



III-010 - AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM PRESENÇA DE EMBALAGEM COMPOSTÁVEL PELA TÉCNICA DA COMPOSTAGEM

André Sabel Toro

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Gerente de Logística na Procomposto, Florianópolis (SC).

Marlon André Capanema ⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Civil pela Université de Sherbrooke (Canadá). Professor do Departamento 2 – Engenharia Ambiental e Sanitária – do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG, campus Goiânia, GO).

Armando B. de Castilhos Junior

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos pelo Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (França). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina e Supervisor do Laboratório de Pesquisas em Resíduos Sólidos (LARESO).

Endereço⁽¹⁾: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Instituto Federal de Goiás – câmpus Goiânia. Rua 75, nº 46, Setor Central, Goiânia (GO) Brasil, CEP: 74055110. E-mail: marlon.capanema@ifg.edu.br.

RESUMO

A degradação de resíduos sólidos orgânicos (RSO) com a presença de embalagem compostável (EC) constituída de ácido polilático (PLA) foi avaliada por meio de compostagem. Posteriormente, avaliou-se a qualidade do composto orgânico obtido de leiras com e sem EC. Parâmetros físico-químicos do composto final foram comparados aos valores da Instrução Normativa N°25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Os resíduos utilizados foram resíduos alimentícios com e sem EC, palha e uma mistura de poda triturada, serragem e dejetos de equinos. Durante os meses de setembro a novembro de 2015, as temperaturas oscilaram entre 31°C e 49°C nas leiras de compostagem. Presenciou-se uma maior intensidade de chuvas no mês de outubro, que causou um aumento da umidade das leiras e as temperaturas não atingiram valores máximos típicos de compostagem. Assim, aumentou-se o número dos reviramentos das leiras para reduzir a umidade acumulada, aumentar a temperatura e acelerar a maturação do composto. A umidade do composto final também foi influenciada pelas chuvas, atingindo valores acima de 50%. A densidade média dos RSO foi igual a 797,51 kg/m³ (n=16). A presença das embalagens compostáveis e o alto teor de matéria orgânica carbonácea dos RSO podem ter ocasionado um aumento relativo na concentração de carbono do composto final (> 15%). Concluiu-se que as embalagens compostáveis são técnica e ambientalmente interessantes, pois garantem condições adequadas de higiene durante o manejo e acondicionamento dos RSO, e promovem economia de água de limpeza das bombonas de acondicionamento.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Orgânicos, Compostagem, Embalagem Compostável, Polímero Biodegradável.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande gerador de resíduos sólidos orgânicos (RSO). Segundo a ABRELPE (2015), foram gerados cerca de 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país em 2014. Destes, aproximadamente 50% são constituídos de resíduos orgânicos (BRASIL, 2012). A quantidade torna-se ainda maior se considerar outras fontes de RSO, como as atividades da agroindústria. Por exemplo, estima-se que a agricultura gera mais de 290 milhões de toneladas de RSO por ano, enquanto que a pecuária pode gerar mais de 365 milhões de toneladas anualmente (BRASIL, 2012).

Um dos métodos reconhecidos para o tratamento dos RSO é a compostagem, por meio de um processo biológico controlado de decomposição da matéria orgânica por diferentes microrganismos (ABNT, 1996). A compostagem apresenta vantagens em comparação a outros tipos de tratamento por ser um processo tecnicamente simples, economicamente viável e licenciado por órgãos ambientais. Entretanto, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), menos de 1% dos resíduos sólidos urbanos são tratados por meio de compostagem.

Embalagens fabricadas com material biodegradável compostável melhoram as condições de acondicionamento de RSO em bombonas, são funcionais e podem ser usadas em escolas, restaurantes, residências e em grandes geradores de resíduos orgânicos, notadamente para resíduos alimentícios. Ainda, o uso de embalagens compostáveis diminui o montante de resíduos encaminhados a aterros sanitários. A biodegradação deste tipo de material, particularmente de embalagens feitas de ácido (poli)lático (PLA), dependem de diferentes condições do processo de compostagem (DANYLUK et al. 2010; ALIMUZZAMAN et al. 2014; STLOUKAL et al. 2015).

