



Degradação de material biopolimérico feito com cera de abelha em sistema de compostagem doméstica

Degradation of biopolymeric material made with beeswax in a domestic composting system

Ramilly Micheleti de Azevedo Oliveira Meneses*, Tatiane Cristina Dal Bosco[†],
Roger Nabeyama Michels[‡].

RESUMO

O desafio do gerenciamento de resíduos sólidos aumenta à medida em que aumenta a geração pela população. Os resíduos orgânicos representam cerca de 45% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil e seu tratamento pode ser adequadamente realizado via compostagem. Por outro lado, dentre os recicláveis, destacam-se os plásticos, e diante dos diferentes tipos ressalta-se o plástico filme, muito utilizado para a proteção e embalagem de alimentos, o que inviabiliza, muitas vezes, a sua reciclagem, por estar sujo ou contaminado. Neste sentido, a produção de materiais equivalentes ao plástico a partir de matérias primas de fontes renováveis pode possibilitar a compostagem de ambos os resíduos. Objetivou-se, portanto, avaliar o tratamento de resíduos orgânicos (restos de alimentos e serragem) junto com panos de cera de abelha via compostagem doméstica. Utilizou-se um balde de 30 litros como composteira e o processo teve duração de 5 meses. Foram realizados revolvimentos e coleta de temperatura para o seu monitoramento. As interferências, como adição de material e revolvimentos, contribuíram com a eficiência da degradação dos resíduos alimentares. Já a serragem e os panos testados não apresentaram descaracterização expressiva: apenas mudança de coloração e aspecto, indicando a necessidade de um tempo maior para a sua degradação.

Palavras-chave: Biopolímeros, resíduos orgânicos, tratamento de resíduos.

ABSTRACT

The challenge of solid waste management increases as the generation by the population increases. Organic waste represents about 45% of urban solid waste generated in Brazil and its treatment can be properly carried out via composting. On the other hand, among recyclables, plastics stand out, and in view of the different types, plastic film stands out, widely used for the protection and packaging of food, which often makes its recycling unfeasible, as it is dirty or contaminated. In this sense, the production of materials equivalent to plastic from raw materials from renewable sources can enable the composting of both residues. Therefore, the objective was to evaluate the treatment of organic waste (food waste and sawdust) together with beeswax cloths via domestic compost. A 30 liter bucket was used as compost and the process lasted 5 months. Turnovers and temperature collection were carried out for monitoring. Interferences, such as material addition and stirring, contributed to the efficiency of food waste degradation. The sawdust and cloths tested, on the other hand, did not present expressive decharacterization: only a change in color and appearance, indicating the need for a longer time for their degradation.

Keywords: Biopolymers, organic waste, waste treatment.

* Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil: ramillymeneses@gmail.com

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina; tatianebosco@utfpr.edu.br

[‡] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; rogermmichels@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

A cada ano a geração de resíduos sólidos urbanos aumenta, o que resulta num maior desafio para o seu gerenciamento. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, a geração de resíduos aumentou cerca de 12,4 milhões de toneladas de 2010 até 2019. O estudo ainda confirma o aumento da geração per capita, que passou de 348 kg/ano para 379 kg/ano (ABRELPE, 2020).

Cerca de 45% dos resíduos gerados são orgânicos (restos de alimentos, poda), isto é, aproximadamente 36 milhões de toneladas (ABRELPE, 2020). De acordo com a Lei 12.305 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a disposição final deve ser aplicada apenas aos rejeitos e os resíduos orgânicos devem ser compostados, processo em que os resíduos são degradados e transformados em um produto mais humificado, por meio da ação dos microrganismos e fatores favoráveis (KIEHL, 1985).

No Brasil, segundo o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Urbanos 2018, apenas 0,2% dos resíduos orgânicos foram direcionados para unidades de compostagem (SNIS, 2019). Um fator que dificulta e limita o processo é a mistura de outros materiais, como os plásticos, com os orgânicos. O plástico filme, por exemplo, é bastante consumido no Brasil e sua principal aplicação é na indústria alimentícia (AUMILLER et al., 2014). A reciclagem deste material é inviabilizada, muitas vezes, devido à sua utilização como embalagem de alimento, que pode resultar em um filme sujo e contaminado (REMÉDIO, ZANIN e TEIXEIRA, 1999). Por isso, ambos resíduos (orgânicos e filmes plásticos) geralmente são encaminhados para a disposição final, em aterros sanitários (59,5% dos resíduos) ou lixões e aterros controlados (40,5% dos resíduos) (ABRELPE, 2020). Este fato é muito preocupante, pois materiais poliméricos podem causar danos ao meio ambiente quando descartados inadequadamente (SPINACÉ e DE PAOLI, 2005).

