

RESÍDUOS SÓLIDOS

COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMICILIARES E PODA DE ÁRVORES: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Vitor da Costa Marques – vitormarquesc@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Andressa Ferreira Pimenta – drefpimenta@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ivan Taiatele Júnior – ivantjr@hotmail.com
Universidade Estadual de Londrina

Tatiane Cristina Dal Bosco – tatianebosco@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roger Nabeyama Michels – rogernmichels@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Janksyn Bertozzi – janksynbertozzi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: No Brasil, os resíduos orgânicos representam mais de 50% em peso da geração de resíduos. Tais resíduos são passíveis de tratamento pelo método da compostagem, que, por meio da biodegradação, tem como função sanitizar e transformar o resíduo em adubo orgânico, ou seja, material mais humificado e rico em nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), Temperatura e relação C/N no processo de compostagem de resíduos orgânicos, bem como sua influência na qualidade do composto final. Foram montados oito reatores de 96 litros cada contendo 72 L de poda de árvores e 24 L de resíduos orgânicos domiciliares (na proporção 3:1, respectivamente) e realizou-se as análises de pH, CE e relação C/N quinzenalmente. A temperatura foi aferida diariamente a partir de um sistema automatizado de coleta de dados. O processo foi conduzido ao longo de 49 dias e, ao final, os reatores apresentaram pH levemente alcalino e a CE aumentou em todos eles, o que caracteriza a concentração de sais no composto. A relação C/N reduziu em todos os reatores e atingiu valores que são característicos de compostos maturados. Como esperado, todos os reatores atingiram a fase termofílica onde ocorre a sanitização do composto. Desta forma, considerando o bom desempenho dos parâmetros monitorados, conclui-se que a mistura de resíduos orgânicos domiciliares e poda de árvores é interessante para o desenvolvimento de processos de compostagem, assim como a proporção utilizada de cada material.

Palavras-chave: Composto orgânico; Resíduos sólidos domiciliares; Resíduos orgânicos

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os resíduos orgânicos representam mais da metade (51,4%), em massa, de todo o resíduo coletado no Brasil (ABRELPE, 2012). Grande parte desses resíduos é matéria orgânica passível de reciclagem por meio de processos como a compostagem, uma técnica simples e que não apresenta custos elevados de execução. Por meio desse método é possível sanitizar o resíduo, produzir adubo orgânico rico em nutrientes e ainda diminuir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) no art. 36, inciso V, previu a necessidade de implantação de sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2010). Desta forma, resíduo orgânico não pode ser considerado indiscriminadamente rejeito, pois o mesmo pode passar por um processo de reciclagem, e ainda tornar-se oportunidade de crescimento para a economia brasileira.

Neste sentido, a compostagem se destaca como estratégia de tratamento, e é definida como um processo de decomposição aeróbia de um substrato orgânico biodegradável, por meio da ação microbiana, com evolução a dióxido de carbono e vapor d'água, resultando em um produto final estável, rico em matéria orgânica mais humificada (KIEHL, 1985).

Os parâmetros físico-químicos são importantes de serem monitorados ao longo da compostagem, pois indicam a eficiência do processo, bem como a qualidade do composto final obtido. Ainda são utilizados para verificar o atendimento às exigências da legislação atual quanto ao uso do adubo orgânico na agricultura.

O objetivo do trabalho foi monitorar a relação C/N, pH, CE e temperatura durante o processo de compostagem de resíduos orgânicos domiciliares com poda de árvore, bem como avaliar esses parâmetros no composto final, com o intuito de verificar sua qualidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Montagem dos reatores e Monitoramento do processo

O processo de compostagem foi desenvolvido em 8 reatores de 96 litros cada, sendo 72 litros de poda de árvores e 24 litros de resíduos orgânicos domiciliares em cada reator. Os reatores foram mantidos em ambiente ao abrigo da chuva e sob piso impermeável. Os revolvimentos ocorreram duas vezes por semana para garantir a aeração do composto e foram realizados manualmente, com a rolagem dos tambores. O processo foi monitorado quinzenalmente quanto à pH, condutividade elétrica e relação C/N. A temperatura foi medida diariamente. O processo de compostagem teve duração de 49 dias. Na tabela 1 é apresentada a caracterização inicial dos resíduos utilizados na compostagem.

