



*Desafios de uma sociedade
digital nos Sistemas Produtivos e
na Educação*



Possíveis Impactos Da Presença De Microplásticos Em Ambiente Terrestre

Sandro Luque¹, Paulo José Balsamo², Vitória Santos³, Silvia Pierre Irazusta⁴

^{1,2}. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, ³ Universidade Federal de São Carlos– Campus Sorocaba,

⁴Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos- CEETEPS.

Resumo - A ecotoxicologia terrestre é uma área de estudo voltada para análise do impacto toxicológico causado em um ambiente. Este trabalho tem por objetivo avaliar a possível ingestão de resíduos de microplásticos fotodegradados por oligoquetas da espécie *Eisenia andrei*. Os resíduos de microplásticos fotodegradados foram obtidos por moagem de utensílios de polipropileno expostos à fotodegradação natural. As partículas variando de 300 a 500 µm foram adicionadas ao solo de cultivo das oligoquetas. Após 7 dias os organismos foram coletados, anestesiados e seu trato digestório dissecado. As partículas digeridas foram analisadas por meio de lupa Leica S8 APO e as dimensões das partículas foram determinadas por meio do software LasV 4.11. Os resultados mostraram a presença de microplásticos no conteúdo digestivo das oligoquetas expostas, com possíveis impactos nas funções biológicas desses organismos.

Palavras-chave: *E. andrei*, microplástico; ecotoxicologia

Abstract - Terrestrial ecotoxicology is an area of study aimed at analyzing the toxicological impact generation in an environment. This work aims to evaluate the possible ingestion of photodegraded microplastic residues by oligochaetes of the species *Eisenia andrei*. The photodegraded microplastic residues were obtained by grinding polypropylene objects exposed to natural photodegradation. Particles ranging from 300 to 500 µm were added to the oligochaete cultivation soil. After 7 days the organisms were collected, anesthetized and their digestive tract dissected. The digested particles were analyzed using the Leica S8 APO magnifier and the particles of the particles were analyzed using the LasV 4.11 software. The results indicate the presence of microplastics in the digestive content of the exposed oligochaetes, that can cause possible impacts in the biology of these organisms..

Keywords: *E. andrei*, microplastics, ecotoxicology

1. Introdução

Os organismos vivos, vertebrados e invertebrados dependem do solo para sobrevivência e, assim sendo, a poluição ou alteração desta matriz ambiental é um fator crítico para a sobrevivência das espécies terrestres, afetando inclusive, a segurança alimentar para humanos (AKHTAR, 2015; MICO *et al.*, 2006; LI *et al.*, 2014). À medida que o desenvolvimento industrial se acelerou e a fabricação e disposição de plásticos cresceu, também cresceram as preocupações sobre o crescimento da poluição plástica (CHAE *et al.*, 2018). Recentemente, depois que Rillig (2012) apontou o problema da poluição do microplástico no solo e nos ecossistemas terrestres, pesquisadores têm prestado atenção aos resíduos plásticos no meio ambiente e alertado sobre os potenciais impactos dos microplásticos no solo (LIU *et al.*, 2014; ROCHMAN *et al.*, 2015; NIZZETTO *et al.*, 2016) e seus potenciais efeitos adversos (RILLIG, 2012; LIU *et al.*, 2014; NIZZETTO *et al.*, 2016). Fuller e Gautam (2016) extraíram e contaram o número de microplásticos em solos industriais de Sydney, na Austrália e descobriram que as concentrações de microplásticos variavam amplamente (300-67,500 mg. kg⁻¹) dependendo do local. No estudo de Scheurer e Bigalke (2018), foram encontrados até 55.5 mg. kg⁻¹ (593 partículas. kg⁻¹) de microplásticos em amostras de solo de 26 regiões de várzea na Suíça. De maneira geral, ainda são escassos os estudos sobre as concentrações de microplásticos e seus impactos no solo, de modo que, mais pesquisas neste campo podem se somar às já existentes, contribuindo com subsídios para a tomada de decisão por parte de órgãos reguladores. (CHAE *et al.*, 2018).

