



INFLUÊNCIA DA TRITURAÇÃO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA DA FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Carolina Ibelli Bianco¹ (carol.bianco@hotmail.com), Júlia Inforzato Guermandi¹
(juguermandi@gmail.com), Valdir Schalch¹ (vschalch@sc.usp.br)
¹ Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo

RESUMO

Apesar da redução granulométrica estar relacionada à aceleração da decomposição aeróbia da matéria orgânica devido ao aumento da área de contato do resíduo com os micro-organismos, triturar os resíduos sólidos orgânicos (RSO) antes de compostá-los pode ser um trabalho dispendioso e que demanda equipamento adequado. O objetivo desse estudo foi verificar se a trituração da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares (FORSD) influencia na qualidade do composto final e no tempo de processo quando este é realizado em composteira de alambrado. Foram construídas duas composteiras cilíndricas em alambrado com capacidade volumétrica de 1,13 m³, sendo uma preenchida com FORSD triturada (575,74 kg base úmida) e outra com FORSD não triturada (500,65 kg base úmida), além de serragem e grama. A proporção em base seca de resíduos sólidos orgânicos em ambas as composteiras foi 62,25% de FORSD, 27,75% de serragem e 10,00% de grama. Os parâmetros físico-químicos de umidade, carbono e nitrogênio foram monitorados na massa em digestão e aferidos no composto final. Durante 120 dias de compostagem, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em relação aos parâmetros avaliados e os compostos finais atenderam aos padrões normativos (Instrução Normativa 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Conclui-se que não houve vantagem em adotar a trituração para o caso de um preenchimento intermitente na composteira de alambrado, visto o trabalho dispendido na trituração e a pouca diferença de resíduos adicionados a mais.

Palavras-chave: Composteira de alambrado, Separação de resíduos sólidos na fonte, Pré-tratamento.

INFLUENCE OF THE SHREDDING ON THE DECENTRALIZED COMPOSTING PROCESS OF THE ORGANIC FRACTION OF HOUSEHOLD SOLID WASTE

ABSTRACT

Although the particle size reduction is related to the acceleration of the aerobic decomposition of the organic matter due to the increase of the area of contact of the residue with the microorganisms, to shred the organic solid waste (OSW) before composting them can be an expensive work and that demand proper equipment. The objective of this study was to verify if the shredding of the organic fraction of household solid waste (OFHSW) influences in the quality of the final compound and in the process time when it is carried out in wire mesh composter. Two cylindrical composters were built in a wire mesh of 1.13 m³ volumetric capacity: one was filled with shredded OFHSW and the other was filled with non-shredded OFHSW (575.74 kg and 500.65 kg, respectively - wet basis) and both were also filled with grass and sawdust. The proportions on a dry basis of organic waste in both composters were 62.25% OFHSW, 27.75% sawdust and 10.00% grass. The physicochemical parameters of moisture, carbon and nitrogen were monitored in the mass under digestion and measured in the final compound. During 120 days of composting, the treatments showed no statistical difference in the parameters and the final compounds were in accordance with regulatory standards (Normative Instruction 25/2009 of Agriculture, Livestock and Supply Ministry). It was concluded that the adoption of shredding for an intermittent filling of a wire

mesh composter showed no advantage, according to the efforts expended and the small difference in the addition of waste.

Keywords: Wire mesh composter, Source separation of solid waste, Pre-treatment.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a separação dos resíduos sólidos orgânicos na fonte, quando comparada a dos recicláveis, apresenta práticas e medidas educativas incipientes, além de resistência cultural. Esse é um dos principais desafios para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010), que proíbe o aterramento de tais resíduos (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b). Além disso, a ausência de uma regulamentação para a compostagem de RSO oriundos de grandes geradores contribui com a preferência pelo aterramento e com o desinteresse do mercado por compostos orgânicos dessa origem. Entretanto, em 2016, o Ministério do Meio Ambiente apresentou a “Proposta de Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que define critérios para a produção de composto de resíduos sólidos orgânicos”. Até a presente data a proposta encontra-se em tramitação, mas em breve será o sustentáculo para o fortalecimento da prática de compostagem no país (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

