

III-014 - EFICIÊNCIA DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PROVENIENTES DE UMA UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM (UTC)

Mônica de Abreu Azevedo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa, UFV. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, USP. Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Nathane Manuelle Silva Vilela⁽²⁾

Engenheira Civil pelo Centro Universitário de Formiga, UNIFOR – MG. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa, UFV.

Luiz Henrique Teixeira⁽³⁾

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário de Caratinga, UNEC.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campus Universitário, Avenida Peter Henry Rolfs, S/N - Centro - Viçosa – MG - CEP: 36570-000 - Brasil – Tel.: +55 (31) 3899 1738; 3899 2747 - FAX: +55 (31) 3899 1482 - e-mail: monica.azevedo@ufv.br

RESUMO

Com o avanço tecnológico mundial, a quantidade de resíduos gerados pelo homem aumenta na mesma proporção. A disposição dos resíduos sólidos é um constante conflito por ser responsável por impactos ambientais. As Usinas de Triagem e Compostagem são locais onde os resíduos sólidos são separados de forma que a fração orgânica seja destinada à compostagem, contribuindo para a redução de volume de resíduos que devem ter outras disposições. A compostagem é um processo aeróbio de degradação da matéria orgânica e um dos seus objetivos é, além de reduzir o volume do resíduo orgânico, utilizar seu composto maturado para fins agrícolas. Diante disso, este trabalho visa caracterizar o processo de compostagem da fração orgânica dos resíduos de uma UTC e avaliar a qualidade da compostagem.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Resíduos Sólidos Urbanos, Resíduos Orgânicos.

INTRODUÇÃO

A grande maioria das atividades humanas no mundo todo produzem milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos - RSU. Esses números aumentam todo ano, gerando sérios problemas para a saúde, tanto do ponto de vista ambiental, como do ponto de vista econômico (CASTALDI et al., 2008).

Por muitos anos, a destinação para lixões, aterros controlados e aterros sanitários foi a principal forma de descarte destes resíduos. Tais destinações requerem grandes áreas e podem gerar diversos poluentes, incluindo chorume e gases (ZENG et al., 2010).

A destinação indiscriminada de RSU comuns em aterros é inadequada, uma vez que os compostos orgânicos, ao serem degradados em condições anaeróbicas, são grandes emissores de gases e fluidos lixiviados, capazes de contaminar o solo e o ar (KJELDEN et al., 2002; CHRISTENSEN, KJELDSSEN, 1995). Outros efeitos colaterais importantes são a redução da vida útil do aterro e o aumento dos gastos operacionais.

Como uma alternativa para a disposição adequada da fração orgânica dos resíduos sólidos, a compostagem é um método atraente devido ao baixo impacto ambiental, baixo custo e fácil operação.

A compostagem trata-se de um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, aeróbio e feita de forma controlada - diferentemente da putrefação natural (GOLUEKE, 1977 *apud* AZEVEDO, 2004).

As UTC's - Usinas de Triagem e Compostagem - são locais onde ocorrem a separação dos resíduos sólidos para posterior compostagem da parte orgânica e destinação da parte inorgânica. A UTC estudada recebe aproximadamente 1,2 toneladas de resíduos por dia e entre 30 e 40% é referente à fração orgânica.

Diante disso, este trabalho visa caracterizar o processo de compostagem da fração orgânica dos resíduos de uma UTC e avaliar a qualidade da compostagem, utilizando os seguintes parâmetros para avaliação: temperatura, umidade, pH, sólidos voláteis, carbono orgânico total, presença de coliformes e teste de germinação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pilha do experimento, Figura 1, foi montada com resíduos orgânicos proveniente da Unidade de Triagem e Compostagem da cidade de Divinésia, Minas Gerais. O resíduo foi incorporado com capim, em uma proporção de 50%, a fim de se controlar a umidade e auxiliar como material estruturante.



Figura 1: Pilha de compostagem com resíduos orgânicos de UTC e incorporada com capim.