Este estudo tem por objetivo avaliar a degradação de resíduos sólidos orgânicos pelo processo de compostagem, com a presença de embalagem compostável (EC). Também, pretende-se avaliar a qualidade do composto orgânico obtido e identificar possíveis alterações dos parâmetros de qualidade do composto orgânico, devido à presença de EC.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma unidade de compostagem localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Os resíduos sólidos orgânicos utilizados na compostagem foram resíduos alimentícios com e sem EC (Figura 1-a), palha (Figura 1-b) e uma mistura de poda triturada, serragem e dejetos de equinos (Figura 1-c). Os resíduos alimentícios foram coletados em um restaurante e são constituídos de restos de comida cozida (arroz, feijão, carne), verduras e cascas de frutas e legumes. A palha foi utilizada para promover a aeração e auxiliar no controle de vetores. Os resíduos de poda triturada constituem um material orgânico rico em carbono, e têm como funções controlar a relação C/N, servir como material estruturante e facilitar a aeração passiva das leiras. Por fim, a serragem com dejetos de equinos constitui a matriz biológica de microrganismos às leiras.



Figura 1: Resíduos sólidos orgânicos utilizados na compostagem.

A embalagem compostável foi usada para forrar as bombonas de armazenamento dos resíduos alimentícios, dentro de um programa de coleta seletiva. O material da embalagem testada é constituído de ácido polilático (PLA), um poliéster termoplástico produzido com ácido lático obtido a partir de fontes renováveis. As dimensões da embalagem são 0,63 m × 0,80 m, com capacidade de 50 litros (Figura 2).

Duas leiras de compostagem foram construídas e monitoradas neste estudo. Além destas, o produto composto de outras duas leiras pré-existentes na unidade de compostagem foram utilizadas em uma avaliação comparativa. As leiras têm dimensões de 1,4 m de largura, 2,40 m de comprimento e 0,60 m de altura. As paredes laterais eram constituídas de uma camada de palha de 0,20 m.



Figura 2: Embalagem compostável utilizada nas bombonas de resíduos orgânicos.

A construção das leiras foi realizada em diferentes etapas, a saber: a) preparação da base da leira com palha, b) colocação de uma camada de resíduos de poda e serragem com dejetos equinos, c) preparação das laterais com palha, d) colocação dos resíduos alimentícios, e) cobertura destes com resíduos de poda e serragem com dejetos equinos, f) cobertura final da leira com uma camada de palha (Figura 3). Durante o processo de compostagem, novos resíduos alimentícios foram adicionados nas leiras. Para isso, a cobertura de palha era temporariamente removida para a inclusão dos resíduos, cobertos novamente com resíduos de poda e serragem com dejetos equinos, e por fim recobertos com a camada de palha.



Figura 3 : Construção das leiras de compostagem.

O monitoramento das leiras de compostagem ocorreu de setembro a novembro de 2015. Neste período, a temperatura e o pH foram medidos duas vezes por semana em cada leira, em 3 pontos equidistantes ao longo do comprimento da leira. A densidade dos RSO foi calculada para cada bombona a ser adicionada nas composteiras. O composto final das leiras com e sem EC, bem como o de outras duas leiras pré-existentes na unidade de compostagem, foi analisado em relação aos seguintes parâmetros físico-químicos: umidade, pH, nitrogênio total, carbono orgânico e capacidade de troca de cátions (CTC). Em seguida, foram calculadas as relações carbono/nitrogênio (C/N) e CTC/C. Tais parâmetros foram comparados aos valores estabelecidos pela Instrução Normativa N°25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que trata das normas sobre os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2009). Os procedimentos de análise dos parâmetros supracitados estão detalhados em TORO (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente, os resíduos utilizados foram resíduos alimentícios com e sem EC, palha e uma mistura de poda triturada, serragem e dejetos de equinos. Durante o período de monitoramento, as temperaturas nas leiras oscilaram entre 31°C e 49°C. Pouca variação foi identificada entre as leiras com e sem