A mudança desse paradigma também pode ser atingida por meio da adoção da compostagem descentralizada em bairros e outros geradores de RSO (condomínios, restaurantes, supermercados, quitandas, universidades, escolas, empresas, entre outros), pois esse modelo intensifica a participação de estruturas institucionais e da população no processo de gerenciamento (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). Ainda, quando o fator limitante para a prática da compostagem é a falta de equipamento, modelos descentralizados são mais factíveis que os centralizados.

O triturador, utilizado para otimizar espaço na composteira e acelerar o processo de degradação a partir da redução granulométrica, pode não estar disponível e não ser um elemento prioritário. Valente et al. (2009) afirmam que o estabelecimento da granulometria adequada para a compostagem é um desafio, pois cada material a ser compostado apresenta peculiaridades e a maneira mais adequada de corrigir o tamanho das partículas é a mistura de diversos tipos de resíduos orgânicos, favorecendo a homogeneização da massa compostada.

2. OBJETIVO

O objetivo desse estudo foi avaliar, em composteira de alambrado, a influência da trituração da FORSD sobre os parâmetros físico-químicos de umidade, carbono e nitrogênio, tanto da massa em digestão quanto do composto final. Além disso, verificar se os valores desses parâmetros para o composto final enquadram-se na legislação brasileira vigente (Instrução Normativa 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009)).

3. METODOLOGIA

3.1 Estrutura das composteiras

As composteiras foram construídas com alambrado (arame soldado revestido de PVC) em formato cilíndrico e dimensões de 1,0 m de altura por 1,2 m de diâmetro (volume de 1,13 m³). Para evitar o contato direto dos resíduos com o chão e o conseqüente acúmulo de chorume, as composteiras foram colocadas sobre suportes de madeira vazados (*pallets*). Na parte superior do suporte foi colocada uma tela ondulada (fio 12) forrada com tela de mosquito e a parte inferior do suporte foi revestida com uma lona para evitar o escoamento de chorume (Figura 1a).

As composteiras foram montadas em local fechado (Laboratório de Compostagem do *campus* I da Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo), ou seja, não foram expostas à fatores externos como vento, chuva e insolação.

3.2 Preenchimento e operação das composteiras

Os resíduos sólidos orgânicos utilizados no preenchimento das composteiras foram:

- fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares - FORSD (cascas de frutas, legumes e verduras, casca de ovo) separadas na fonte e coletadas de restaurantes e quitandas localizados ao redor da Escola de Engenharia de São Carlos. Não foram utilizadas sobras de prato, alimentos cozidos, carnes e laticínios;
- serragem composta por uma mistura de peroba (*Paratecoma peroba*) e tatajuba (*Bagassa guianensis*), fornecida por uma serraria do município de São Carlos/São Paulo;
- grama batatais (*Paspalum notatum*) obtida da poda realizada na Escola de Engenharia de São Carlos. Antes de ser utilizada, a grama permaneceu em leito de secagem por duas semanas.

Dois tratamentos foram analisados: uma composteira preenchida com resíduos não triturados (NTR) e outra composteira preenchida com resíduos triturados (TR), ambas com a seguinte composição (base seca): 62,25% de FORSD, 27,75% de serragem e 10,00% de grama. Somente a FORSD foi triturada em triturador elétrico TRAPP 200; a grama e a serragem foram utilizadas sem nenhum pré-tratamento físico. Na Tabela 1 é apresentada a densidade média aparente dos resíduos e na Tabela 2 a quantidade em massa dos resíduos em cada tratamento.