Fonte: Acervo dos autores, 2017.

A leira foi revirada a cada 3 dias, durante os primeiros 30 dias de idade. Após esse período, a leira foi revirada 1 vez por semana. As temperaturas foram medidas em média de 2 vezes por semana, em 3 pontos da leira: base, centro e topo, com termômetro digital Icel TD – 870.

As análises laboratoriais foram: pH; presença ou ausência de Coliformes; teor de umidade; sólidos voláteis; carbono e nitrogênio. Todas as análises foram feitas em duplicata.

O pH foi medido a partir de um extrato da amostra numa razão de 1:25 (m/v). Para o extrato, utilizou-se 10 gramas de material e 250 ml de água destilada. Em um agitador magnético, a mistura foi feita por 3 minutos, após foi deixada em repouso por 5 minutos, de acordo com a metodologia proposta por Carnes e Lossin (1970 *apud* AZEVEDO, 1993).

A determinação de presença de Coliformes Totais foi feita pelo método Colilert. Foram diluídos 4 gramas de amostra em solução de Cloreto de Sódio. A partir deste, diluições de concentrações 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-4} foram feitas. Os frascos das determinadas concentrações foram incubados em estufa a 35°C por 24 horas. A presença de Coliformes se dá pela coloração amarela da solução, e a presença de *E. Coli* por coloração fluorescente analisada em câmara UV.

O teor de umidade foi obtido secando 20 gramas de material, colocados em cadinhos cerâmicos, em estufa a 75°C por 24 horas (SOLYON, 1977 *apud* AZEVEDO, 1993). Os valores do peso úmido e do peso seco são

utilizados na Equação 1 para determinar o teor de umidade da amostra. Foram feitas 2 repetições para cada ensaio.

$$U (\%) = [(W_u - W_s)/(W_u)] \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

W_u = peso úmido;

W_s = peso seco.

Com a amostra seca em estufa, foi feita a análise dos sólidos voláteis. O material seco foi destorroado em almofariz de porcelana e peneirado. Do que passou na peneira, foram pesados 2 gramas e calcinados em mufla a 550°C por 2 horas (APHA, 1995). Duas repetições foram feitas para cada análise. A Equação 2 foi utilizada para determinar a porcentagem de sólidos voláteis.

$$SV (\%) = [(W_i - W_f)/(W_i)] \times 100 \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

W_i = peso inicial;

W_f = peso final.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado a partir dos resultados dos sólidos voláteis (GOLUEKE, 1977 apud AZEVEDO, 1993), pela Equação 3:

$$C = SV/1,8 \quad \text{equação (3)}$$

Os sólidos fixos, por sua vez, foram determinados pela diferença dos sólidos voláteis, conforme Equação 4:

$$SF = 100 - SV \quad \text{equação (4)}$$

O teste de germinação foi feito com sementes de alfaces, utilizando o extrato do composto em maturação. Em copos descartáveis, foram colocadas 13 sementes sobre algodão umedecido com 5 ml de água destilada (branco/controle). A mesma quantidade de sementes foi colocada em algodão umedecido com 5 ml de solução do substrato. O ensaio foi feito com 2 repetições. O extrato foi preparado com 10 g de composto em maturação em 100 ml de água destilada, agitada por 20 min. A solução foi filtrada em algodão e com uma pipeta foram medidos 5 ml para umedecer os algodões do teste. Os recipientes foram tampados com plástico filme, regados com água destilada diariamente e mantido em ambiente com incidência de luz solar. A contagem do número de sementes foi feita nos dias 3, 5 e 7, e foi analisado o número de sementes germinadas para cada solução. Para a contagem da germinação foi utilizado o critério da emergência da radícula. Afim de se analisar a germinação, foram calculados a porcentagem de germinação (PG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e a velocidade de germinação (VIEIRA, CARVALHO, 1994 *apud* PESSOTTO, PASTORINI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura

A Figura 2 apresenta as temperaturas coletadas durante 70 dias de compostagem. A partir dos resultados, pode-se observar quedas bruscas nos valores das temperaturas, que foram devido aos reviramentos feitos periodicamente.