2. Referencial Teórico

Microplásticos

Detritos plásticos foram encontrados em linhas costeiras globalmente (BROWNE *et al.*, 2011) e em locais remotos incluindo a Antártica e o Ártico, ilhas remotas e o mar profundo (SETÄLÄ *et al.*, 2014 - TAYLOR *et al.*, 2016)). Observado pela primeira vez como um potencial problema marinho em 1971 (CARPENTER *et al.*, 1972), (BUCHANAN *et al.*, 1971), os plásticos agora constituem 70% do lixo marinho em algumas áreas (DERRAIK, 2002). Não há consenso sobre a quantidade total de plástico no oceano, embora os modelos prevejam que 4,8-12,7 milhões toneladas de plásticos são adicionadas a cada ano (JAMBECK *et al.*, 2015), com acumulação total prevista para 2025 de pelo menos 155 milhões de toneladas (IÑIGUEZ *et al.*, 2016).

Como a degradação de plásticos sintéticos pode levar de 500-1000 anos, quase todo o plástico criado na Terra ainda nela persiste, muitas vezes desgastado até microplásticos menores, partículas menores que 5 mm (COZAR

et al., 2014, ERIKSEN, *et al.*, 2014). Fontes de microplásticos incluem roupas, pneus de carro, poeira urbana e produtos de higiene pessoal (BOUCHER *et al.*, 2017), e eles são transportados por escoamento rodoviário, águas residuais, ventos e hidrovias (ERIKSEN *et al.*, 2014).

Como os microplásticos são onipresentes (BROWNE *et al.*, 2011), uma compreensão crítica de como e quando eles impactam os ecossistemas é urgentemente necessário.

Como evidência do impacto da poluição causada por microplásticos, podem ser citados estudos como os de Gaylor *et al.* (2013), que simularam a exposição de Éteres Difenílicos Polibromados (PBDE) usando como organismo teste a minhoca *Eisenia foetida* diante vários cenários de exposição (biosólidos ou espumas de poliuretano que compõem PBDEs). Observaram que estas espumas se acumularam nos organismos, evidenciando ainda que produtos químicos derivados de microplásticos podem ser transferidos para outros ambientes e organismos (CHEN *et al.*, 2013; HONG *et al.*, 2017). Huerta *et al.* (2016) expuseram minhocas *Lumbricus terrestris* a polietileno de baixa densidade (LDPE) por 60 dias, com o objetivo de investigar sua mortalidade, crescimento, formação de túneis, posição no mesocosmo e a ingestão de microplásticos durante o período de exposição aos LDPEs. Como resultado, os autores sugeriram que a saúde das minhocas foi afetada quando foram expostas a altas concentrações de microplásticos, os quais têm o potencial de serem preferencialmente retidos nas minhocas e transferidas para outros organismos no ecossistema do solo através da cadeia alimentar. Além disso os microplásticos concentrados pelas oligoquetas poderiam ser transportados para camadas mais profundas do solo e lixiviados para as águas subterrâneas. (CHAE *et al.*, 2018).

Bioindicadores

Bioindicadores são seres vivos podendo ser tanto espécies como grupos de espécies, que trabalham como indicativos biológicos da região onde estão presentes. Sua abundância, presença e condições são os principais meios de se correlacionar um fator antrópico ou um fator da natureza que possua um potencial de grande impacto (GALVÃO *et al.*, 2014).

As minhocas são a fauna dominante na maior parte dos ecossistemas terrestres e exercem um efeito favorável sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BARTLETT *et al.* 2010; EDWARDS, 2004). Devido à sua sensibilidade aos químicos tóxicos e outras únicas vantagens biológicas, as minhocas têm sido amplamente usadas como bioindicadores para a saúde do solo. No estudo da toxicologia do solo, elas foram referidas como modelos de espécies adequados ou o organismo de teste padrão por algumas organizações internacionais (ISO 1993, 1998; OECD 1984, 2004).

Entre os testes ecotoxicológicos, aqueles com minhocas como bioindicadoras constituem uma ferramenta importante na avaliação da poluição do solo. Podem ser usadas para “aviso prévio” ou “diagnóstico” desta poluição. (PAOLETTI, 1999; PAPINI, 2003; LUKKARI *et al.* 2004; VASSEUR and COSSU-

LEGUILLE 2003; VELKI and HACKENBERGER 2013; XIAO *et al.* 2006). Durante a alimentação desses animais, substâncias químicas podem ser ingeridas junto com as partículas do solo. No caso de os poluentes estarem dissolvidos no solo, as substâncias podem ser diretamente absorvidas através da cutícula desses animais. (VAMPRE, *et al.*,2010).