Tabela 1. Densidade média aparente ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) da FORSD (triturada e não triturada), grama e serragem

Resíduo	FORSD não triturada	FORSD triturada	Grama	Serragem
Densidade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	453,0	817,5	46,8	160,0

Tabela 2. Massa (kg) na base úmida e na base seca dos RSO que compuseram os tratamentos não triturado (NTR) e triturado (TR)

Resíduos (kg – base úmida)				
Tratamento	FORSD	Serragem	Grama	Total
NTR	500,65	40,63	25,01	566,29
TR	575,74	44,61	30,65	651,00
Resíduos (kg – base seca)				
Tratamento	FORSD	Serragem	Grama	Total
NTR	83,76	37,34	13,47	134,57
TR	96,33	40,99	16,50	153,82

Nota-se que foi adicionada uma quantidade maior de RSO no tratamento TR do que no tratamento NTR, em virtude da trituração da FORSD. Entretanto, essa adição em massa não foi proporcional à diferença de densidade entre a FORSD triturada e a FORSD não triturada (diferença de 1,8 vezes), pois o preenchimento das composteiras ocorreu de forma intermitente e não em batelada. Assim, o intervalo entre os dias de preenchimento proporcionava um maior recalque em NTR, uma vez que TR estava mais compactada em virtude da própria trituração.

As composteiras foram preenchidas em aproximadamente um mês (11/06/2014 a 04/07/2014), após doze coletas (Figura 1b). O revolvimento foi realizado da primeira semana após o preenchimento até o 91º dia de operação, com frequência quinzenal. As regas eram feitas durante o revolvimento, conforme a necessidade indicada pelo ensaio de umidade, a fim de mantê-la em torno de 55% (KIEHL, 2004).

Figura 1. Composteira de alambrado **a)** Estrutura da composteira sobre *pallet* com telas de arame e mosquiteiro na parte superior e forrada com lona na parte inferior **b)** Composteira preenchida com RSO



3.3 Monitoramento do processo de compostagem

A amostragem consistiu na coleta de amostras compostas do topo, meio e base das composteiras, conforme recomendações da NBR 10.007 (ABNT, 2004). Semanalmente, verificava-se a umidade (BRASIL, 2013) e a cada duas semanas analisava-se carbono e nitrogênio em analisador elementar CHN Perkin-Elmer (Modelo 2400).

3.4 Análise estatística

O *software Action* integrado ao programa *Excel* do *Microsoft Office* 2013 foi utilizado para análise estatística. Foi aplicado o teste de Tukey para análise de variância com comparações múltiplas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Umidade

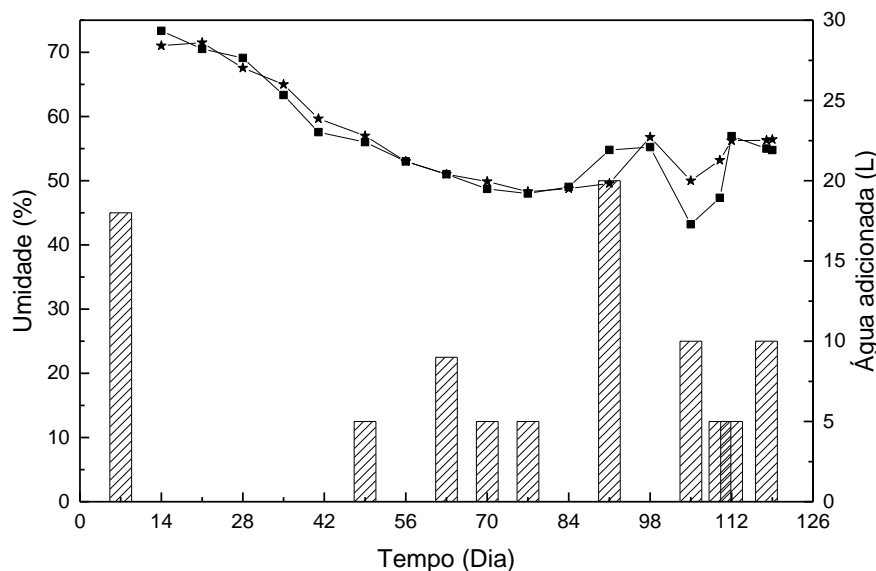
A trituração foi um fator pouco influente sobre a umidade da massa em digestão, o que pode ser verificado pelos registros próximos de umidade dos tratamentos TR e NTR (Figura 2). Durante os revolvimentos notava-se o desprendimento de vapor, o que contribuía para a redução da umidade na massa em digestão.

