

**BIODEGRADAÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)
POR MEIO DE LARVAS DE *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera:
Tenebrionidae)**

**BIODEGRADATION OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) BY
LARVAE OF *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: *Tenebrionidae*)**

Tamires Doroteo de Souza¹, Antonio Alves Pinto², Rozimar de Campos Pereira³.

Resumo: O polietileno é considerado durável, de difícil reciclabilidade e resistente a biodegradação, podendo chegar a 150 anos quando disposto no meio ambiente. As larvas de um besouro conhecido popularmente como bicho das farinhas (*Tenebrio molitor*), através da bactéria presente no intestino, biodegradam esses materiais poluentes sendo uma boa ferramenta para acelerar o processo de degradação, assim o objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade de degradação de polietileno com variações de cores pelas larvas de *T. molitor*. Dez dias após o início do experimento avaliou-se o consumo total de larvas de *T. molitor* em polietilenos de alta densidade como as sacolas plásticas e copo descartáveis. As respostas do consumo indicam que a utilização das larvas da espécie é uma alternativa viável para utilização em biorremediação, apresentando maior consumo em sacolas de cores frias e o menor consumo em sacolas plásticas de cor amarela. Com base nos resultados obtidos, a utilização das larvas da espécie *T. molitor* como agentes biodegradadores é um grande diferencial para implementar estratégias sustentáveis.

Palavra-chave: Biorremediação, bicho das farinhas, plástico.

Abstract: Polyethylene (HDPE) is considered durable, difficult to recycle and resistant to biodegradation, and can reach 150 years when disposed of in the environment. The larvae of a beetle

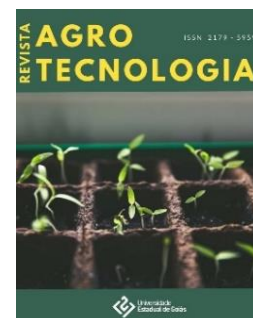
popularly known as the mealbug, *Tenebrio molitor*, through the bacteria present in its intestine, biodegrade these polluting materials and are a good tool to accelerate the degradation process, so the objective of the work was to evaluate the degradation capacity of polyethylene with color variations by *T. molitor* larvae. Ten days after the beginning of the experiment, the total consumption of *T. molitor* larvae in high-density polyethylene such as plastic bags and disposable cups was evaluated. The consumption responses indicate that the use of the larvae of the species is a viable alternative for use in bioremediation, presenting a higher consumption in cold colored bags and the lower consumption in yellow plastic bags. Based on the results obtained, the use of *T. molitor* larvae as biodegradable agents would bring a great advantage to implement sustainable strategies.

Keyword: Bioremediation, flour bug, plastic.

¹Departamento de Fitossanidade, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil, tamiresdoroteo@gmail.com

²Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

³Departamento de Entomologia Florestal, Universidade Federal do Recôncavo Baiano-UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil.



INTRODUÇÃO

O polietileno pode ter diversas aplicações, as mais populares são as sacolas de supermercados e utensílios descartáveis, cerca de 55 milhões de pessoas passam diariamente nos supermercados, bares e lanchonetes, consumindo anualmente 1 trilhão desses plásticos em todo o mundo. No Brasil 1,5 milhão de sacolinhas são distribuídas por hora (MMA, 2020). O grande fluxo de resíduos desses materiais no ambiente causa acúmulo nas redes de escoamento de águas das chuvas causando enormes desastres ambientais e preocupando ambientalistas (GEYER et al., 2017; YANG et al., 2018).

Estudos com agentes vivos para bioremediação de resíduos plásticos ocorre desde 1946, sendo que o primeiro registro de uso comercial de organismos vivos biodegradante ocorreu no final dos anos 60 (MORAES et al., 2014). A biodegradação de polietileno por microrganismo como bactérias e fungos foram relatadas por vários autores como Austin et al., 2018; Sangele et al., 2019; Ru et al., 2020 e Lee et al., 1991, que apresentaram resultados promissores na utilização de agentes microbianos exercendo um papel importante na degradação desses poluentes (RÅBERG e HAFRÉN, 2008), apesar de

grandes avanços as medidas não suportam a demanda.

