Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

AVALIAÇÃO DA PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA (LPO) COMO BIOMARCADOR DE ESTRESSE OXIDATIVO EM *UCIDES CORDATUS* EXPOSTOS A MICROFIBRAS SINTÉTICAS E NATURAIS

ASSESSMENT OF LIPID PEROXIDATION (LPO) AS A BIOMARKER OF OXIDATIVE STRESS IN *UCIDES CORDATUS* EXPOSED TO SYNTHETIC AND NATURAL MICROFIBERS

Ana Beatriz Santos Passarelli, Júlia Lino Duz, Paloma Kachel Gusso-Choueri
Laboratório de Ecotoxicologia, Universidade Santa Cecília, Curso de Ciências Biológicas
E-mail para contato: anabeatriz170204@gmail.com

RESUMO – A indústria têxtil ampliou a produção em larga escala e deu origem ao modelo fast-fashion, caracterizado por ciclos rápidos de consumo e descarte. Durante as lavagens, as peças de baixa durabilidade geram microfibras (MFs) poluentes, essas MFs não são retidas em estações de tratamento e contaminam ambientes aquáticos, afetando a fauna marinha. Nesse estudo o caranguejo Ucides cordatus, um bioindicador, é usado para uma análise que contribui para a preservação dos ecossistemas. O objetivo desse projeto foi analisar o estresse oxidativo através da análise da LPO (peroxidação lipídica) sobre a hemolinfa da espécie de crustáceo escolhida após a exposição às microfibras têxteis, de algodão e de poliéster, em diferentes concentrações, priorizando a pesquisa minimamente invasiva. A hipótese é que microfibras de poliéster causam maior estresse oxidativo em Ucides cordatus do que as de algodão, devido aos aditivos dos tecidos sintéticos. Espera-se também uma resposta mais intensa conforme o aumento das concentrações de fibras (dose-resposta). Para esse estudo, Ucides cordatus foram expostos por 30 dias a microfibras de poliéster e algodão em três tratamentos. Foram distribuídos 6 organismos em cada aquário, sendo 5 aquários para controle isento de contaminação, 5 com concentração nominal de 0,0001g/L e o restante de 0,1g/L. Foram alimentados com Rhizophora mangle e submetidos a coletas em seis tempos, T0, T3, T7, T15, T22 e T30. Ao final de cada tempo experimental, os organismos foram sedados em gelo e amostras de hemolinfa foram coletadas para a análise dos biomarcadores. Os dados foram normalizados por proteínas totais e avaliados estatisticamente por testes de normalidade e homoscedasticidade por meio do teste de Shapiro-Wilk,. Para compreensão mais detalhada dos resultados, foi realizada uma análise permutacional através de PERMANOVA para serem testadas as diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os resultados indicaram que os fatores concentração, tempo de exposição e tipo de microfibra diferem significativamente, para a microfibra de algodão, os organismos expostos durante os tempos 15, 22 e 30 demonstraram maior estresse oxidativo que os organismos que estiveram menos tempo em contato com as microfibras. Os maiores tempos são significativamente diferentes dos menores, que não apresentaram estresse oxidativo. Para a microfibra de poliéster houve um efeito mais crônico e persistente. O tratamento controle diferiu significativamente das duas concentrações testadas (0,0001g/L e 0,1g/L), indicando que mesmo baixas concentrações podem induzir peroxidação lipídica. Sendo assim, foi possível observar uma resposta oxidativa na hemolinfa de U. cordatus expostos tanto as microfibras

ISSN 2317-1316

naturais quanto as de origem sintética. O resultado mostrou-se significativo e preocupante, pois os efeitos causados pelas microfibras podem apresentar um problema não só para a espécie estudada como também para seus consumidores, afetando também os seres humanos após o consumo de organismos contaminados com microfribrasas. A indústria de fast-fashion só tende a crescer nos próximos anos, então a tendência é que o registro de microfibras aumente cada vez mais. Serão necessários novos estudos sobre esse nocivo contaminante, principalmente ensaios de maior duração, pois seus danos aparentam aumentar gradualmente conforme o tempo de contaminação.