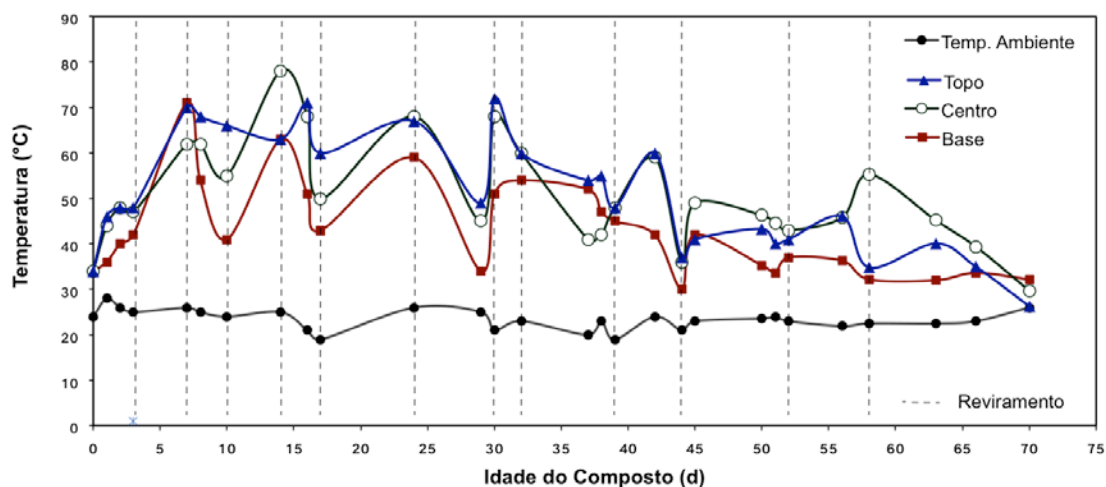


Figura 2: Relação das temperaturas aferidas durante o processo de compostagem.

Além de ser um parâmetro para analisar a evolução da compostagem, a temperatura também é determinante para que diferentes microrganismos se desenvolvam nas variações de temperaturas (HERBETS et al., 2005).

A pilha de compostagem rapidamente passou da fase mesofílica (abaixo de 40°C) para a termofílica (acima de 40°C). As altas temperaturas obtidas na pilha pode ser devido à alta quantidade de palha que foi incorporada. Nos dias de reviramento, era comum observar a presença de fumaça saindo da massa. A fase termofílica perdurou por 62 dias.

Rasapoor et al. (2016) compostando fração orgânica de resíduos municipais, também observou um rápido aumento da temperatura na leira de reviramento e da leira de mecanismos combinados (reviramento e aeração forçada). As temperaturas chegaram em torno de 74°C devido à alta atividade microbiológica. A fase termofílica pode garantir a higienização do composto e eliminação de sementes de ervas daninhas e ovos viáveis infectantes (PEREIRA NETO et al., 1985).

A pilha foi para maturação com 63 dias, quando as temperaturas já estavam abaixo de 45°C e foram suspensos os reviramentos.

Umidade

Os teores de umidade da pilha de compostagem variaram de 58 a 65%, conforme apresenta a Figura 3. Esse maior teor de umidade foi devido ao acréscimo de água no dia da montagem da pilha. Durante o processo, em alguns reviramentos foi adicionada água devido à alta temperatura da pilha, quando ocorria presença de fumaça.

A umidade é um fator essencial para que ocorra atividades microbiológicas e a decomposição de matéria orgânica depende do teor de umidade presente na massa (HERBETS et al., 2005). Altos teores de umidade podem tornar o processo de degradação anaeróbico e valores abaixo de 45% pode inibir a atividade microbiológica tornando a velocidade de degradação mais lenta (AZEVEDO, 1997; HAMODA et al., 1998; SILVA et al., 2003).