As minhocas têm sido amplamente utilizadas para avaliar o impacto ambiental da poluição por metais e são típicos organismos (por exemplo, o gênero *Eisenia*) utilizados em testes de toxicidade padronizados, tendo em vista sua contribuição significativa para a avaliação de risco de solos contaminados, como a estimativa de fração biodisponível e bioativa ou efeitos subletais, entre outros. Os estudos de campo envolvendo minhocas como bioindicadores ainda são escassos e são resumidos de acordo com suas principais abordagens práticas em avaliações de riscos ecológicos (Ecological Risk Assessment ou ERA): levantamentos biológicos, testes laboratoriais do solo, estudos de campo simulados e bioensaios de exposição *in situ*. Apesar do grande volume de estudos laboratoriais sobre o uso de minhocas como bioindicadores, futuras linhas de pesquisa são sugeridas, uma vez que o potencial e as limitações da inclusão de biomarcadores nos testes padronizados de toxicidade devem ser examinados sob uma bem definida relação de peso-e-eficiência. Também é necessário desenvolver diretrizes operacionais para padronizar os ensaios com minhocas bioindicadoras, uma importante etapa para a sua aplicação em um contexto regulatório (SANCHEZ-HERNANDEZ, 2006).

3. Método

3.1. Amostra

Um utensílio de polipropileno (PP) fotodegradado naturalmente foi utilizado como a amostra do experimento. A amostra passou por um moinho criogênico para obtenção de partículas na faixa de dimensão dentre os 300 e 500 micrometros caracterizados como microplástico.

3.2. Organismo Teste

O Organismo teste utilizado foi a minhoca da espécie *Eisenia andrei*. Ela foi escolhida mediante normas da OCDE TG 222 - 2015 por ser uma espécie que possui facilidade em se adaptar no ambiente onde é inserida. As minhocas

foram cultivadas em uma caixa, onde está presente um solo composto por esterco e terra vegetal.

3.3. Análise do Conteúdo Digestivo

Antes da dissecação, os organismos são eutanasiados em geladeira por 1 hora. A dissecação é realizada da seguinte forma: primeiro, faz-se um pequeno furo na região final do clitelo, no intuito de facilitar a inserção do bisturi. Feito isso, com o bisturi, faz-se uma secção no sentido vertical do final do clitelo até um pouco antes do final do corpo da minhoca. Com isso, deve-se aumentar a abertura do corte, esticando a lateral da minhoca e prendendo algumas agulhas nestas laterais, como mostra a Figura 1 abaixo.

Figura 1: Esquema de Dissecação de oligoquetas



Fonte: Pensando Ciência

Para a observação, foi utilizada uma lupa Leica S8 APO com iluminação de LED. Uma porção do conteúdo foi colocada em uma placa de vidro. Para comprovação, comparou-se o conteúdo gástrico do animal com amostras conhecidas de microplástico. Este material foi fotografado e as dimensões das partículas foram determinadas por meio do software LasV4.11, acoplado a lupa.