Palavras-chave: Microfibras, *Ucides cordatus*, *Fast-Fashion*, Peroxidação lipídica, Estresse oxidativo.

ABSTRACT – The textile industry has expanded large-scale production and given rise to the fast-fashion model, characterized by rapid cycles of consumption and disposal. During washing, low-durability garments generate polluting microfibers (MFs); these MFs are not retained by wastewater treatment plants and contaminate aquatic environments, affecting marine fauna. In this study, the crab Ucides cordatus, a bioindicator, is used for an analysis that contributes to the preservation of ecosystems. The objective of this project was to analyze oxidative stress through the analysis of LPO (lipid peroxidation) in the hemolymph of the selected crustacean species after exposure to textile microfibers, cotton and polyester, at different concentrations, prioritizing minimally invasive research. The hypothesis is that polyester microfibers cause greater oxidative stress in Ucides cordatus than cotton microfibers due to additives present in synthetic fabrics. A more intense response is also expected with increasing fiber concentrations (dose-response). For this study, Ucides cordatus were exposed for 30 days to polyester and cotton microfibers in three treatments. Six organisms were distributed in each aquarium, with 5 aquaria for the contamination-free control, 5 with a nominal concentration of 0.0001 g/L, and the remainder with 0.1 g/L. They were fed with Rhizophora mangle and subjected to sampling at six time points: T0, T3, T7, T15, T22, and T30. At the end of each experimental time point, the organisms were sedated on ice, and hemolymph samples were collected for biomarker analysis. The data were normalized to total protein concentrations and statistically evaluated using tests of normality and homoscedasticity through the Shapiro-Wilk test. For a more detailed understanding of the results, a permutational analysis was performed using PERMANOVA to test for statistical differences among the treatments. The results indicated that the factors concentration, exposure time, and microfiber type differed significantly. For cotton microfibers, organisms exposed for 15, 22, and 30 days demonstrated greater oxidative stress than organisms that had been in contact with the microfibers for shorter periods. The longest exposure times were significantly different from the shortest ones, which did not exhibit oxidative stress. For polyester microfibers, a more chronic and persistent effect was observed. The control treatment differed significantly from the two concentrations tested (0.0001 g/L and 0.1 g/L), indicating that even low concentrations may induce lipid peroxidation. Therefore, it was possible to observe an oxidative response in the hemolymph of U. cordatus exposed to both natural and synthetic microfibers. The result was significant and concerning, as the effects caused by microfibers may pose a problem not only for the species studied but also for its consumers, with humans being one of the main ones. The fast-fashion industry is only

ISSN 2317-1316

expected to grow in the coming years, so the trend is for the occurrence of microfibers to increase progressively. Further studies on this harmful contaminant will be necessary, particularly longer-term assays, as its effects appear to gradually increase with the duration of contamination.

Keywords: Microfiber, *Ucides Cordatus, Fast-Fashion, Lipid Peroxidation, Oxidative Stress*

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é uma das principais industriais em inovações tecnológicas e organizacionais, exercendo um papel fundamental nas produções de larga escala de seus produtos, configurando transformações profundas nos modelos de trabalho, nas relações sociais e na estrutura econômica da sociedade (Hobsbawm, 2003; Rocha et al., 2020). A implementação de equipamentos, juntamente com a intensificação do uso de fontes de energia, possibilitou um crescimento significativo na produtividade e na eficácia dos processos industriais (Hobsbawm, 2003; Santos e Araújo, 2018; Lima et al., 2019). O ritmo acelerado veio acompanhado da ampliação do mercado consumidor, impulsionada tanto pelo aumento da população quanto pela intensificação das atividades comerciais, consolidando uma relação entre oferta e demanda e o nascimento do *fast fashion,* onde possibilitou às lojas disponibilizarem novidades semanalmente, entretudo com baixa qualidade (Colombo et al., 2008; Haciola e Atilgan, 2014; Roozen e Raedts, 2020; de Gregori e Maier,2023; Shimamura e De Fátima Sanches, 2013).