A adição de água visava manter a umidade nas composteiras na faixa de 50-60% (FERNANDES; SILVA, 1999). Como a mistura inicial de RSO apresentava elevada umidade (78%) e as composteiras estavam em local fechado (baixa evaporação), a redução da umidade foi retardada e, conseqüentemente, as regas foram realizadas em períodos espaçados, principalmente nos primeiros meses (Figura 2).

Os valores de umidade para os compostos finais foram 54,76% para TR e 56,43% para NTR, ambos acima do limite recomendado pela Instrução Normativa 25/2009, que é de 50% (BRASIL, 2009). Dessa forma, caso esses compostos fossem comercializados, deveriam ser expostos à leitos de secagem.

Figura 2. Variação temporal da umidade (eixo y à esquerda) e quantidade de água adicionada (eixo y à direita) nos tratamentos triturado (TR) e não triturado (NTR)

Legenda: ■ TR; ★ NTR; água adicionada ▨



4.2 Carbono e nitrogênio

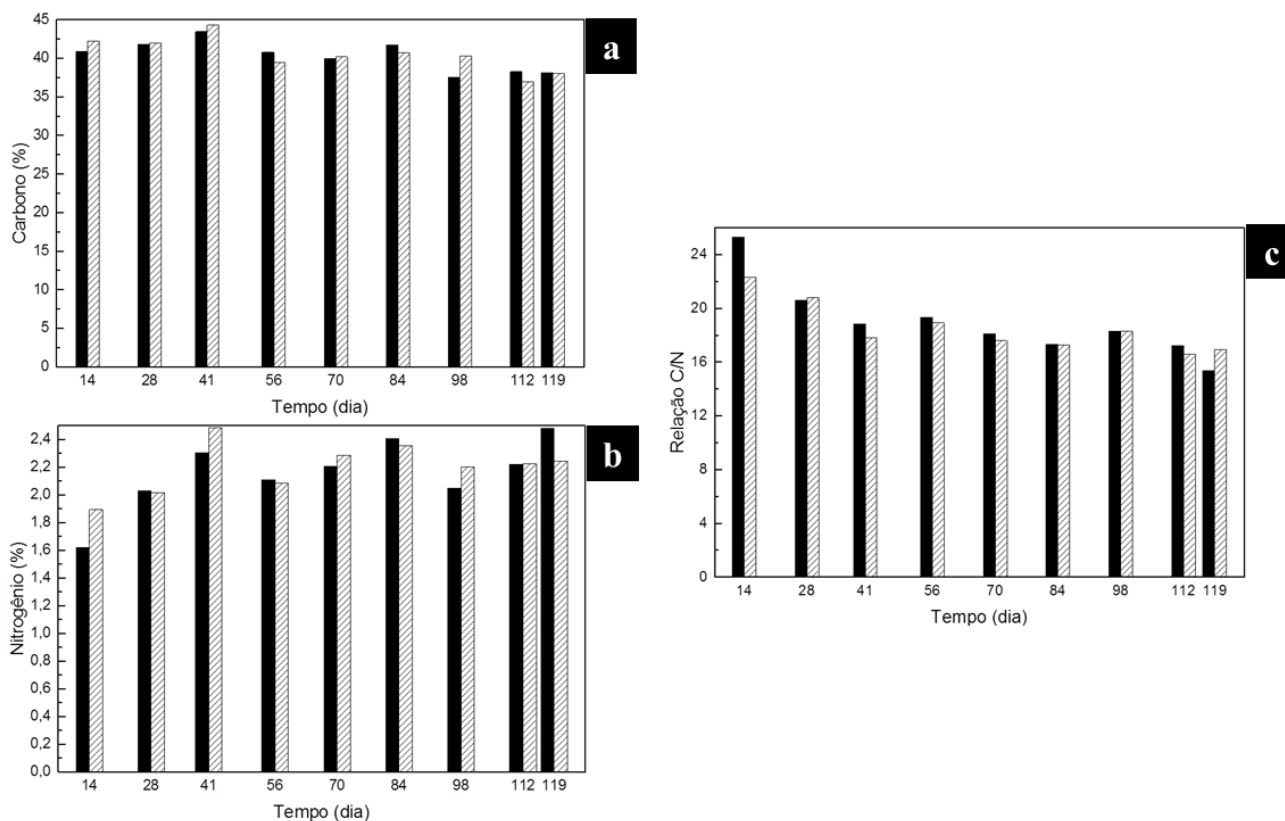
As medições de carbono e nitrogênio apresentaram oscilações em ambos os tratamentos durante o processo de compostagem: o carbono variou entre 37 e 44% em TR e entre 36 e 45% em NTR; já o nitrogênio variou entre 1,6 e 2,5% em TR e entre 1,8 e 2,5 em NTR (Figura 3a e Figura 3b). Mesmo com essa oscilação, os dois tratamentos apresentaram tendências de redução de carbono e de aumento de nitrogênio, resultando na diminuição temporal da relação C/N (Figura 3c). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em nenhum desses parâmetros.