4. Resultados e Discussão

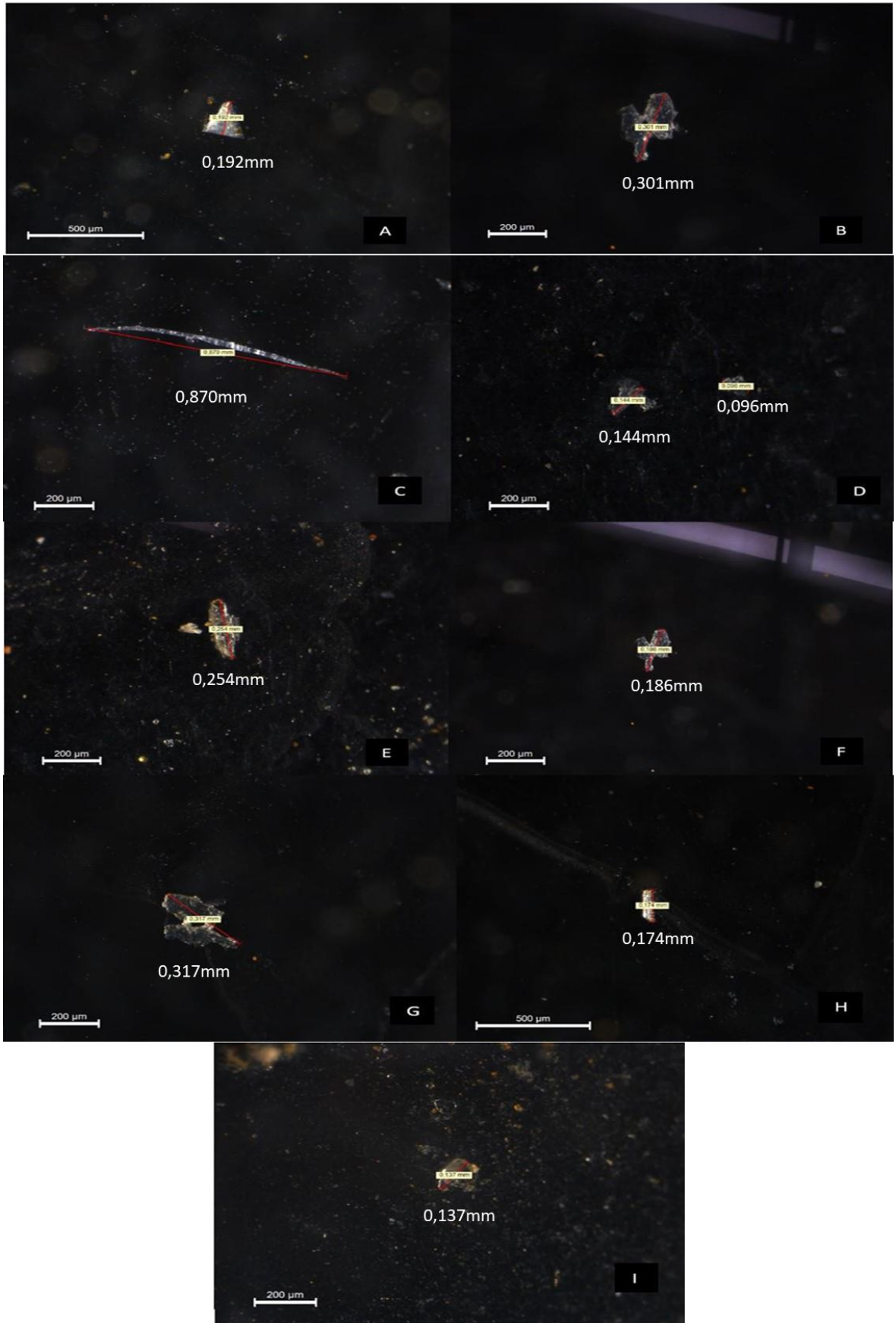
As emissões de resíduos plásticos para o meio ambiente e a consequente degradação em partículas microplásticas que têm potencial para interagir com organismos biológicos, representam uma preocupação para a sociedade global. A compreensão atual dos impactos potenciais na estabilidade da população aquática e terrestre e na estrutura e função do ecossistema associada às emissões de partículas microplásticas é limitada e insuficiente para avaliar completamente os riscos ambientais. As discussões com várias partes interessadas podem fornecer um elemento

importante para ajudar a identificar e priorizar as principais lacunas de conhecimento na avaliação de riscos potenciais (GOUIN *et al.*, 2019).

Nossos resultados, conforme as imagens obtidas, permitiram identificar a presença dos microplásticos, comprovada pela análise do aspecto e da dimensão dos fragmentos. Como se pode ver na Figura.2. A, B, C, D, E, F, G, H e I, os fragmentos encontrados no conteúdo estomacal variaram de 96 a 870 μm , semelhante aos fragmentos de microplásticos utilizados como referência (Figura 2 C e D) As características encontradas nas partículas indicam tratar-se dos microplásticos adicionados ao solo, comprovando a ingestão destes materiais por estes organismos terrestres

Trabalhos desta natureza são escassos na literatura, uma vez que a maioria dos estudos sobre os impactos de microplásticos no ambiente estão focados em organismos aquáticos (Rotjan *et al.*, 2019). Entretanto, nossos resultados de presença de microplásticos no trato digestivo das oligoquetas foram semelhantes aos de Huerta *et al* (2018), que empregou a espécie *Lumbricus terrestris*.