Esses têxteis de fácil degradação, apresentam uma tendência à liberação de microfibras (MFs), (Suaria et al.,2020; Singh et al., 2020; Mateos-Cárdenas et al., 2021), já sendo estimado que a cada 6 kg de roupas lavadas, é lançado 700.000 fibras de tecidos de acrílico, 500.000 fibras de poliéster e 140.000 de fibra de tecidos misto (50%poliéster e 50% algodão) (Mateos-Cárdenas et al., 2021). Devido ao seu tamanho microscópico, essas MF muitas vezes não são captadas pelos sistemas tradicionais de tratamento de efluentes. . A presença dessas MFs contribui de forma significativa para a poluição marinha, podendo representar risco à biota (Mesacasa et al., 2023). As microfibras podem ser divididas em dois grupos principais: sintéticas e naturais (Liu et al., 2022). As microfibras sintéticas têm origem em polímeros derivados do petróleo, como poliéster, nylon, acrílico e elastano, sendo altamente persistentes no meio ambiente devido à sua baixa capacidade de biodegradação (Singh et al., 2020). Por sua vez, as microfibras naturais são provenientes de materiais como algodão, lã, seda e outras fibras

ISSN 2317-1316

de origem vegetal ou animal e, embora sejam consideradas biodegradáveis, durante sua fabricação é incorporada diversos aditivos químicos que alteram sua estrutura e podem gerar impactos ambientais, (Rodrigues Maia et al., 2021).

Esses poluentes podem estimular os organismos a gerarem respostas subletais e uma série de efeitos adversos (Xu et al., 2021; Zambrano, 2019; Jeyavani et al., 2022; De Oliveira et al., 2026; De Oliveira et al., 2026), que são possíveis de identificação e quantificação por meio da utilização de ensaios experimentais conhecidos como biomarcadores (Amiard-Triquet, 2013). A peroxidação lipídica (LPO) é um processo oxidativo que afeta os lipídios presentes nas membranas celulares, especialmente os ácidos graxos poli-insaturados, promovidos pela ação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Ayala et al., 2014). O LPO está associado a diversas condições patológicas, por isso, sua detecção é frequentemente utilizada como biomarcador de estresse oxidativo em estudos ecotoxicológicos (Guéraud et al., 2010). Esse projeto utiliza o LPO para uma análise através da hemolinfa, considerada minimamente invasiva, sendo retirada sem que gere a morte dos organismos coletados.

A hemolinfa faz parte do sistema circulatório dos invertebrados e possui hemocianina, uma proteína a base de cobre, servindo como transporte de nutrientes, hormônios, resíduos metabólicos e participa do sistema imunológico ajudando na defesa (Fredrick & Ravichandran, 2012; Da Silva et al., 2022). Avaliar a hemolinfa dos invertebrados em zonas costeiras aquáticas ajuda a visualizar uma parte dos efeitos pré-patogênicos e condições de saúde desses organismos (Nobre et al., 2024).

A espécie de caranguejo *Ucides cordatus*, conhecido popularmente como caranguejo-uçá, é considerada uma espécie sentinela de qualidade de manguezais, tanto por acumular contaminantes em seus tecidos como também por apresentar efeitos subletais (dose-resposta) à exposição (Duarte et al., 2016, 2017, 2019, 2020). Parte-se da hipótese de que a exposição a microfibras de poliéster terá um estresse oxidativo maior na espécie de caranguejo *Ucides cordatus* em comparação com a exposição a microfibras de algodão, devido aos aditivos e agentes utilizados na produção de tecidos sintéticos. Além disso, espera-se que a espécie sentinela apresente maior estresse em função das concentrações de fibras (dose-resposta).O objetivo do presente estudo é avaliar o estresse oxidativo, através da análise da LPO (peroxidação lipídica), na hemolinfa de indivíduos de *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá)expostos a diferentes concentrações de microfibras têxteis de algodão e de poliéster.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

ISSN 2317-1316

Para a realização do experimento, indivíduos da espécie *Ucides cordatus* foram coletados por catadores autorizados na Estação Ecológica Juréia-Itatins, localizada no litoral sul do estado de São Paulo. Após a captura, os animais foram transportados para o Laboratório de Ecotoxicologia da UNISANTA e aclimatados durante 15 dias. Durante todo o período experimental, os caranguejos foram alimentados com folhas de *Rhizophora mangle*..