Tabela 1. Caracterização inicial dos resíduos.

	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	C (%)	N (%)	Relação C/N
Poda	6,51	531,33	38,08	1,92	19,81
Resíduos Orgânicos	4,13	2397,67	37,85	2,60	15,56

2.1.1 Monitoramento da Temperatura

A temperatura foi monitorada por meio de um sistema automatizado de coleta de dados. Foram inseridos nos reatores cinco sensores de temperatura envelopados em aço inox e com amplitude de temperatura de -55 °C a 125 °C. O posicionamento dos sensores no interior de cada reator foi feito em diferentes pontos, de modo a se obter a temperatura média dos reatores. O armazenamento de dados de temperatura pelo sistema ocorreu a cada 5 minutos.

2.1.2 pH e CE

As análises de pH e CE foram realizadas segundo metodologia adaptada de Tedesco et al. (1995): inicialmente pesou-se 10g do material, transferiu-se para um béquer de 250 mL, e adicionou-se 100 mL de água destilada. A mistura foi agitada por 30 minutos em shaker, com rotação de 220rpm, e posteriormente foi deixada por 1 hora em repouso. Após o período de repouso, o pH e a CE foram determinados no sobrenadante.

2.1.3 Relação C/N

Para análise do teor de carbono total utilizou-se o método da mufla, descrito em APHA, AWWA & WEF (1998). A determinação do nitrogênio total foi realizada seguindo a metodologia proposta por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997). Com estes dados foi possível obter a relação C/N.

2.2 Análise estatística dos dados

O experimento contou com 8 repetições de um mesmo tratamento para a obtenção de dados médios de pH, CE teores de carbono e nitrogênio e relação C/N na segunda, quarta e sexta semana de compostagem. Realizou-se análise de variância e utilizou-se o Teste de Scott-Knott (ao nível de 5% de significância) para comparar os dados médios de cada semana de análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pH dá um indicativo do grau de maturidade do composto (COSTA et al., 2009) e a Condutividade Elétrica (CE) é uma medição indireta da quantidade de sais que estão presentes no material e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato (CARNEIRO et al., 2011). Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios obtidos para pH e CE ao longo do experimento.

Tabela 2. Potencial Hidrogeniônico e condutividade elétrica no decorrer do processo de compostagem.

	Potencial Hidrogeniônico			Condutividade Elétrica (μS cm ⁻¹)		
	Semanas de compostagem					
	2 ^a	4 ^a	6 ^a	2 ^a	4 ^a	6 ^a
Média	7,98 a	9,26 c	8,69 b	1525,50 a	1904,25 b	1908,63 b
CV (%)	6,70	6,00	4,69	22,65	19,30	15,41

Nota 1: Resíduos orgânicos domiciliares + poda de árvores.

Nota 2: CV – Coeficiente de Variação.

Nota 2: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais na linha implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

É possível observar o ligeiro aumento do pH durante o processo, apresentando diferença estatística ao nível de 5% de significância entre as semanas de análise. Costa et al. (2005) encontraram pH a cima da neutralidade (faixa alcalina).

Bernardi (2011) compostando resíduos de incubatório e de origem agroindustrial, também encontrou pH na faixa alcalina ao término do processo de compostagem.

Kiehl (1985) comenta que o pH fornece informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica, onde a matéria-prima crua tem reação ácida; quando neutra ou quase neutra, o composto está estabilizado, assim, o composto humificado apresentará obrigatoriamente reação alcalina.