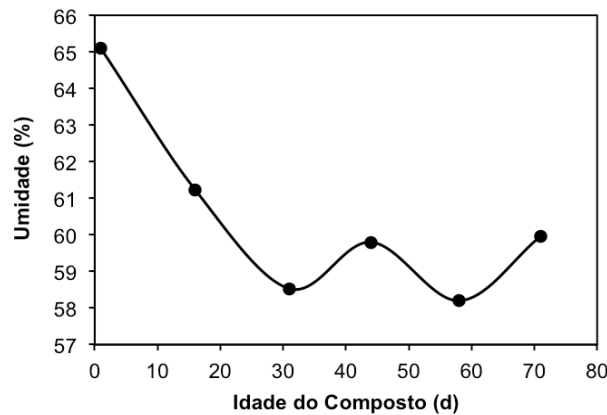


Figura 3: Teores de umidade da pilha de compostagem.

pH

Apesar de não ser um fator limitante do processo de compostagem, o pH é um parâmetro relevante pois condiciona o desenvolvimento dos microrganismos (HERBETS et al., 2005).

Conforme apresentado na Figura 4, no início do processo de compostagem, o pH do material era ácido. Esse valor baixo pode ser devido à rápida degradação da matéria orgânica disponível e à acumulação de ácidos orgânicos (AWASTHI et al., 2016; WONG et al., 2009). Os valores de pH aumentaram significativamente do dia 1 ao 14 e depois manteve-se básico com pequenas variações de pH. Rasapoor et al. (2016) também observaram em seus experimentos que o pH das leiras analisadas aumentou gradualmente e atribuiu esse comportamento à volatilização de nitrogênio amoniacal (ELKIND, KICHMANN, 2000).

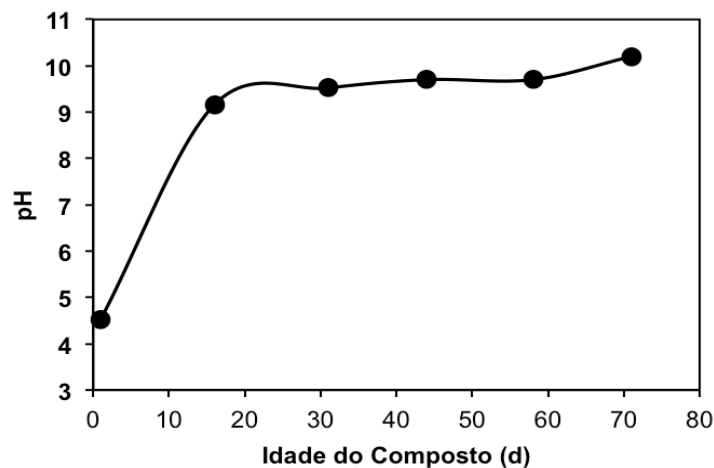


Figura 4: Valores de pH durante a compostagem.

Sólidos voláteis

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de sólidos voláteis. Durante todo o processo de compostagem, houve uma redução de sólidos voláteis de aproximadamente 67,3%. Os sólidos voláteis representam a fração orgânica dos sólidos (parcela oxidada) após elevadas temperaturas, enquanto que a fração inerte é uma estimativa dos sólidos fixos – matéria inorgânica.

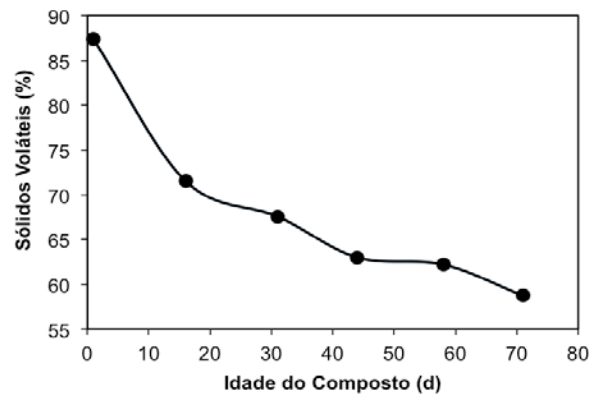


Figura 5: Teores de sólidos voláteis.