.Para cada experimento (algodão e poliéster), 30 organismos foram distribuídos aleatoriamente em 15 aquários, com capacidade de 10 litros de água salgada (salinidade 25). Cada aquário recebeu 6 caranguejos. Os tanques foram organizados no laboratório em ordem aleatória, com 5 réplicas por tratamento, sendo: 1) Controle – água isenta de contaminantes; 2) Concentração nominal de 0,0001 g/L; e 3) Concentração nominal de 0,1 g/L.

Durante os 30 dias de exposição, foram realizadas seis coletas de amostras para análise de LPO nos seguintes tempos: T0 (início), T3 (3 dias), T7 (7 dias), T15 (15 dias), T22 (22 dias) e T30 (30 dias). Os parâmetros físico-químicos da água (pH, salinidade, oxigênio dissolvido e amônia) foram monitorados durante todo o experimento. O ciclo de luz foi mantido em 12 horas claro / 12 horas escuro, com temperatura constante de 23 ± 1°C.

A peroxidação lipídica foi conduzida por meio do método do ácido tiobarbitúrico, conforme descrito por Wills (1987). As análises foram realizadas por espectrofluorimetria, utilizando-se comprimento de onda de excitação de 516 nm e emissão de 600 nm. As soluções padrão de branco e tetrametoxipropano foram preparadas na solução de homogeneização utilizada para os tecidos. Os resultados obtidos foram expressos em micromoles de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (µM TBARs) por miligrama de proteína (mg^{-1} de proteínas). Essas análises foram normalizadas pela concentração de proteínas totais, de acordo com o protocolo de Bradford (1976) utilizando uma curva de calibração de Albumina Soro Bovino (BSA), com leitura realizada em absorbância a 595nm. Os resultados foram expressos em $mg.ml^{-1}$.

Para a análise dos resultados, a normalidade e a homocedasticidade dos dados foram avaliados por meio do teste de Shapiro-Wilk. A significância da diferença entre os tratamentos foi avaliada por meio da Análise de Variância Permutacional univariada de três fatores (PERMANOVA “main test”), considerados três fatores fixos: 1) Tempo (T3, T7, T15, T22 e T30); 2) Concentração (0,0001g/L e 0,1g/L); 3) Tipo (algodão e poliéster). Quando o teste principal apresentou resultado significativo ($p < 0,05$) foi aplicado o teste pareados (PAIRWISE-TEST) para identificar quais níveis diferem entre si. A homogeneidade das

ISSN 2317-1316

variâncias foi analisada utilizando PERMIDISP ($p > 0,05$).. Para as análises foi utilizado o software PRIMER 6.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística revelou diferenças significativas entre todos os fatores avaliados (tempo, concentração e tipo) (Tabela 1). Para os organismos expostos às microfibras de algodão, o teste de comparações pareadas indicou que o tempo de exposição de 22 dias diferiu significativamente dos demais períodos. Embora esse resultado possa sugerir um efeito agudo nesse intervalo, a elevada mortalidade observada durante o experimento reduziu o número de organismos disponíveis nos períodos mais longos, o que pode ter influenciado as diferenças encontradas. Portanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela, considerando o efeito da mortalidade sobre as comparações entre os tempos de exposição

***Tabela 1**: PERMANOVA / PAIRWISE*

Main test	df	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Tipo	**1**	**66,11**	**48,59**	**0,001**	995
Concentração	**2**	**35,42**	**26,04**	**0,001**	999
Tempo	**4**	**58,44**	**42,96**	**0,001**	998
Tipo vs. Concentração	**2**	**29,73**	**21,86**	**0,001**	999
Tipo vs. Tempo	**4**	**77,52**	**56,98**	**0,001**	998
Concentração vs. Tempo	**8**	**20,03**	**14,72**	**0,001**	999
Tipo vs. Concentração vs. Tempo	**7**	**20,03**	**14,72**	**0,001**	999