Uma solução para essa problemática, pode ser a aplicação de práticas individuais, como a composteira doméstica para tratamento dos resíduos orgânicos, e a utilização de matérias primas com fontes renováveis (biopolímeros) para produção de plásticos filmes e outros materiais plásticos. Os produtos feitos com biopolímeros podem ser consumidos, em meses, por microrganismos sob condições favoráveis (IVANO, 2013). Assim, os filmes poderiam ser destinados à compostagem e as usinas evitariam dificuldades operacionais, custos para separar os materiais e poderiam compostar ambos os resíduos. Diante do exposto, o problema da pesquisa é: Os panos de cera de abelha podem ser degradados juntamente com os resíduos orgânicos domiciliares em pequenas composteiras?

O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação dos resíduos orgânicos e de panos com cera de abelha, em um sistema de compostagem doméstica com restos de alimentos e serragem.

2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA

O experimento foi conduzido no município de Londrina, Paraná, num domicílio com ambiente coberto e boa passagem de ar (latitude 24° 40' 24" Sul e longitude 52° 49' 15" Oeste). O processo de compostagem teve a duração de cinco meses, com 59 dias de monitoramento.

Buscando simular o tratamento de resíduos orgânicos em pequena escala, utilizou-se um balde de 30 litros como uma composteira doméstica. Para proporcionar uma maior aeração no processo foram feitos furos de 4 mm nas paredes da composteira e um furo central, no fundo, para possibilitar o escoamento do chorume.

Os resíduos orgânicos (cascas de frutas, verduras, borra e filtro de café) foram gerados por duas pessoas. Dessa forma, a alimentação da composteira foi distribuída em oito inserções até o preenchimento total, aos 3, 8, 9, 11, 12, 16, 24 e 26 dias após o início do processo. Os resíduos foram adicionados junto com serragem na



proporção de 1:3 (em volume). Já os panos de cera de abelha, material biopolimérico, com dimensões de 5 cm por 15 cm, foram adicionados 30 dias após o início da compostagem e permaneceram por 90 dias no processo. Tais panos são compostos por tecido de algodão, cera de abelha, óleo e resina vegetal, além de possuírem propriedades antibacterianas e antifúngicas e foram adquiridos no mercado local. Foi adicionado também, para auxiliar o processo de degradação, 80 mL de leite fermentado com *Lactobacillus* vivos (Yakult®) após 15 dias do início da compostagem e repetiu-se a aplicação aos 26 dias após o início da compostagem.

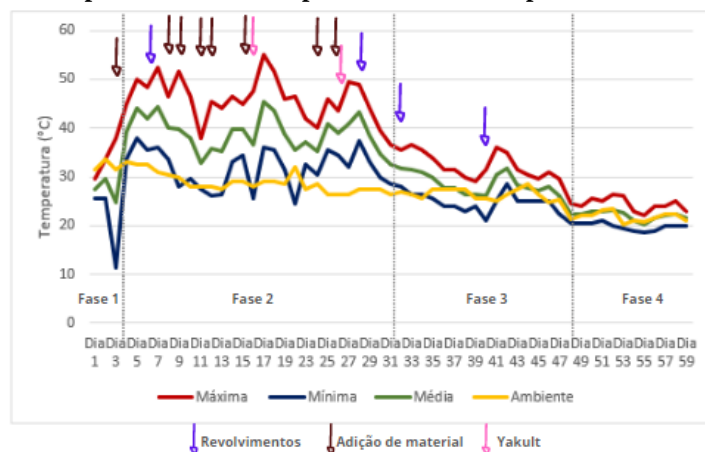
Buscando otimizar o processo de compostagem foram realizados revolvimentos e umidificação do material. A coleta da temperatura foi feita, durante 59 dias, por meio de um datalogger montado com placa Arduino Mega 2560. Para isso, foram utilizados 10 sensores, onde cinco coletaram a temperatura ambiente e o restante foram instalados, em diferentes posições na composteira, para coletar a temperatura do processo com uma frequência de 10 minutos (DAL BOSCO et al., 2020).

As avaliações de degradação dos resíduos e dos panos de cera de abelha foram realizadas durante o processo (nos dias 1, 15 e 150; e nos dias 1 e 90 respectivamente), por meio de registros fotográficos, analisando a descaracterização do material.