Figura 1 - Fragmentos de microplásticos presentes no conteúdo digestivo das minhocas utilizadas no teste. Em A: Fragmento apresentando comprimento de 0,192 mm; em B, Fragmento apresentando comprimento de 0,301 mm; em C, Fragmento apresentando comprimento de 0,870 mm; em D, Um fragmento apresentando comprimento de 0,144 mm e outro apresentando comprimento de 0,096 mm; em E, Fragmento apresentando comprimento de 0,254 mm; em F, Fragmento apresentando comprimento de 0,186 mm, em G, Fragmento apresentando comprimento de 0,317 mm, em H, Fragmento apresentando comprimento de 0,147 mm e em I, Fragmento apresentando comprimento de 0,137 mm.



Fonte: Autores

Considerações finais

A crescente preocupação com a presença e persistência de resíduos plásticos nas diferentes matrizes ambientais é evidenciada pelo volume de publicações sobre o assunto, predominantemente no meio aquático. Por outro lado, a escassez de estudos sobre os impactos da presença de microplásticos no ambiente terrestre constitui uma demanda atual e o emprego de organismos terrestres inferiores como bioindicadores das respostas dos ecossistemas são necessários.

A oligoqueta da espécie *E. andrei* se mostrou uma importante e confiável ferramenta, conforme foi demonstrado neste estudo. A partir deste dele, estudos ampliados, com novos “end points” serão possíveis.

Referências

AKHTAR, S. Food safety challenges a Pakistan's perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, n. 55, p. 219-226, 2015.

ARANCON, N. Q., EDWARDS, C. A., BIERMAN, P. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, Essex, v. 97, p. 831-840, 2006.

BARTLETT, M. D.; BRIONES, M. J. I.; NEILSON, R., SCHMIDT, O., SPURGEON, D., CREAMER, R. E. A critical review of current methods in earthworm ecology: from individuals to populations. *European Journal Of Soil Biology*, v. 46, n. 2, p. 67-73, mar. 2010.

BOUCHER, J., FRIOT, D. Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. *Lucn*, v. 1, n. 1, p. 1-46, 21 fev. 2017.

BROWNE, M., CRUMP, P., NIVEN, S. J., TEUTEN, E., TONKIN, A., GALLOWAY, T., THOMPSON, R. Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, nov. 2011.

BUCHANAN, J. B. Pollution by synthetic fibres. *Marine Pollution Bulletin*, v. 2, n. 2, p. 23-23, fev. 1971.

CARPENTER, E. J., ANDERSON, S. J., HARVEY, G. R., MIKLAS, H. P., PECK, B. B. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, v. 178, n. 4062, p. 749-750, 17 nov. 1972.

CHEN, Y., WU, C., ZHANG, H., LIN, Q., HONG, Y., LUO, Y. Empirical estimation of pollution load and contamination levels of phthalate esters in agricultural soils from plastic film mulching in China. *Environ. Earth Sci.*, v. 70, p. 239, 2013.

COZAR, A., ECHEVARRIA, F., GONZALEZ-GORDILLO, J. I., IRIGOIEN, X., UBEDA, B., HERNANDEZ-LEON, S., PALMA, A. T., NAVARRO, S., GARCIA-DE-LOMAS, J., RUIZ, A. Plastic debris in the open ocean. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, v. 111, n. 28, p. 10239-10244, 30 jun. 2014.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, v. 44, n. 9, p. 842-852, set. 2002.

EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. In: EDWARDS, C. A. *Earthworm ecology*. 2. ed. Florida: CRC Press, 2004. p. 345-379. 2004

ERIKSEN, M., LEBRETON, L. C. M., CARSON, H. S., THIEL, M., MOORE, C. J., BORRERO, J. C., GALGANI, F., RYAN, P. G., REISSER, J. Plastic Pollution in the World's Oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *Plos One*, v. 9, n. 12, p. 1-15, 10 dez. 2014.

FULLER, S., GAUTAM, A. A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction. *Environmental Science & Technology*, v. 50, n. 11, p. 5774-5780, 24 mai. 2016.

GALVÃO, M. S. V. et al. A Utilização De Bioindicadores Como Instrumento De Perícia Ambiental. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v.5, n.3, 2014

GAYLOR, M. O., HARVEY, E., HALE, R. C. Polybrominated diphenyl ether (PBDE) accumulation by earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to biosolids-, polyurethane foam microparticle-, and Penta-BDE-amended soils. *Environ. Sci. Technol.*, v. 47, p. 13831-13839, 2013.