Com relação aos resultados frente a exposição às microfibras de poliéster observa-se um efeito mais crônico e persistente. Ao analisar a média dos valores de TBARS obtidos por LPO na hemolinfa em função das concentrações, tipo de fibra e do tempo de exposição, é possível observar que o controle difere significativamente das duas concentrações, 0,0001 g/L e 0,1 g/L indicando que mesmo baixas concentrações de microfibras são capazes de induzir peroxidação lipídica (Figura 1). Para os tratamentos com microfibras de algodão, observa-se um aumento da resposta oxidativa em relação ao tempo, sendo que T15, T22 e T30 apresentam valores maiores que nos tempos iniciais (T3, T7), também se observa uma maior resposta biológica frente ao aumento da concentração testada. As microfibras de algodão causaram uma mortalidade de 100% na maior concentração (0,1 g/L) para os organismos expostos a 30 dias, essa mortalidade pode estar associada a obstrução intestinal, ou ao acúmulo de fibras na região

ISSN 2317-1316

branquial, o que pode ter comprometido as trocas gasosas e, consequentemente, a função respiratória do organismo (Watts et al., 2015; Watts et al., 2016; Kim et al., 2021; D'Costa, 2022; Mai et al., 2023).

Apesar da mortalidade observada na microfibra de algodão, é importante ressaltar que as microfibras de poliéster, ainda assim, induziram maior estresse oxidativo do que as fibras de algodão, o que sugere que os mecanismos de toxicidade dessas duas fibras podem atuar por vias distintas. A taxa de sobreviência na maior concentração (0,1 g/L) de poliéster foi de 93,33% ao fim da exposição de 30 dias. Essa diferença entre os dois contaminantes pode estar relacionada aos diversos processos industriais que componentes plásticos passam, os quais podem ser lixiviados ao longo da exposição e intensificar a produção de ERO (Das., 2023; Cheng et al., 2024; Kovacs et al., 2025). Esse contraste indica que a ausência de mortalidade não indica uma ausência de efeitos biológicos.

Para os organismos expostos às microfibras de poliéster (Figura 12), o efeito sobre o estresse oxidativo apresentou um padrão mais consistente em relação ao tempo de exposição e às concentrações testadas. Esses resultados sugerem que o poliéster pode apresentar maior potencial de indução de estresse oxidativo em comparação ao algodão. No T15, foi observada uma redução nos resultados de LPO, possivelmente em decorrência da ativação das defesas antioxidantes, que podem ter contribuído para a contenção desses danos. Entretanto, no T30, a volta da elevação destes valores sugere que a capacidade de resposta antioxidante pode ter sido insuficiente para impedir a progressão dos danos oxidativos.

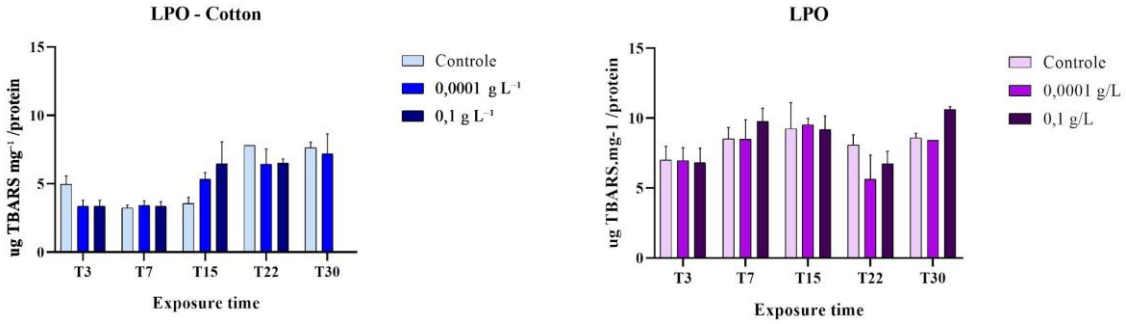
Os resultados do presente estudo mostraram que o tipo de microfibra, tempo de exposição e a concentração proferida interferem nos efeitos nos organismos.A toxicidade das microfibras derivadas de plásticos podem estar associadas tanto à sua composição química quanto às suas propriedades físico-químicas (Zhang et al., 2024). Embora já existam estudos sobre os impactos dos microplásticos como alterações fisiológicas, reprodutivas e comportamentais (Mazzoni et al., 2024; Lucio et al., 2019) em diversas espécies aquáticas como peixes, bivalves e invertebrados (Naidoo e Glassom, 2019; Besseling et al., 2014; Leung et al., 2021; de Oliveira et al., 2026), ainda assim são poucas informações sobre os efeitos das microfibras de poliéster, especialmente a longo prazo.