No tratamento TR, as medições finais de carbono e nitrogênio foram de 38,13% e 2,48%, respectivamente, resultando em uma relação C/N final de 15,38. Em NTR, as medições finais de carbono e nitrogênio foram de 38,02% e 2,24%, respectivamente, resultando em uma relação C/N final de 16,95 (Figura 3).

Os compostos finais de ambos os tratamentos estão de acordo com a Instrução Normativa 25/2009 quanto à relação C/N, para a qual o limite máximo é igual a 20, e quanto aos teores de carbono e nitrogênio, que segundo a norma devem ser de no mínimo 15% e 0,5%, respectivamente (BRASIL, 2009).

Figura 3 - Variação temporal de carbono e nitrogênio no processo de compostagem; **a)** Variação de carbono nos tratamentos triturado (TR) e não triturado (NTR); **b)** Variação de nitrogênio nos tratamentos triturado (TR) e não triturado (NTR); **c)** Variação da relação carbono/nitrogênio (C/N) nos tratamentos triturado (TR) e não triturado (NTR).

Legenda: ■ TR; ▨ NTR.



Nas condições de compostagem propostas pelo presente trabalho, não houve vantagem em triturar a FORSD antes da compostagem. Contudo, vale considerar que para escalas maiores de composteiras, a trituração pode influenciar significativamente nos parâmetros de controle do processo, visto que uma menor granulometria do substrato proporciona maior área exposta à perda de umidade e ao ataque microbiano.

5. CONCLUSÃO

A trituração da FORSD não é necessária para operar uma composteira de alambrado de 1,13 m³ preenchida de forma intermitente, já que não houve diferença significativa em 120 dias de operação entre os parâmetros físico-químicos de umidade, carbono e nitrogênio da massa em digestão e dos compostos finais, quando comparadas uma composteira preenchida com FORSD triturada com outra preenchida com FORSD não-triturada.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Resíduos sólidos: amostragem. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais

e biofertilizantes destinados à agricultura, na forma dos anexos à presente instrução normativa. Instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 de agosto de 2010a.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010b.

BRASIL. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2013.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: PROSAB-FINEP, 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **GT COMPOSTAGEM Proposta de Resolução CONAMA que define Critérios para Produção de Composto de Resíduos Sólidos Orgânicos**. 2017. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt/gt.cfm?cod_gt=186>. Acesso em: 31 de janeiro de 2017.

SIQUEIRA, T. M. O de; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, v.18, n.4, p.243-264, 2015.

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