GOUIN, T., BECKER, R. A., COLLOT, A. G., DAVIS, J. W., HOWARD, B., INAWAKA, K., LAMPI, M., RAMON, B. S., SHI, J., HOPP, P. W. Toward the Development and Application of an Environmental Risk Assessment Framework for Microplastic. **Environ Toxicol Chem**, v.38, n.10, p.2087-2100, 2019.

HONG, S. H., SHIM, W. J., HONG, L. Methods of analysing chemicals associated with microplastics: a review. *Anal. Methods*, v. 9, p. 1361-1368, 2017.

HUERTA LWANGA, E., GERTSEN, H., GOOREN, H., PETERS, P., SALÁNKI, T., VAN DER PLOEG, M., BESSELING, E., KOELMANS, A. A., GEISSEN, V., 2016. Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environ. Sci. Technol.*, v. 50, p. 2685-2691, 2016.

IÑIGUEZ, M.E., CONESA, J.A., FULLANA, A. Marine debris occurrence and treatment: a review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 64, p. 394-402, out. 2016.

JAMBECK, J. R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* n. 347, p. 768 – 771. 2015.

LI, W. et al. The identification of 'hotspots' of heavy metal pollution in soil-riparian systems at a regional scale in eastern China. *Science of the Total Environment*, v. 472, 407-420, 2014.

LIU, E. K. et al. 'White revolution' to 'white pollution' - agricultural plastic film mulch in China. *Environmental Research Letters*, v. 9, 2014.

LUKKARI, T., et al. Biomarker responses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zinc exposure: differences between populations with and without earlier metal exposure. *Environmental Pollution*, v. 129, n. 3, p. 377-386, jun. 2004.

MICÓ, C. et al. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere*, v. 65, p. 863-872, out. 2006.

NIZZETTO, L., BUSSI, G., FUTTER, M. N., BUTTERFIELD, D., WHITEHEAD, P. G. A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environ. Sci. Process Impacts*, v. 18, p. 1050-1059, 2016.

NIZZETTO, L., et al. Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? *Environmental Science & Technology*, v. 50, n. 20, p. 10777-10779, 29 set. 2016.

PAOLETTI, M.G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 74, p.137-155, 1999.

PAOLETTI, M.G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 74, p. 1-18, 1999.

PAPINI, S. Bioavaliação da degradação de agrotóxicos. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003. 86p. (Tese de Doutorado).

RILLIG, M. C. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol*, v. 46, p. 6453-6454, 2012.

ROCHMAN, C. M. et al. Scientific Evidence Supports a Ban on Microbeads. *Environmental Science & Technology*, v. 49, n. 18, p. 10759-10761, 3 set. 2015.

SANCHEZ-HERNANDEZ, J. C. Earthworm biomarkers in ecological risk assessment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 188, p. 85-126, 2006.

SCHEURER, M., BIGALKE, M. Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environ. Sci. Technol.* v. 52, p. 3591-3598, 2018.

SETÄLÄ, O., FLEMING-LEHTINEN, V., LEHTINIEMI, M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, v. 185, p. 77-83, fev. 2014.

TAYLOR, M. L., GWINNETT, C., ROBINSON, L. F., WOODALL, L. C. Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1-9, set. 2016.

VAMPRÉ, T. M., FUCCILLO, R., ANDRÉA, M. M. Oligoqueta *Eisenia andrei* como bioindicador de contaminação de solo por hexaclorobenzeno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 1, p. 59-66, fev. 2010.

VASSEUR, P., COSSU-LEGUILLE, C. Biomarkers and community indices as complementary tools for environmental safety. *Environment International*, v. 28, n. 8, p. 711-717, mar. 2003.

VELKI, M., HACKENBERGER, B. K. Biomarker responses in earthworm *Eisenia andrei* exposed to pirimiphos-methyl and deltamethrin using different toxicity tests. *Chemosphere*, v. 90, n. 3, p. 1216-1226, jan. 2013.

XIAO, N. W.; SONG, Y.; GE, F.; LIU, X. H.; OU-YANG, Z. Y. Biomarkers responses of the earthworm *Eisenia fetida* to acetochlor exposure in OECD soil. *Chemosphere*, v. 65, n. 6, p. 907-912, nov. 2006.