De Oliveira Santos et al. (2026) observaram um aumento na peroxidação lipídica em uma espécie de bivalve exposta a microfibras de poliéster e algodão durante 21 dias. Esse resultado sugere que a exposição às microfibras pode induzir a produção de espécies reativas

ISSN 2317-1316

de oxigênio (ERO), cujo aumento, quando supera a capacidade antioxidante dos organismos, pode levar ao estabelecimento do estresse oxidativo e ao ataque às estruturas lipídicas das membranas celulares, desencadeando a peroxidação lipídica. Dessa forma, o aumento da LPO pode representar uma resposta bioquímica decorrente do desequilíbrio oxidativo induzido pela exposição às microfibras, potencialmente observável em diferentes grupos taxonômicos (Kadac-Czapska et al., 2024; Alexandrova et al., 2025).

Figura 1*:Média dos valores de TBARS com as microfibras de algodão (azul) e poliéster (roxo) encontradas nas hemolinfas do caranguejo-uçá (Ucides cordatus) em diferentes concentrações, controle, 0,0001g/L e 0,1g/L.*



Os resultados deste estudo demonstraram efeitos oxidativos em ambas as microfibras testadas (algodão e poliéster) na menor concentração testada (0,0001 g/L) esta concentração representa uma concentração já encontradas no ambiente, e consequentemente os organismos já estão expostas a ela (Dos Santos et al., 2024). Do ponto de vista ecológico, essa resposta é relevante, considerando que as microfibras são continuamente introduzidas nos sistemas aquáticos e podem interagir com diferentes organismos. A hemolinfa mostrou-se uma matriz eficiente para detectar tanto a contaminação quanto os efeitos biológicos, reforçando seu potencial como ferramenta de monitoramento de efeitos de microfibras envolvendo técnicas não letais (Ramos et al., 2016).

É importante destacar que o estudo de organismos com potencial de consumo humano e relevância comercial também apresenta implicações para a saúde das comunidades ribeirinhas que dependem da pesca como fonte de alimento e subsistência. A contaminação desses organismos pode representar uma via de exposição a contaminantes para as populações consumidoras, especialmente quando esses riscos não são facilmente identificados ou

ISSN 2317-1316

percebidos. Dessa forma, compreender os efeitos da exposição às microfibras nesses organismos contribui não apenas para a avaliação dos impactos ecológicos, mas também para a identificação de possíveis riscos associados ao consumo de espécies contaminadas.

4 CONCLUSÃO

Foi possível observar alterações associadas ao estresse oxidativo em *Ucides cordatus* expostos tanto às microfibras naturais quanto às sintéticas, evidenciadas pela análise da peroxidação lipídica (LPO) na hemolinfa. A resposta observada foi significativa e demonstra que a exposição às microfibras pode provocar alterações bioquímicas relevantes nessa espécie. Do ponto de vista ecológico, esses resultados são particularmente importantes diante da ampla ocorrência e distribuição das microfibras nos ambientes aquáticos, uma vez que esses contaminantes podem afetar diferentes organismos e níveis tróficos, incluindo espécies de interesse comercial e utilizadas para consumo humano.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Não foram utilizadas ferramentas de IA no desenvolvimento deste artigo.

6 REFERÊNCIAS.

ALEXANDROVA, A., MIHOVA, S., TSVETANOVA, E., ANDREEVA, M., PRAMATAROV, G., … & IVANOVA, P. (2025). Microplastic Bioaccumulation and Oxidative Stress in Key Species of the Bulgarian Black Sea: Ecosystem Risk Early Warning. Microplastics, 4(3), 50.