embalagem compostável. Devido a uma maior intensidade de chuvas no mês de outubro de 2015 causada pelo fenômeno El Niño na região (precipitação total > 300 mm e umidade relativa média próxima a 84%), houve um aumento da umidade das leiras e as temperaturas não atingiram valores máximos típicos (60 a 70°C) de compostagem. Com isso, aumentou-se o número dos reviramentos das leiras para reduzir a umidade acumulada, aumentar a temperatura e acelerar a maturação do composto. O fato de não se ter obtido valores máximos típicos de temperatura não impediu a decomposição das embalagens compostáveis. KALE et al. (2007) avaliaram elevadas taxas de decomposição de PLA a temperaturas entre 40 e 50°C após 30 dias de degradação.

Os valores de pH foram iguais a 5,2 (leira com EC) e 5,9 (leira sem EC) no início do monitoramento, e estabilizaram a um valor de 8,0 a partir do 30º dia. A densidade média dos RSO obtida a partir de n=16 bombonas foi igual a 797,51 kg/m³, variando entre 999,52 e 529,01 kg/m³. Uma análise visual das leiras revelou que após 30 dias de compostagem poucas EC podiam ser identificadas, como observado também por DANYLUK et al. (2010). Entretanto, após 60 dias de monitoramento, ainda havia resquícios das EC (Figura 4). A maior ou menor concentração de embalagens compostáveis após 60 dias de decomposição pode ser justificada pela diferença na distribuição das embalagens dentro das leiras e pelas diferentes zonas de decomposição dentro da leira. Por exemplo, uma zona com temperatura mais elevada (50°C), maior teor de oxigênio (aeração) e adequadas condições de umidade pode acelerar a decomposição em relação a outras zonas dentro de uma mesma leira.



Figura 4 : Resquícios de embalagem compostável após 60 dias de compostagem.

O uso de embalagens compostáveis para revestir as bombonas garantiu não só uma boa condição de higiene durante o acondicionamento, mas também favoreceu o processo de limpeza das bombonas, com emprego de uma quantidade menor de água. Além disso, a embalagem compostável promoveu a preservação das bombonas. De acordo com a Instrução Normativa N°25 do MAPA (BRASIL, 2009), os fertilizantes orgânicos compostos obtidos nas leiras de compostagem deste estudo são classificados como Classe C, pois são provenientes de resíduo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura. Os valores dos parâmetros avaliados são apresentados na Tabela 1.

A presença das embalagens compostáveis nas leiras pode ter ocasionado um aumento relativo na concentração de carbono do composto final, devido à presença do ácido lático. Isso contribuiu para que os teores de carbono orgânico se encontrassem acima do limite mínimo estabelecido pela IN N°25 do MAPA. Além disso, é necessário considerar a elevada quantidade de matéria orgânica carbonácea utilizada nas leiras. A base e as laterais das leiras foram feitas de palha, e uma mistura de poda triturada e serragem foi continuamente misturada aos resíduos alimentícios. A relação C/N relativamente elevada para três amostras (A1, A2 e A3; tanto com EC quanto sem EC) também foi influenciada pela quantidade de resíduo rico em carbono utilizado nas leiras, também, pelo baixo teor de nitrogênio das amostras, notadamente A2 e A3.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos do composto obtido nas leiras de compostagem.

Parâmetro	Unidade	Limite Classe C	Amostras			
			A1	A2	A3	A4
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	mmol/Kg	CD	263	268	259	200
Carbono Orgânico (C)	%	15 (mín.)	25,5	23,1	18,9	16,0
Nitrogênio Total (N)	%	0,5 (mín.)	0,56	0,46	0,41	0,91
pH	-	6,5 (mín.)	6,95	6,87	6,89	6,79
Relação C/N	-	20 (máx.)	45,2	49,8	46,0	17,6
Relação CTC/C	-	CD	10,3	11,6	13,7	12,5
Umidade	%	50 (máx.)	51,4	52,7	48,6	40,9

A1: leira construída com EC; A2: leira construída sem EC; A3: leira maturada utilizada para comparação, com EC; A4: leira maturada utilizada para comparação, sem EC.