Godoi et al., 2018, relataram o consumo de sacolas plástica com larvas de *Galleria mellonella* (Lineus, 1758) (Lepidóptera: Pyralidae), no entanto o resultado demonstrou números baixos de biodegradação (0,5 %). Recentemente, foi relatada que as larvas do bicho das farinhas (*Tenebrio molitor* Linnaeus 1758, Coleoptera: Tenebrionidae), através de bactérias como *Exiguobacterium* sp. presente no intestino das larvas, biodegradam material de poliestileno expandido (EPS) como isopores (PS), transformando parte do material em dióxido de carbono (CO₂), e a outra metade em lipídios eliminando em forma de excremento decomposto (YANG et al., 2018). Entretanto, não há nenhum estudo que relate o consumo de polietileno de alta densidade (PEAD) como sacolas plásticas e copos descartáveis pôr larvas da espécie.

No Brasil, *T. molitor* é tido como praga, por atacar grãos armazenados (FISCHER et al., 2013), mas em outros ambientes são utilizados como alimentação de aves, iscas para pesca (RAMOS et al., 2002; ROMEIRO et al., 2015) e até entomofagia, pois as farinhas feitas com as larvas possuem alto teor proteico (SENRA,

2018). As larvas desse inseto promovem um mecanismo biológico funcional sendo bons agentes biodegradadores podendo ser uma estratégia viável para acelerar a ação de degradação dos resíduos plásticos.

As indústrias de fabricação desses polietilenos utilizam de artefatos para melhor dispersão de venda, como a utilização de colorações das sacolas e copos, deixando-os opacos com alta resistência e durabilidade. O processo de purificação e coloração dos polímeros altera a estrutura química dos polietilenos (PEAD) (COUTINHO et al., 2003), podendo interferir na biodegradação. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade de degradação de polietileno (PEAD) com variação de cores pelas larvas de *T. molitor*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas-BA, Brasil, onde foram mantidas as condições necessárias, tais como luminosidade, abrigo de calor e umidade

Criação de *Tenebrio molitor*

A criação foi iniciada com larvas provenientes de criadouro comercial especializado da Empresa MFRural- Cotia,

São Paulo, Brasil, e mantidas em substrato original (farelo de trigo, ração para coelho e leite em pó) em bandejas plásticas para que se reproduzissem livremente, todas as fases de vida do inseto (larva à adultos) tiveram a mesma alimentação, foi fornecido sempre que necessário algodão embebido com água como substrato adicional. Como recipiente para manutenção da criação da espécie, foram utilizadas bandejas plásticas transparente (50 x 10 x 30 cm) descobertas, proporcionando circulação de ar.

Capacidade de biodegradação de Polietileno (PEAD)

Foram formados sete grupos com 50 larvas com 20 dias após a eclosão, cada grupo correspondeu, portanto, a um tratamento.

- Grupo 1: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de sacola plástica da cor cinza.
- Grupo 2: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de sacola plástica da cor verde.
- Grupo 3: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de sacola plástica da cor branca.
- Grupo 4: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de sacola plástica da cor amarela.

- Grupo 5: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de sacola plástica da cor azul.
- Grupo 6: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de copo descartáveis da cor branca.
- Grupo 7: 50 larvas em uma bandeja com 200 g de copo descartáveis da cor rosa.

As bandejas utilizadas em cada tratamento foram as mesmas já citada na

criação da espécie. As sacolas oferecidas as larvas foram cortadas com auxílio de uma tesoura em quadrados de dimensões 15 x 15 cm e posteriormente pesados em balança analítica de precisão (Bel Engineering®, modelo Mark M, 0,01g). Os copos foram divididos ao meio e pesados. O consumo de polietileno foi avaliado pela diferença do peso inicial e final dos tratamentos após 10 dias de consumo, como demonstrado na Figura 1.



Figura 1. Polietileno (PEAD) após 10 dias de consumo por larvas de *T. molitor*.

Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o programa software R (R Core Team, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo por dia em miligramas representado na Tabela 1 indicam que a massa consumida diário das 50 larvas de *T. molitor* variaram de acordo com a coloração do polietileno (PEAD), apesar de consumir qualquer cor, obteve maiores consumos em

plásticos mais claros como os brancos, esse fato pode ser justificado provavelmente pela opacidade e estruturas químicas que são alteradas quando há coloração dos

polímeros dos polietilenos (COUTINHO et al., 2003), interferindo no processo de degradação enzimáticas das bactérias presente no intestino das larvas.

Tabela 1. Consumo (mg) de polietileno de alta densidade (PEAD) por larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).

Tipos de embalagem	Massa média consumida por dia (mg)
Sacola plástica branca	154 ± 0,9
Copo descartáveis branco	143 ± 0,7
Sacola plástica verde	116 ± 0,78
Copo descartáveis rosa	80 ± 1,5
Sacola plástica azul	76 ± 0,6
Sacola plástica cinza	62 ± 1,1
Sacola plástica amarela	48 ± 1,15
F	98,56**
P	< 0,0001

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas são significativamente diferentes (Teste de Tukey; $P < 0,05$). **: significativo a 1%.

Na Figura 2 observa-se o percentual de consumo total com variação de 24,10% a 77,13% tendo uma redução de 22,87% da massa inicial do polietileno.

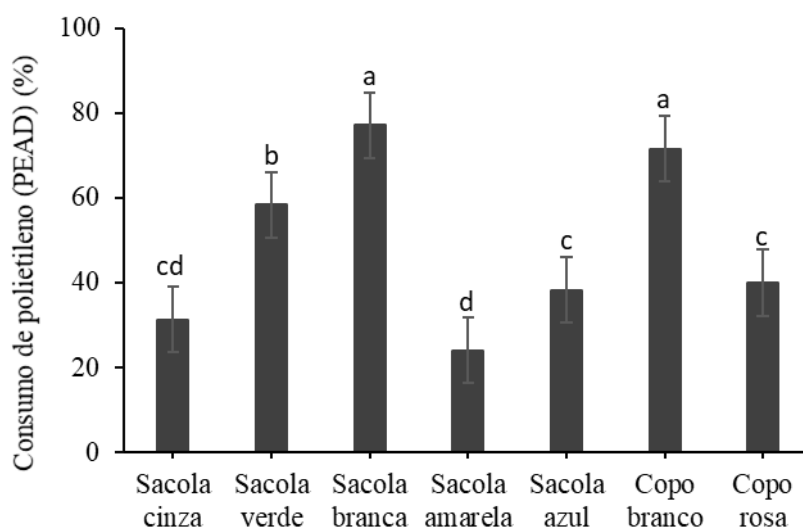


Figura 2. Percentual consumido do polietileno de alta densidade com variações na coloração.

Yang et al. (2015) ao estudarem a degradação de poliestileno com 500 larvas de *T. molitor* no período de 30 dias, observaram redução entre 31%, tendo uma massa inicial de 5,8 g. Os autores relatam

que as mudanças da estrutura química, bem como da composição dos plásticos, ocorrem atraso na digestão depois da passagem pelo intestino.

Pesquisas realizadas em 22 países concluíram que 100 larvas do *T. molitor* consomem em média 13 mg de poliestileno expandido em 30 dias (NUKMAL et al., 2018). No presente estudo o consumo em dias foi maior do que relatado na literatura, entretanto essa diferença pode estar ligada ao tipo de polietileno já que nas pesquisas anteriores utilizou-se isopor em vez de sacolas e copos plástico. Também foi relatado na literatura que esses insetos consomem outros plásticos com PVC conforme relatado por Božek et al., 2017.

As bactérias como as do gênero *Exiguobacterium* presentes no intestino das larvas de *T. molitor* são as responsáveis pela a capacidade de digerirem polietileno, as conversões realizadas a partir da ingestão desses agentes poluentes pelas bactérias proporcionam a clivagem e a despolimerização das moléculas acelerando o processo de decomposição. No trato digestivo do inseto, ocorre a decomposição biológica, onde as bactérias conseguem decompor o poliestileno transformando em dióxido de carbono e a outra metade em excremento (Yang et al., 2015).