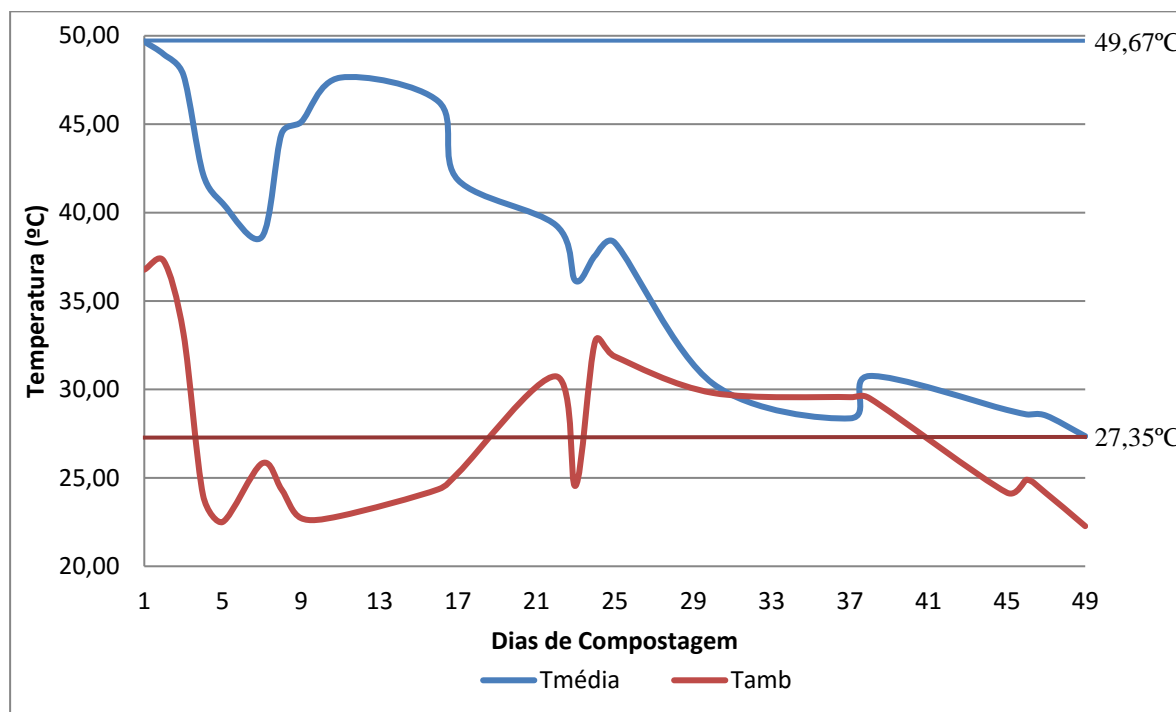
Segundo o MAPA – Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009 (BRASIL, 2009) – o valor de pH mínimo aceitável para a comercialização de composto no Brasil é igual a 6,0. Deste modo, para o parâmetro pH, o tratamento deste estudo atende tal legislação.

Os valores de condutividade elétrica aumentaram ao longo do processo de compostagem, como consequência da ausência de perdas de nutrientes por meio de lixiviação e do efeito de concentração de nutrientes que ocorreu devido à perda de massa por CO₂. Cayela et al. (2009) realizando a compostagem de resíduo animal com palha de trigo também encontraram aumento significativo da CE ao decorrer do processo.

No gráfico 1 são apresentadas as temperaturas média e ambiente ao longo do processo de compostagem.

O processo é influenciado por diversos fatores, sendo a condição térmica do composto um dos mais importantes deles, uma vez que diferentes temperaturas favorecem o desenvolvimento de diferentes microrganismos (HERBETS et al., 2005).

Gráfico 1 - Monitoramento da Temperatura média nos reatores e temperatura ambiente durante o processo de compostagem.



Nota 1: T0, T1, T2 e T3 – Resíduos orgânicos domiciliares + poda de árvores.

Nota 2: Tamb – Temperatura ambiente. Tmédia – Temperatura média dos reatores.

A partir do gráfico 1 é possível observar que a temperatura média atingiu valores superiores a 40°C após o primeiro dia de compostagem. Após o sétimo dia de compostagem é possível observar o rápido aumento da temperatura, isso ocorre devido ao revolvimento dos reatores que foi realizado nesse dia, assim como nos dias 23 e 37, onde também foi observado esse comportamento.

Tal comportamento é explicado por BARREIRA (2005) e INÁCIO et al. (2009) quando os autores afirmam que um ambiente aeróbico propicia uma decomposição mais rápida da matéria orgânica e consequente acréscimo na temperatura pela plena atividade dos microrganismos.

De acordo com Kiehl (1985), a temperatura pode variar de acordo com vários fatores, como umidade, aeração e relação C/N. O controle de tais parâmetros permitiu que as temperaturas atingissem máxima de 49,67° C nos reatores e possibilitou a identificação das fases termofílica e mesofílica.

Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos de relação C/N durante o processo de compostagem.