Carbono Orgânico Total

Os resultados de COT foram obtidos de forma indireta pela relação dos sólidos voláteis, conforme Equação 3. Observa-se, de acordo com a Figura 6, que houve um decréscimo nos teores de COT na massa de compostagem. Nos resultados obtidos por Chan et al. (2016) na compostagem de resíduos de comida, o teor de COT decaíram, uma vez que os microrganismos presentes na massa de compostagem mineralizam o carbono orgânico como fonte de energia (WONG; FANG, 2000 *apud* CHAN et al., 2016).

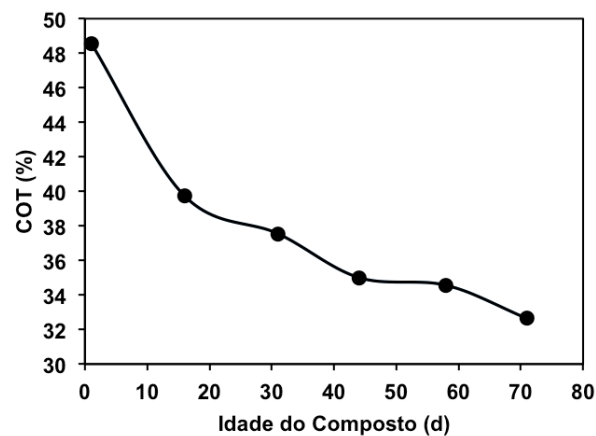


Figura 6: Carbono Orgânico Total obtido na compostagem.

Karak et al. (2014), em seu trabalho de compostagem de esterco bovino, observaram que os valores de COT decresceram à medida que a capacidade de troca catiônica (CTC) aumentou. Com o aumento da humificação do adubo, ocorreu um acréscimo na formação de grupos funcionais carboxílicos e fenólicos, que contribuíram para o aumento da CTC (BERNAL et al., 2009 *apud* KARAK et al., 2014). A CTC descreve a redução do tamanho das partículas e consequentemente o aumento da superfície específica, que está relacionada com o processo de humificação. Já o COT descreve a presença de matéria orgânica e sua redução indica decomposição ou mineralização do material (PAIVA et al., 2013).

Os teores de COT decrescem e geralmente os mínimos valores são encontrados no fim do processo de compostagem, pois ocorre perda líquida de carbono orgânico na atmosfera como CO_2 (AWASTHI et al., 2016). Os resultados de COT podem servir como indicador indireto do grau de maturidade (AWASTHI et al., 2015).

Coliformes

Durante o período da compostagem foi analisada presença de Coliformes totais e *E. Coli*. Foi detectada presença de Coliformes Totais até o último dia de análises. Já *E. Coli*, foi detectada até a idade de 31 dias.

Conforme a Tabela 1, pode-se observar que a concentração destes indicadores caiu de acordo com o progresso da compostagem.

Tabela 1: Presença de indicadores de coliformes nas diferentes idades do composto.

Idade do composto (d)	Ausência/ presença coliformes totais	Diluição (v/v)	Ausência/ presença <i>E. Coli</i>	Diluição (v/v)
1	PRESENÇA	10 ⁻²	PRESENÇA	10 ⁻²
16	PRESENÇA	10 ⁻²	PRESENÇA	10 ⁻¹
31	PRESENÇA	10 ⁻²	PRESENÇA	10 ⁻¹
44	PRESENÇA	10 ⁻²	AUSÊNCIA	-
58	PRESENÇA	10 ⁻²	AUSÊNCIA	-
70	PRESENÇA	10 ⁻¹	AUSÊNCIA	-

A compostagem pode ser um método eficaz para remoção de indicadores fecais. Sá et al. (2014) realizaram um estudo utilizando dejetos líquidos suínos durante compostagem automatizada para verificar a dinâmica da população de coliformes. Ao final do experimento, 99,99% dos coliformes fecais foram removidos.