3 RESULTADOS

Na Figura 1 apresentam-se os dados de temperatura da composteira e demonstra-se a influência dos revolvimentos e da umidificação do material no processo, assim como as fases da compostagem em relação à variação de temperatura. O registro e a análise da temperatura são de extrema importância, pois indica a eficiência do processo, devido à sua relação com a atividade dos microrganismos, demonstrando a fase de maior degradação e maturação (TIQUIA et al., 1997).

Figura 1 – Comportamento da temperatura durante o processo de compostagem



Fonte: Autoria própria (2021)

É possível observar que após as intervenções (revolvimentos e adição dos resíduos) ocorreu aumentos súbitos na temperatura. Durante os revolvimentos, a temperatura tendeu a diminuir em razão da troca de calor que pode ocorrer com o ambiente, mas algumas horas depois volta a subir como demonstrado na Fig. 1. A atividade dos microrganismos é exotérmica, ou seja, libera calor enquanto degradam os resíduos, ocasionando assim, um aumento de temperatura do meio (BIDONE e POVINELLI, 1999). Dessa forma, pode-se observar que a fase de maior atividade e degradação foi a fase 2, com temperaturas que variaram entre 55°C e 40°C.



Na compostagem em pequena escala, pode ocorrer pouca elevação da temperatura devido à interferência da temperatura externa (PANISSON, 2017). Para isso, pode ser utilizado microrganismos eficientes (EM) que aumentam as taxas de decomposição (JUSOH et al., 2013) e assim, aumentam a temperatura. Segundo Uribe et al. (2001) *lactobacillus* geralmente são encontrados e utilizados em amostras de EM. Pode-se observar, que após a adição do leite fermentado com *lactobacillus* vivos (Yakult®) obteve-se o pico de temperatura do processo (55°C). Panisson (2017) também observou as maiores temperaturas após a utilização dos EM.

A compostagem abrange quatro fases principais, de acordo com a variação de temperatura e os microrganismos presentes, sendo: mesofílica (aquecimento), termofílica, mesofílica (resfriamento) e maturação (INÁCIO e MILLER, 2009). Na fase mesofílica, tanto de aquecimento quanto de resfriamento, a temperatura fica entre 20°C e 40°C (MASSUKADO, 2008), fase 1 e fase 3 respectivamente, de acordo com a Fig. 1. A fase termofílica, fase 2 na Fig. 1, é caracterizada por altas temperaturas (acima de 40°C) e pela fase de maior degradação (TRAUTMANN e OLYNCIW, 2005). Na última fase, chamada de maturação, a temperatura do processo tende a se igualar com a temperatura ambiente (fase 4) (BARREIRA, 2005).

Depois da fase de maturação, é esperado que o composto apresente características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas diferentes da matéria-prima (TRAUTMANN e OLYNCIW, 2005). Após cinco meses de processo, o composto apresentou uma coloração mais escura, diferente do material de origem, como apresentado no Quadro 1. Entretanto, a descaracterização da serragem foi menor que os demais resíduos, pois é necessário um tempo maior para ocorrer sua degradação total (SALVARO et al., 2007).

Quadro 1 – Descaracterização dos resíduos ao longo do processo.

Início		Após 15 dias	150 dias após o início
			

Fonte: Autoria própria (2021).

A degradação dos biopolímeros pode ser avaliada pela descaracterização do material ao longo do tempo, pela textura irregular e pela presença de poros (VERCELHEZE et al., 2013). Um estudo feito por Taiatele Junior (2014) com filmes feitos de biopolímeros de amido, apresentou boa descaracterização desde os primeiros revolvimentos. Ota et al. (2020) analisaram a degradação de filmes de biopolímeros com partículas de óleo essencial de orégano e constataram que após 23 dias do início do processo, os filmes apresentavam fragmentação acentuada assim como coloração mais escura ao final do processo. Já os panos com cera de abelha, material biopolimérico, não apresentaram descaracterização notória durante esse processo, conforme pode-se observar no Quadro 2. Nota-se apenas alguns poros, presença de fungos do tipo bolor e descoloração.

No processo de compostagem, os microrganismos são os principais responsáveis pela degradação, sendo eles: bactérias, fungos e actinomicetos (BIDONE e POVINELLI, 1999). A composição dos panos com cera de abelha possui propriedades antibacterianas e antifúngicas. Isso pode ter sido um fator pelo qual não ocorreu expressiva decomposição do material, representando grande resistência à atividade dos microrganismos que



atuam na compostagem. O pano foi adicionado 30 dias após o início da compostagem, no final da fase termofílica e permaneceu em contato com o composto por 90 dias. A sua permanência no processo também pode ter influenciado, assim como a perda da fase de degradação ativa, sendo necessário então, um tempo maior para degradar por completo e estar presente na fase termofílica.