REFERÊNCIAS

BOŽEK, M.; HANUS-LORENZ, B.; RYBAK, J. The studies on waste biodegradation by *Tenebrio molitor*.

De acordo com o observado ao término do experimento a maioria dos indivíduos utilizados atingiram a fase adulta com exceção de 10 larvas que permaneceram nesse estágio, vindo ao óbito. Corroborando como as observações Yang et al., 2018, em pesquisas observou que o consumo de poliestireno (isopor) não teve efeito na sobrevivência das larvas. Nukmal et al., 2018, também confirma os mesmos relatos.

Até o presente momento os resultados obtidos foram relevantes e abrem caminhos para a continuidade e esclarecimentos dos dados ainda não compreendidos, como estudos que avaliem a interferência das colorações no consumo e degradação por esses insetos, assim como estudos que promova isolamento da bactéria e teste em ambientes naturais para avaliar a eficiência de decomposição.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, a utilização das larvas da espécie *T. molitor* como agentes biodegradadores traria grande diferencial para implementar estratégias sustentáveis.

E3S Web of Conferences, v. 17, p. 000-11, 2017.

- COUTINHO, F. M. B; MELLO, I. L.; SANTA MARIA, L. C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n.1, p. 01–13, 2003.
- FISCHER, L. M.; WANTO, M. M.; PAULA, M. C. A. Interações entre *Gnatocerus cornutus* (Linnaeus, 1758) e *Tenebrio molitor* (Fabricius, 1798) (Coleoptera, Tenebrionidae). **Revista Agrarian**, v.6, n.22, p.519-523, 2013
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, p. 170-182, 2017.
- GODOI, L. V. R.; CASTRO, E.; INAGAKI, F. M.; ARAÚJO, J. H. B. Biodegradação de polietileno de alta densidade por meio de larvas e insetos de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae). **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent**, v. 5, n. 10, p. 771-777, 2018
- LEE, B.; POMETTO, L. A.; FRATZKE, A.; BAILEY, J. T. B. Biodegradation of Degradable Plastic Polyethylene by *Phanerochaete* and *Streptomyces* Species. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, n.3, p. 678-685, 1991.
- MMA- MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (2020). Disponível em: <https://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 23 abril. 2020.
- MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E.; MAXIMIANO, A. M. S. **Gerenciamento de áreas contaminadas**. BNDES. Governo de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo: 2014.
- MZENDE, S. A. M. **Avaliação nutricional e toxicológica da farinha da larva de *Tenebrio molitor***. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Rio Pomba Minas Gerais – Brasil, p.90, 2018.
- NUKMAL, N.; UMAR, S.; AMANDA S. P.; KANEDI, M. Effect of Styrofoam waste feeds on the growth, development and fecundity of mealworms (*Tenebrio molitor*). **Journal Biological Sciences**, v.18, p. 24-28, 2018.
- R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria <https://www.R-project.org/>. 2018.
- RÅBERG, U.; HAFRÉN, J. Biodegradation and appearance of plastic treated solid wood. **Instituted Biodeterior Biodegrad**, v. 62, p. 210-213, 2008.

- RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 214–220, 2002.
- ROMEIRO, T. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, F. E. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. **Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 4, p. 1-21, 2015.
- SANGALE, M. K., SHAHNAWAZ, M.; ADE, A. B. Potential of fungi isolated from the dumping sites mangrove rhizosphere soil to degrade polythene. **Scientific Reports**, v.9, n.1, 2019.
- YANG, Y.; YANG, J.; YANG, R.; WU, W. M.; ZHAO, J.; SONG, Y.; GAO, L.; JIANG, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental science & technology**, v.49, n.20, p. 2080-12086, 2015.
- YANG, S. S.; BRANDON, A. M.; ANDREW F, J. C.; YANG, J.; NING, D.; CAI, S. Y.; WU, W. M. Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. **Chemosphere**, v.191, p.979–989, 2018.
- YANG, Y.; RU, J.; HUO, Y. Microbial degradation and valorization of plastic wastes. **Microbiol**, v.11, p. 436-442, 2019.