



BIORREMEDIAÇÃO FÚNGICA DOS MICROPLÁSTICOS NO OCEANO

Joana M. de CARVALHO¹;

RESUMO

Devido ao aumento do uso de plásticos, ocorreu uma acumulação significativa desses resíduos nos oceanos, incluindo microplásticos, que causam impactos na vida marinha e nos ecossistemas. Os microplásticos, que têm um impacto negativo significativo nos oceanos e na vida marinha, são gerados pela degradação incompleta de plásticos maiores e são amplamente nocivos. A biorremediação fúngica, uma solução promissora, aproveita a capacidade dos fungos de degradar plásticos complexos, enfatizando as enzimas do processo, embora sua eficácia em ambientes marinhos reais precise ser mais bem compreendida e aprimorada. Este trabalho destaca a necessidade contínua de explorar essa abordagem para proteger os ecossistemas oceânicos.

Palavras-chave: Plásticos; Contaminação; Poluição; Ambiente marinho; Fungos.

1. INTRODUÇÃO

O uso dos plásticos de forma generalizada só ocorreu após o fim da Segunda Guerra Mundial (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017), iniciando a chamada Era do plástico (NAPPER; THOMPSON, 2020). Largamente utilizado em forma de descartáveis, apesar de seus benefícios e funcionalidades, compõe a maior parte dos resíduos sólidos gerados pelo homem (NAPPER; THOMPSON, 2020) resultando em acúmulos em diversos ambientes, incluindo o ambiente marinho. Sendo a presença inerente do plástico no oceano observada pela Mancha de Lixo do Pacífico, que forma uma ilha de resíduos no mar, de forma superficial e se estendendo às profundezas (LEBRETON *et al.*, 2018).

A degradação natural dos plásticos, pela ação do calor, luz e outros fatores, é incompleta e/ou insuficiente, e gera no ambiente os chamados microplásticos (RILLING; INGRAFFIA; de SOUZA MACHADO, 2017), caracterizados por um tamanho menor que 5 mm em diâmetro (NAPPER; THOMPSON, 2020).

Além disso, essas micropartículas podem ser geradas a partir de rasgos e quebras de pedaços maiores como a partir de resíduos de processos produtivos (PENG; FU; QI, 2019). Amplamente nocivos ao ambiente marinho, já são notadas as suas problemáticas, pela facilidade de transferência entre ambientes, a capacidade de induzir danos nos órgãos, tecidos e moléculas do sistema digestivo de animais, e inclusive podendo migrar para outras regiões do corpo (PENG; FU; QI, 2019).

Diante da problemática global, surgem diversas discussões e propostas de soluções, desde a redução do uso de plásticos até maneiras de diminuir os impactos já existentes. Nesse sentido, a procura por soluções sustentáveis e ecologicamente responsáveis permite dar destaque à

¹Discente do curso de Engenharia Ambiental, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: joanamdc15@hotmail.com

biorremediação fúngica. Isso por se tratar de processo que usa os microrganismos, os fungos, que possuem versatilidade metabólica e capacidade de degradar compostos complexos (ZEGHAL *et al.*, 2021) e transformá-los em compostos menos nocivos ou biodegradáveis.

Assim, este estudo propõe expor os impactos dos microplásticos nos ambientes marinhos, enquanto explora e discute as perspectivas da biorremediação fúngica como uma estratégia eficaz para enfrentar essa questão dos microplásticos nos ambientes marinhos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão sistemática foi realizada na base de dados on-line da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Como critério de seleção de dados dentro do universo amostral, foram consideradas as seguintes palavras-chaves para a pesquisa: “Oceano, meio ambiente marinho, poluição, microplásticos, nanoplásticos, fungos”, e, também em inglês: “Ocean, marine environment, pollution, microplastics, nanoplastics, fungi”, e para que houvesse mais eficiência dos resultados foram utilizados operadores booleanos de pesquisa.

