evidenciando o estágio avançado de degradação do referido material (Figura 2-d).





**Figura 2.** Imagens dos reatores SC5L (a), SC2L (b), CC5L (c), CC2L (d) no 117º dia de monitoramento.

### Discussão

Verificou-se que os reatores CC5L e SC5L apresentaram maior capacidade de retenção de líquido (umidade) do que CC2L e SC2L, sendo constatado que esta capacidade foi superior nos reatores com composto, quando comparados aos sem composto.

Processos de compostagem de média a larga escala têm como recomendação que a umidade permaneça entre 50% e 60% (Rodrigues *et al.* 2006; Epstein, 2011). Tal faixa é considerada essencial para a sobrevivência dos microrganismos decompositores da matéria orgânica. Destaca-se que este parâmetro também influencia na temperatura e aeração do composto, sendo fundamental seu adequado controle de modo que ambos se mantenham favoráveis ao processo (Barros *et al.*, 2005; De Paula e Cezar, 2011; Michel *et al.*, 1996). Apesar do processo de compostagem realizado no presente estudo ser classificado como pequena escala, considerou-se a umidade ideal em torno de 60%.

Na compostagem em média e larga escala, é esperado que o processo ocorra em três fases distintas. Inicialmente a temperatura se assemelha à ambiente se mantendo na faixa entre 20° a 40°C, chamada de fase mesofílica, após alguns dias a temperatura tende a se elevar, sob condições favoráveis, dando início a fase termofílica com o desenvolvimento de temperaturas entre 40°C a 70°C, esta fase possui uma duração de 60 a 90 dias, ao final desta fase ocorre uma queda na temperatura se aproximando à ambiente dando início a fase de maturação que dura

cerca de 30 dias (Epstein, 2011; Haug, 2018; Pereira Neto, 2007). Após o período de maturação o material apresenta redução na granulometria e uma cor marrom escura.

Durante todos os dias de experimento deste estudo não foi possível observar este mesmo comportamento da temperatura nos reatores, nem mesmo o aspecto final que ainda não indicava sinais avançados de degradação. Considerando, porém, a pequena escala do presente estudo, as temperaturas apresentaram valores abaixo de 30°C (fase mesofílica) durante todo o processo. O volume do material a ser decomposto pode ser sugerido como um dos fatores que influenciam na manutenção da temperatura do processo, uma vez que ele pode ter evitado a dissipação de calor e umidade (Rodrigues *et al.*, 2006). Segundo Kiehl (2004), no caso da compostagem em maior escala, a altura do material deve estar entre 1.5m e 1.8m, ou seja, trabalha-se com grandes volumes de resíduos capazes de reduzir a perda de calor do material.

Destaca-se que, segundo Guermandi (2015), a temperatura também contribui fortemente para a atuação de microrganismos, sendo essencial ao processo, deste modo este parâmetro se torna o mais eficaz para indicar a eficiência do processo. Observou-se neste estudo que o comportamento da temperatura se assemelhou à pesquisa realizada por Hijazin (2012), cujas temperaturas dos reatores também se mantiveram baixas durante todo o período de monitoramento.

Apesar da correlação identificada entre a temperatura ambiente e dos reatores, especialmente dos reatores de 2L, cujas correlações foram significativas, não é possível afirmar que a temperatura ambiente possa ter interferido na temperatura dos referidos reatores, uma vez que as mini composteiras tendem a não sofrerem influência da temperatura ambiente, ainda que esta apresente grandes oscilações (Maragno *et al.*, 2007).

O processo de compostagem com uso exclusivo de folhas de árvores é menos investigado em relação àqueles cuja inserção envolve também os resíduos orgânicos e restos de alimentos. Deste modo, destaca-se a importância de testes em diferentes escalas de compostagem exclusivamente com resíduos de origem vegetal para melhor compreender este processo e o comportamento dos parâmetros avaliados.

### **Conclusões**

O presente estudo apontou a facilidade de implantação de mini composteiras de pequena escala, bem como a simplicidade do monitoramento do processo de compostagem testado, visto a pouca demanda de espaço e tempo de manutenção. Também não foram constatadas temperaturas acima de 33°C, isto pode indicar a predominância dos microrganismos mesofílicos em relação aos termofílicos.

As folhas utilizadas no referido processo de compostagem podem, ainda, ser aplicadas ao solo, como composto de jardins, em função de suas propriedades favoráveis às plantas, caso sejam decompostas até a fase de maturação. Ressalta-se, porém, que as folhas não foram totalmente degradadas no período de 142 dias de experimento e, portanto, não puderam ser aplicadas ao solo.

De modo geral, verificou-se a viabilidade da utilização de mini composteiras como uma alternativa para o descarte de folhas em ambientes de pequena geração de resíduos. Além disso, a utilização dos reatores também favorece a realização de pesquisas, uma vez que reduz as demandas operacionais e permite a inclusão de várias replicatas. Tais possibilidades podem ser úteis, por exemplo, na comparação de diferentes tipos de resíduos a serem compostados.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro; à Fundação Ezequiel Dias - FUNED pelo apoio na realização da pesquisa, em especial à Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD), à Unidade de Gestão Ambiental e ao Laboratório de Química Bromatológica (LQB). Em especial, agradecemos o apoio operacional do Sílvio (MGS) e apoio técnico do Geraldo (UFMG) e da Valéria (CEFET-MG).