CD: Conforme declarado.

Ademais, a umidade do composto final apresentou um valor médio de 51,4% (A1, com EC) e 52,6% (A2, sem EC), um pouco acima do limite máximo de 50% estabelecido pela IN N°25. Os valores relativamente elevados se devem às precipitações atípicas registradas no período de monitoramento. Os demais parâmetros se enquadraram dentro dos limites estabelecidos pela instrução normativa considerada.

CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou a degradação de resíduos sólidos orgânicos pelo processo de compostagem com a presença de embalagem compostável constituída de ácido polilático (PLA). Devido a uma maior intensidade de chuvas durante o monitoramento, houve um aumento da umidade das leiras e as temperaturas não atingiram valores elevados típicos de compostagem. Em decorrência disso, aumentou-se o número dos reviramentos das leiras para reduzir a umidade acumulada, aumentar a temperatura e acelerar a maturação do composto. Uma análise visual das leiras revelou que após 30 dias de decomposição poucas EC puderam ser identificadas. A presença das embalagens compostáveis nas leiras pode ter ocasionado um aumento relativo na concentração de carbono do composto final, devido à presença do ácido láctico. Entretanto, os demais parâmetros físico-químicos analisados se enquadraram dentro dos limites estabelecidos pela instrução normativa considerada. Assim, o composto final obtido apresenta características adequadas para ser empregado como fertilizante orgânico na agricultura.

Por meio do monitoramento realizado, evidenciaram-se as vantagens do uso de embalagem compostável, notadamente embalagem fabricada com PLA, no manejo e tratamento de resíduos orgânicos, sem que esta intervenha de maneira negativa no processo de compostagem e na qualidade do composto final. As embalagens compostáveis garantem condições adequadas de higiene durante o acondicionamento dos resíduos, favorecem o processo de limpeza das bombonas com uma menor quantidade de água para lavagem, e promovem a preservação das bombonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo, 120 p. 2015.
2. ABNT. NBR 13591: Compostagem. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 4 p. 1996.
3. ALIMUZZAMAN, S.; GONG, R.H.; AKONDA, M. Biodegradability of Nonwoven Flax Fiber Reinforced Polylactic Acid Biocomposites. Polymer Composites, p. 2094–2102. 2014. DOI: 10.1002/pc.22871.
4. BRASIL. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009: 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. Ministério da Agricultura, Pecuária



- e Abastecimento. Disponível em: <http://www.laborsolo.com.br/arquivos/normativas/INM25.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.
5. BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657. Acesso em: 17 dez. 2015.
 6. DANYLUK, C.; ERICKSON, R.; BURROWS, S.; AURAS, R. Industrial composting of poly(lactic acid) bottles. *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 38, N° 6. 7 p. 2010.
 7. KALE, G.; Auras, R.; Singh, S. P. Comparison of the degradability of poly(lactide) packages in composting and ambient exposure conditions. *Packag. Technol. Science*, Vol. 20(1), p. 49–70. 2007.
 8. STLOUKAL, P.; PEKAROVA, S.; KALENDOVA, A.; MATTAUSCH, H.; LASKE, S.; HOLZER, C.; CHITU, L.; BODNER, S.; MAIER, G.; SLOUF, M.; KOUTNY, M. Kinetics and mechanism of the biodegradation of PLA/clay nanocomposites during thermophilic phase of composting process. *Waste Management*, Vol. 42, p. 31–40. 2015.
 9. TORO, A. S. Avaliação da degradação de resíduos sólidos orgânicos por meio da compostagem com presença de embalagem compostável. Orientado por Marlon André Capanema. Florianópolis, 2015. 88 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2015.