Quando a compostagem é realizada com condições adequadas, pode apresentar um produto final com características viáveis principalmente para o uso agrícola, uma vez que é bastante eficaz na remoção de patógenos. Dessa forma, o produto composto pode ser utilizado sem prejuízos para a saúde humana e animal (ANDREOLI et al., 1999 *apud* PAREDES FILHO, 2011).

Germinação

O índice de germinação de sementes é um parâmetro bastante utilizado para avaliar o nível de fitotoxicidade da compostagem final (CHAN et al., 2016) e examina diretamente o efeito na germinação de sementes (CHAN et al., 2016; WONG et al., 2009) e podem, portanto, indicar a presença de contaminantes com poder de inibição de crescimento de plantas, prejudiciais na agricultura e na recuperação de áreas degradadas.

Na Tabela 2 são expostos os resultados obtidos no teste de germinação feito com sementes de alface. Pode-se observar que as sementes plantadas na solução do composto em maturação germinaram com maior rapidez, apesar de não terem germinado 100% das sementes.

Tabela 2: Dados do teste de germinação.

DIA	AMOSTRA	SEMENTES GERMINADAS	TOTAL DE SEMENTES	PG (%)	VG	IVG
3	B1	6	13	46,15	2,00	4,33
	B2	7	13	53,85	2,33	
	S1	6	13	46,15	2,00	5,67
	S2	11	13	84,62	3,67	
5	B1	10	13	76,92	2,00	4,40
	B2	11	13	84,62	2,20	
	S1	11	13	84,62	2,20	4,80
	S2	13	13	100	2,60	
7	B1	13	13	100	1,86	3,71
	B2	13	13	100	1,86	
	S1	12	13	92,31	1,71	3,57
	S2	13	13	100	1,86	

B1 e B2 – Amostras embebidas com água destilada; S1 e S2 – Amostras embebidas com substrato. PG – Porcentagem de germinação; VG – Velocidade de germinação.

As Figuras 7 e 8 apresentam os fragmentos de algodão das amostras ao sétimo dia. É possível observar que houve exposição de radículas na maioria das sementes, e muitas apresentaram alongamento do hipocótilo significativamente maiores na presença do substrato.

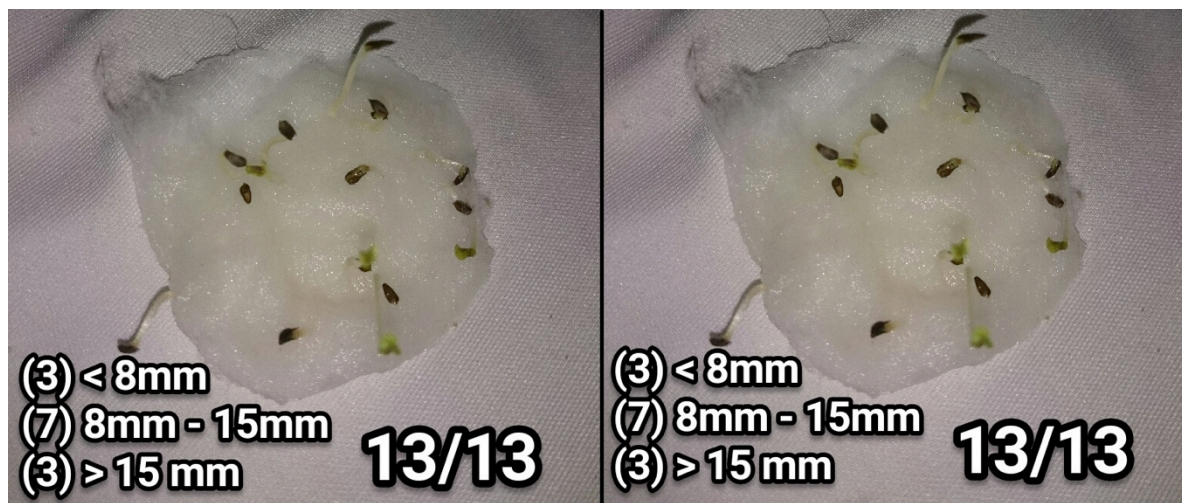


Figura 7 – Resultado do teste de germinação das amostras B1 e B2 com água destilada, após 7 dias.
Fonte: Acervo dos autores, 2017.