Para a construção deste trabalho foram levados em conta artigos publicados no período de 2012 a 2023 que continham qualquer uma dessas expressões em seu título, resumo ou palavras-chaves, identificados e armazenados. Dessa forma, apenas um restrito número de artigos selecionados foram utilizados como fonte de conteúdo para a construção deste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os microplásticos podem se associar a diferentes níveis da cadeia alimentar e afetar até mesmo a própria reprodução, como a de mamíferos e espécies aquáticas não mamíferas (MATHIEU-DEONCOURT *et al.*, 2015), impactando todo o ecossistema em que vivem (VANDERMEERSCH *et al.*, 2015) e ameaçando a saúde da vida nos oceanos.

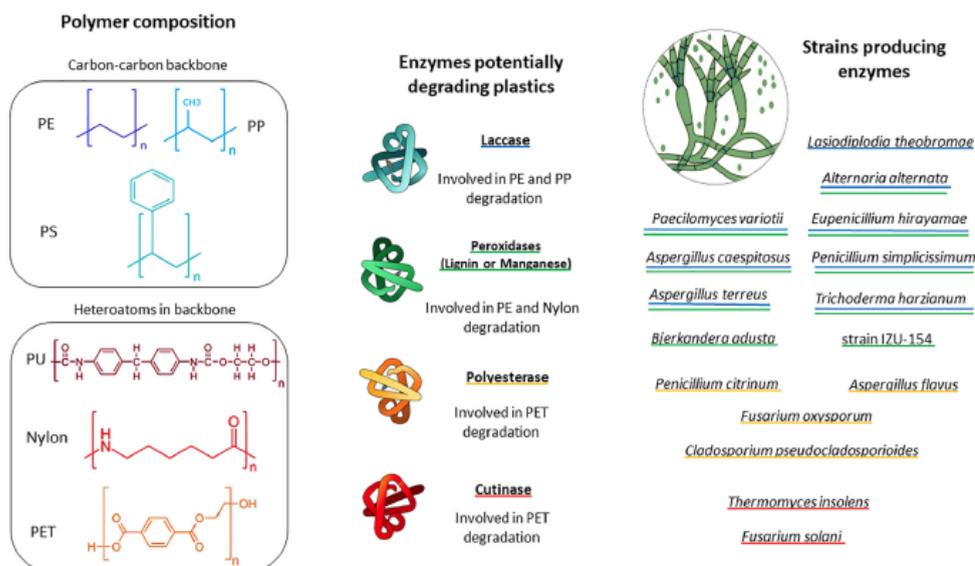
Nesse âmbito, a biorremediação atua como uma solução biotecnológica, tratando-se da degradação de um composto realizada por um organismo vivo (ZEGHAL *et al.*, 2021). Assim, se discute a habilidade de alguns fungos secretar enzimas para decompor a estrutura do plástico em pedaços menores (ZEGHAL *et al.*, 2021), que podem ser mais facilmente absorvidos e metabolizados, conferindo a eles uma vantagem na degradação desses materiais.

Na habilidade de degradação dos plásticos, há alguns fungos notáveis para essa atividade; destacam-se *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (ZEGHAL *et al.*, 2021). Esses fungos têm demonstrado notável eficiência na degradação de polímeros mais resistentes, como Nylon e Polipropileno, devido à sua capacidade de produção de enzimas como a lignina peroxidase, manganês peroxidase e lacase. Além de possuírem uma grande variabilidade metabólica, que permite ao fungo se ajustar às condições ambientais, como à salinidade em ambientes marinhos e o

uso dos plásticos como fonte de nutrientes (WANG *et al.* 2016).

As enzimas como a Lignina peroxidase, Manganês peroxidase e a Lacase são comumente associadas na degradação da Lignina (XU *et al.*, 2012). No entanto, há estudos promissores sobre a possibilidade dessas enzimas desempenharem papel na degradação dos plásticos no oceano (ZEGHAL *et al.*, 2021). Para permitir uma compreensão visual mais clara, a Figura 1 ilustra os fungos e as enzimas que eles produzem, as enzimas com potencial de degradação dos plásticos, bem como a composição de certos polímeros.

Figura 1. Esquema de grupos de fungos e enzimas potenciais na degradação do plástico. Fonte: Zeghal, *et al.*, 2021.