### Referências bibliográficas

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015) *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. São Paulo: ABRELPE.
- Barros, R. T. V., Silva, T. A. S., Miranda, T. G. (2005) *O gerenciamento dos resíduos verdes na UFMG: outras possibilidades*. UFMG - Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Barros, R. T. V. (2012) *Elementos de resíduos sólidos*. Belo Horizonte: Tessitura. 424 pp.
- Belo Horizonte (2017) *Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos De Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/cartilha\\_pmgirs-bh.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/cartilha_pmgirs-bh.pdf)
- Belo Horizonte (2016) *Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte: 2016/2019*. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/volumei\\_final\\_pms2016\\_2019\\_agosto.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/volumei_final_pms2016_2019_agosto.pdf)
- Belo Horizonte (2016) *Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte: 2016/2019*. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/volumei\\_final\\_pms2016\\_2019\\_agosto.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/volumei_final_pms2016_2019_agosto.pdf)
- Brasil, MMA Ministério do Meio Ambiente (2012) *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Acesso em: 20 fev. 2018. Disponível em: [http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657)
- Brasil, MMA – Ministério do Meio Ambiente (2018) *Caderno de Diagnóstico*. Acesso em: 20 fev. 2018. Disponível em: [http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/01\\_CADDIAG\\_Res\\_Sol\\_Urbanos.pdf](http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/01_CADDIAG_Res_Sol_Urbanos.pdf)
- De Paula, L. G. A., Cezar, V. R. S. (2011) Compostagem de Resíduos Orgânicos da Área Verde do Campus Marechal Deodoro – IFAL em Função do Número de Revolvimentos. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, 8(4), 155-163.

- Epstein, E. (2011) *Industrial composting: environmental engineering and facilities management*, FL: CRC Press, Boca Raton, 338 pp.
- FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente (2016) *Classificação e Panorama da Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais*. Minas Gerais, 2016. Acesso em: 09 jan. 2018. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2017/RESIDUOS/Minas\\_Sem\\_Lixoes/Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_e\\_Panorama\\_Final\\_2016\\_para\\_ASCOM.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2017/RESIDUOS/Minas_Sem_Lixoes/Classifica%C3%A7%C3%A3o_e_Panorama_Final_2016_para_ASCOM.pdf)
- Gonçalves, M. A., Tanaka, A. K., Amenomar, A. A. (2013) A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso. *Future Studies Research Journal*, São Paulo, **5**(1), 96-129.
- Guermadi, J. I. (2015) Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP. *Catálogo USP*, USP, São Paulo.
- Haug, R. (2018). *The practical handbook of compost engineering*. Routledge.
- Hijazin, C. A. H; Pires, M. S. (2012) Minicompostagem: uso para resíduos sólidos domésticos. *Revista Atitude - Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre*, (11), 73-81.
- Hoorweg, D., Thomas, L. (2012) *What a waste: solid A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, Urban Development Sector Unit.
- Itano, F., Santos, S. M. (2006) *Tópicos de Estatística utilizando R*. Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.
- Kiehl, E. J. (2004) *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. E. J. Kiehl: 2004. Piracicaba, 4ª ed. 173 pp.
- Maragno, E. S., Trombin, D. F., Viana, E. (2007) O Uso da Serragem no Processo de Minicompostagem. *Engenharia Sanitária Ambiental*. **12**(4), 355-360.
- Michel, F. C., Forney, L.J., Huang, A.J.F., Czuprendski, M., Drew, S., Lindeberg, J.D., Reddy, C. A. (1996) Effects of turning frequency, leaves to grass mix ratio and windrow vs. pile configuration on the composting of yard trimmings. *Compost Sci. Util.*
- Oliveira, F. N. S., Lima, H. J. M., Cajazeira, J. P. (2004) *Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos*. Francisco: Embrapa Agroindústria Tropical. 17 pp.
- Pereira Neto, J. T. (2007) *Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo*, UFV, Viçosa, 81 pp.
- Pohlert, T. (2018) *Package: Calculate Pairwise Multiple Comparisons of Mean Rank Sums*. Versão 4.2, 15 jan.
- Ribeiro Junior, J. I. (2011) *Análises estatísticas no Excel: guia prático*. 5. ed. Viçosa, MG: UFV. 251 pp.
- Rodrigues, M. S., Da Silva, F. C., Barreira, L. P., Kovacs, A. (2006) *Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos*. In: SPADOTTO C. A., RIBEIRO, W. *Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria*, FEPAF. 63-94.
- Strom, P.F., Finstein, M.S. (2000) Leaf Composting. In Kuser, J.E., *Handbook of Urban and Community Forestry in 432 The Northeast*, Springer US, 311-335.
- Trautmann, N. N., Krasny, M. E. (1998) *Composting in the classroom: scientific inquiry for high school students*. Kendall/Hunt.