Figura 8 – Resultado do teste de germinação das amostras S1 e S2 com substrato, após 7 dias.
Fonte: Acervo dos autores, 2017.

Além de indícios de baixo nível de fitotoxicidade, é possível inferir também que as sementes mantidas na solução do composto germinaram mais intensamente que aquelas mantidas em algodão e água destilada, o que pode indicar um enriquecimento do meio substrato causado pela presença do composto orgânico diluído.

Como o apontado pela avaliação da temperatura, o teste de germinação também sugere que o composto entrou em fase de maturação. Araújo e Monteiro (2005) e Kapustka (1997) avaliaram o teste de germinação como sendo um dos menos sensíveis dentre os testes de fitotoxicidade pois, segundo os autores, as sementes tendem a não absorver várias substâncias tóxicas, e podem germinar usando os nutrientes armazenados no próprio estômato, se estiver bem selada. Portanto, o fato de as sementes terem apresentado crescimento do mesocótilo e formação de raízes é mais determinante para concluir a baixa fitotoxicidade que a germinação em si.

CONCLUSÕES

As temperaturas obtidas indicaram um grande período na fase termofílica devido à alta atividade microbiológica de decomposição da matéria orgânica. Enquanto isso, a umidade foi mantida teores ótimos para a atividade microbiológica do meio, em uma média de 60,5%. Já os valores de pH seguiram as tendências apresentadas pela literatura, atingindo valores altos na fase de maturação, que pode ser atribuído à volatilização de nitrogênio amoniacal. Por sua vez, os teores de sólidos voláteis decaíram à medida do processo de compostagem, indicando assim que a decomposição da matéria orgânica foi eficiente, reduzindo assim esta matéria na massa de compostagem. Como o carbono orgânico total também descreve a presença de matéria orgânica, seu decréscimo indica que houve decomposição ou mineralização da matéria. O teste de germinação apresentou germinação mais rápida e maior crescimento das sementes de alface cultivadas com substrato do composto maturado.

Corroborando com os resultados obtidos, observa-se que o composto atingiu o estágio de maturação. Desta forma, a fração orgânica dos resíduos sólidos municipais da UTC estudada possui boas características para o processo de compostagem, justificando seu fim dentro da unidade.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e à UFV pelo apoio para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition. 2540 E. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C, p. 2-57, 1995.
2. ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. *Plant bioassays to asses toxicity of textile sludge compost*, *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* v. 62, n.3, p.286-290, 2005.
3. AZEVEDO, M. A. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos - aspectos teóricos e operacionais. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 44p., 1997.
4. AZEVEDO, M. A. Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras. 194 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993.
5. AWASTHI, M. K.; PANDEY, A. K.; BUNDELA, P. S.; JONATHAN, W. C.; LI, R.; ZHANG, Z. *Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste employing zeolite mixed with enriched nitrifying bacterial consortium*. *Bioresource Technology*, n. 213, p. 181-189, 2016.
6. AWASTHI, M. K.; PANDEY, A. K.; BUNDELA, P. S.; KHAN, J. *Co-composting of organic fraction of municipal solid waste mixed with different bulking waste: Characterization of physicochemical parameters and microbial enzymatic dynamic*. *Bioresource Technology*, n. 2015, p. 200-207, 2015.
7. CASTALDI, P., GARAU, G., MELIS, P. *Maturity assessment of compost from municipal solid waste through the study of enzyme activities and water soluble fractions*. *Waste Management*, n.28, p.534-540, 2008.
8. CHAN, M. T.; SELVAM, A.; WONG, J. W. C. *Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment*. *Bioresource Technology*, n. 200, p. 838-844, 2016.
9. CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P. *Landfill emissions and environmental impact: An introduction*. In: Christensen, T.H., Cossu, R., Stegmann, R. (Eds.), *Proceedings Sardinia '95, Fifth International Landfill Symposium, CISA, vol. III, Environmental Sanitary Engineering Centre, Cagliari, Italy*, p. 3-12, 1995.
10. ELKIND, Y.; KIRCHMANN, H. *Composting and storage of organic household waste with different litter amendments*. *Bioresource Technology*, n. 74, p.125-132, 2000.
11. HAMODA, M. F.; ABU QDAIS, H. A.; NEWHAM, B. J. *Evaluation of municipal solid waste composting kinetics*. *Resource, Conservation and Recycling*, n. 23, p. 203-223, 1998.
12. HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. *Revista Saúde e Ambiente*, p. 41-50, 2005.