Quadro 2 – Descaracterização dos panos com cera de abelha

Início	90 dias em contato com o composto	
		

Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o processo de compostagem doméstica foi eficiente para tratar os resíduos orgânicos (cascas de frutas, verduras, borra e filtro de café) com serragem. As interferências externas, como adição de material e revolvimentos, influenciaram diretamente, favorecendo a atividade microbiana e aumentando a temperatura do processo. Os resíduos foram degradados e apresentaram coloração mais escura no produto final, porém, é preciso de um tempo maior para descaracterizar por completo a serragem. Os panos com cera de abelha apresentaram indício de degradação/mudança de aspecto, com coloração mais escura, mas a incompleta degradação pode estar associada à presença de propriedades antibacterianas e antifúngicas na sua composição e a necessidade de um tempo maior no processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pela bolsa concedida e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, pelo suporte.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2020**. São Paulo- SP. [2020]. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2020/> Acesso em: 12 de ago, 2021.
- AUMILLER, A.; OLIVEIRA, C. E.; PAIVA, J. M. F.; MENDES, J. V.; MORIS, V. A. S. Análise do Processo Produtivo de Filmes Poliméricos Utilizando a Metodologia de Produção Mais Limpa. **REGET** - V. 18 n. 2 Mai-Ago, p.887-90. 2014.
- 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 República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.



- DAL BOSCO, T. C.; MICHELS, R. N.; BERTOZZI, J.; TAIATELE J., I.; HASHIMOTO, E. M. The ideal frequency of temperature data collection in compostability experiments on domestic organic residues. **Environmental Technology**, Londres, vol.41, n.9, p.1160-1166, 2020.
- 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 de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, Projeto REENGE, 1999.
- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.; **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 156p.
- IVANO, L. R. P. F. M. **Bandejas biodegradáveis a base de amido de mandioca e resíduo fibroso da indústria cervejeira**. 120f. 2013. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, 2013.
- JUSOH, M.L.C.; MANAF, L.A.; LATIFF, P.A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. Irã. **J. Environ. Health Sci. Eng.**, 10 (1), p.17. 2013.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.
- MASSUKADO, L.M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- OTA, D. M; et al. **Compostabilidade de biopolímeros contendo micropartículas de óleo essencial de orégano**. In: XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 2020, Toledo.
- PANISSON, R. **Avaliação de diferentes processos de compostagem em pequena escala com adição de microrganismos eficientes**. 52f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira do Sul, Erechim, 2017.
- REMÉDIO, M. V. P.; ZANIN, M.; TEIXEIRA, B. A. N. Caracterização do efluente de lavagem de filmes plásticos pós-consumo e determinação das propriedades reológicas do material reciclado. **Polímeros [online]**. v. 9, n. 4, pp. 177-183. 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-14281999000400029>> Acesso em 24 de ago. de 2021.
- SALVARO, E. et al. Avaliação de cinco tipos de minicomposteiras para domicílios do Bairro Pinheirinho da cidade de Criciúma/ SC. **Com Scientia**, Curitiba, PR, v. 3, n. 3, jan./jun. 2007.
- TAIATELE JUNIOR, I. **Biodegradabilidade de embalagens biodegradáveis e sua compostabilidade com resíduos orgânicos domiciliares**. 2014. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.
- TIQUIA, S.M; TAM, N.F.Y; HODGKISS, I.J. **Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter**. *Bioresource Technol.*, 62: 37-42. 1997.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2018**. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>. Acesso em: 06 de ago. 2021.
- SPINACÉ, M. A. S, DE PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, v. 28, n. 1, pp. 65-72. 2005.
- TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms – The Phases of Composting. In: **Cornell Composting, Science & Engineering**. 2005. Disponível em: < <http://compost.css.cornell.edu/microorg.html> >. Acesso em 15 de ago. 2021.
- VERCELHEZE, A. E. S.; OLIVEIRA, A. L. M.; REZENDE, M. I.; MULLER, C. M. O.; YAMASHITA, F.; MALI, S. Physical Properties, Photo- and Bio-degradation of Baked Foams Based on Cassava Starch, Sugarcane Bagasse Fibers and Montmorillonite. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, n. 1, pp. 266-274, 2013.