Tabela 3. Teores de Carbono, Nitrogênio e relações C/N ao início e final da compostagem.

Tratamento ¹	Início			Final			
	Carbono %	Nitrogênio %	Relação C/N	Carbono %	Nitrogênio %	Relação C/N	Redução %
Média	37,97 b	2,26 a	17,69 b	34,91 a	3,45 b	10,23 a	42,17
CV (%)	0,40	29,46	23,01	1,80	10,16	11,29	

Nota 1: Resíduos orgânicos domiciliares + poda de árvores.

Nota 2: CV – Coeficiente de Variação.

Nota 2: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais na linha implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

Os teores de carbono, nitrogênio e a relação C/N apresentaram diferença estatística entre início e final do processo, caracterizada pela redução da relação C/N média, o que segundo Kiehl (1985) ocorre devido à mineralização de carbono orgânico, por degradação da matéria orgânica e o aumento do nitrogênio total, em virtude da mineralização.

AMORIM (2005) e BRITO (2008) também obtiveram redução desse parâmetro durante a compostagem.

A relação C/N inicial considerada ótima para o desenvolvimento da compostagem encontra-se entre 25 e 35:1. Para o composto estabilizado, esta relação deve estar entre os valores 8:1 e 12:1 (KIEHL, 2010). Observa-se que mesmo o tratamento não tendo iniciado a compostagem dentro da relação C/N indicada pela literatura, ao final do processo apresentou valor que indica a maturação do composto e a eficiência do processo de compostagem.

A Instrução Normativa nº 25/2009 propõe que o valor máximo para a relação C/N de adubos orgânicos mistos e compostos é de 20:1 (BRASIL, 2009). Assim, se considerado somente este parâmetro o composto produzido está apto a ser utilizado na agricultura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros avaliados durante a compostagem servem para avaliar a eficácia do processo. A relação C/N média diminuiu durante o processo, o que significa que houve a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos e consequente produção de ácidos húmicos, que melhoram a qualidade do composto final.

O composto produzido ao final da compostagem mostra-se de qualidade quando se consideram os parâmetros pH e relação C/N, pois este se enquadra nos requisitos da instrução normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

Os resíduos compostados e a proporção deles no sistema resultaram em um processo eficiente e um composto de qualidade frente aos parâmetros monitorados.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2012**. São Paulo-SP. [2013]. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 12 abril 2016.

APHA. AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1998, 1193 p.

AMORIM, A. C.; **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. 2002, 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2002.

BARREIRA, L. P.; **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 204f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade São Paulo, São Paulo, 2005.

BERNARDI, H. F. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial**. Mestrado – Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J.; **Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino**. R. Bras. Ci. Solo, v. 32, p 1959-1968, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Gestão de resíduos orgânicos**. [2010]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-org%C3%A2nicos>. Acesso em 16 Maio 2016.

CARNEIRO, L. J.; DIETER, J.; SAMPAIO, S. C.; SCHMIDT JUNIOR, N.; SANTOS-KOELLN, F. T. **Balanço de sais provenientes da aplicação de água residuária de suinocultura em quatro ciclos de cultura**. Revista Meio Ambiente e Agronegócio. V.4, nº3, p. 481-499, 2011.

CAYELA, M. L.; MONDINI, C.; INSAM, H.; SINICCO, T.; FRANKE-WHITTLE, I.; **Plant and animal wastes composting: Effects of the N source on process performance**. Biosource Technology, v. 100, n. 12, p. 3097-3106, 2009.

COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D.; **Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.13, n.1, p.100–107, 2009.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. **Compostagem de resíduos d aindústria de desfibrilação de algodão**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 540-548, Ago. 2005.

HERBERTS, R. A; COELHO, R. C; MILETTI, L. C, MENDONÇA, M. M. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: Aspectos Biotecnológicos**. 2005. 10 f. Dissertação

(Mestrado), Departamento de Bioquímica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.; **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 156p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba. Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL, J. E. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2010. 248p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MAPA.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25. BRASIL, 2009.

SILVA, D. C.; COSTA, M. L.; MATOS, T. A.; CECOM, R. P.; SILVA D. D.; Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 487,491, 2002.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Dpto de Solos da UFRGS, 1995, 175 p.