13. KAPUSTKA, L. A. *Selection of phytotoxicity tests for use in ecological risk assessments*. In: WANG, W., GORSUCH, J.W., HUGHES, D. *Plant for environmental studies*. New York: CRC Press, p.516-548, 1997.
14. KARAK, T.; SONAR, I.; PAUL, R. K.; DAS, S.; BORUAH, R. K.; DUTTA, A. K.; DAS, D. K. *Composting of cow dung and crop residues using termite mounds as bulking agent*. *Bioresource Technology*, n. 169, p.731-741, 2014.
15. KJELDEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. H. *Present and Long-term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* Vol. 32 , Iss. 4, p. 297-336, 2002.
16. PAIVA, E. C. R.; MATOS, A. T.; BARROS, R. T.; COSTA, T. D. R. Análise comparativa da adequação da relação C/N e do índice CTC/COT como parâmetros da evolução da compostagem. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013.
17. PAREDES FILHO, M. V. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. *Revista Agrogeoambiental*, p. 73-80, 2011.
18. PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E. I.; MARA, D. D. Sistemas de compostagem por pilhas estáticas aeradas - uma proposição ao tratamento de lixo urbano e lodos de esgotos. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 26p., 1985.
19. PESSOTTO, G. P.; PASTORINI, L. H. Análise da germinação de alface (*Lactuca sativa L.*) e tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) sob a influência alelopática do funcho (*Foeniculum vulgare Mill.*). *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. 2, p. 990-992, 2007.
20. RASAPOOR, M.; ADL, M.; POURAZIZI, B. *Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: a practical case study in Tehran, Iran*. *Journal of Environmental Management*, n. 184, p. 528-534, 2016.
21. SÁ, M. F.; DONEDA, A.; PUJOL, S. B.; CANTÚ, R. R.; JACQUES, I. V. C.; BASTIANI, G. G.; OLIVEIRA, P. D.; LOPES, P. D. Dinâmica da população de coliformes durante a compostagem automatizada de dejetos líquidos suínos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, n. 4, p. 1197-1206, 2014.
22. SILVA, M. C.; PINTO, F.; SILVA, E. A.; PEREIRA, M.; QUENTAL, L. N.; CHAVES, B. Compostagem em Portugal. Escola Superior de Biotecnologia, 2003.
23. WONG, J. W. C.; FUNG, S. O.; SELVAN, A. *Coal fly ash and lime addition enhances the rate and efficiency of decomposition of food waste during composting*. *Bioresource Technology*, n. 100, p. 3324-3331, 2009.
24. ZENG, G.; YU, M.; CHEN, Y.; HUANG, D.; ZHANG, J.; HUANG, H.; JIANG, R.; YU, Z. *Effect of inoculation with Phanerochaete chrysosporium at various time points on enzyme activities during agricultural waste composting*. *Bioresource Technology*, n.101, p.222-227, 2010.