Tais dados, coletados a partir de experimentos laboratoriais para selecionar fungos e configurar ambientes de isolamento, demonstraram o potencial de degradação dos microplásticos por diferentes microorganismos, mas pouco se sabe ainda dessa efetividade no ambiente marinho.

A condução de experimentos são com a finalidade de comparar e certificar o processo, dessa forma, são escolhidas e realizadas metodologias de análises. Uma metodologia de experimento proposta por Samat, Carter e Abbas (2023) efetuou o pré-tratamento das amostras, posteriormente para o período de incubação as condições foram de controles abióticos, bióticos e de experimentação. Os métodos de análise da degradação do plástico realizadas não são focados somente no ambiente marinho (ZEGHAL *et al.*, 2021), e comumente são utilizadas medições gravimétricas do crescimento, microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e outros métodos.

Diversas cepas fúngicas foram consideradas, a partir de estudos, promissoras para se instalarem nos plásticos e promover sua biodegradação (ZEGHAL *et al.*, 2021). O estudo promovido por Paço *et al.* (2017) mostra a eficiência do *Zalerion maritimum*, fungo presente em costas marinhas, avaliação verificada por meio dos testes de FTIR e microscopia óptica. No entanto, levanta-se a necessidade de vincular os resultados obtidos laboratorialmente aos cenários reais e

melhorias nos métodos de avaliação (PICARDO; RENZI; TERLIZZI, 2020), para que haja uma aplicabilidade efetiva para essa problemática.

4. CONCLUSÃO

Diante das pesquisas científicas analisadas, este trabalho revelou a crescente ameaça dos microplásticos nos ambientes marinhos e destacou a promissora estratégia da biorremediação fúngica como uma solução para mitigar esse problema. A atual proliferação de plásticos, resulta em microplásticos que impactam negativamente os oceanos e a vida marinha. Embora os estudos laboratoriais tenham demonstrado o potencial dos fungos na degradação desses materiais, é imperativo continuar pesquisando e adaptando essa abordagem para o ambiente marinho real, a fim de proteger os ecossistemas oceânicos.

REFERÊNCIAS

- GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, 19 jul. 2017.
- LEBRETON, L. et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 22 mar. 2018.
- MATHIEU-DENONCOURT, J. et al. Plasticizer endocrine disruption: Highlighting developmental and reproductive effects in mammals and non-mammalian aquatic species. **General and Comparative Endocrinology**, v. 219, p. 74–88, ago. 2015.
- NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Plastic Debris in the Marine Environment: History and Future Challenges. **Global Challenges**, v. 4, n. 6, 6 abr. 2020.
- PAÇO, A. et al. Biodegradation of polyethylene microplastics by the marine fungus *Zalerion maritimum*. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 10–15, maio 2017.
- PENG, L. ; FU, D. ; QI, H; et al. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats — A review. **Science of The Total Environment**, v. 698, 2019.
- PICCARDO, M.; RENZI, M.; TERLIZZI, A. Nanoplastics in the oceans: Theory, experimental evidence and real world. **Marine Pollution Bulletin**, v. 157, ago. 2020.
- RILLIG, M. C.; INGRAFFIA, R.; DE SOUZA MACHADO, A. A. Microplastic Incorporation into Soil in Agroecosystems. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 18 out. 2017.
- SAMAT, A. F.; CARTER, D.; ABBAS, A. Biodeterioration of pre-treated polypropylene by *Aspergillus terreus* and *Engyodontium album*. **Npj Materials Degradation**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 14 abr. 2023.
- VANDERMEERSCH, G. et al. Environmental contaminants of emerging concern in seafood – European database on contaminant levels. **Environmental Research**, v. 143, p. 29–45, nov. 2015.
- WANG, Y. et al. Growth of marine fungi on polymeric substrates. **BMC Biotechnology**, v. 16, n. 1, 16 jan. 2016.
- XU, J. Z. et al. The relationship between lignin peroxidase and manganese peroxidase production capacities and cultivation periods of mushrooms. **Microbial Biotechnology**, v. 6, n. 3, p. 241–247, 11 set. 2012.
- ZEGHAL, E. et al. The Potential Role of Marine Fungi in Plastic Degradation – A Review. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 29 nov. 2021.