AMIARD-TRIQUET, C.; COSSU-LEGUILLE, C.; MOUNEYRAC, C. (2013). Biomarkers of defense, tolerance and ecological consequences. In: AMIARD-TRIQUET, C.; AMIARD, J.C. & RAINBOW, P.S. (ed.). Ecological Biomarkers. CRC Press / Taylor & Francis Group, 450p.

ANTÒNIA SOLOMANDO; XAVIER CAPÓ; CARME ALOMAR; MONTSERRAT COMPA; JOSÉ MARIA VALENCIA; ANTONI SUREDA; SALUD DEUDERO (2021). Assessment of the effect of long-term exposure to microplastics and depuration period in Sparus aurata Linnaeus, 1758: Liver and blood biomarkers, Science of The Total Environment, Volume 786, 2021, 147479, ISSN 0048-9697, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147479.

A.S. RAMOS, S.C. ANTUNES, B. NUNES (2016). Biomonitoring of environmental stress in Pollicipes pollicipes from the northern coast of Portugal: a non-destructive approach using haemolymph, Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 126, Pages 1-13, ISSN 0147-6513, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.008.

AYALA, ANTONIO, MUÑOZ, MARIO F., ARGÜELLES, SANDRO, (2014). Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal, Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2014, 360438, 31 pages. doi.org/10.1155/2014/360438

ISSN 2317-1316

BESSELING, ELLEN; WANG, BO; LURLING, MIQUEL; KOELMANS, ALBERT (2014). Nanoplastic Affects Growth of S. obliquus and Reproduction of D. magna. Environmental science & technology. 48. 12336-12343. 10.1021/es503001d.

BRADFORD, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72, 248-254.CHENG, S., YOSHIKAWA, K., & CROSS, J. S. (2024). Influence of synthetic and natural microfibers on the growth, substance exchange, energy accumulation, and oxidative stress of field-collected microalgae compared with microplastic fragment. Science of the Total Environment, 908, 167936.

COLOMBO, LUCIANE OZELAME RIBAS; FAVOTO, THAIS BRANDT; DO CARMO, SIDNEY NASCIMENTO (2008). A evolução da sociedade de consumo. Akrópolis: Revista de Ciências Humanas da UNIPAR, v. 16, n. 3.

DAS, A. (2023). The emerging role of microplastics in systemic toxicity: Involvement of reactive oxygen species (ROS). Science of The Total Environment, 895, 165076.

DA SILVA, L. F., NOBRE, C. R., MORENO, B. B., PEREIRA, C. D. S., DE SOUZA ABESSA, D. M., CHOUERI, R. B., ... & CESAR, A. (2022). Non-destructive biomarkers can reveal effects of the association of microplastics and pharmaceuticals or personal care products. Marine pollution bulletin, 177, 113469. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113469.

D'COSTA, A. H. (2022). Microplastics in decapod crustaceans: Accumulation, toxicity and impacts, a review. Science of the total environment, 832, 154963. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154963

DE GREGORI, ISABEL CHRISTINE SILVA; MAIER, JACKELINE PRESTES (2023). O modelo de produção fast fashion na ótica da sustentabilidade. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v. 20, p. e202414.

DE OLIVEIRA SANTOS, L. A., DA SILVA, L. F., DO NASCIMENTO GONÇALVES, A. R., DUZ, J. L., CARDOSO, M. A., TURÍBIO DE CAMARGO, T. F., ... & DE BRITTO MARI, R. (2026). From fashion to the marine environments: Adverse effects of textile microfibers on Crassostrea gasar. Environmental Toxicology and Chemistry, vgag109. doi.org/10.1093/etojnl/vgag109

DE OLIVEIRA SANTOS, L. A., DA SILVA, L., LOPES, B. S., MARINSEK, G. P., DUZ J. L., CARDOSO, M. A., ... & DE BRITTO MARI, R (2026). Impact of textile microfiber ingestion on the tissue integrity of the mangrove oyster Crassostrea gasar. Marine Pollution Bulletin, 229, 119562. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.119562

DIAS, RUBENS RAMOS et al. (2022). Caracterização socioeconômica da atividade pesqueira do Caranguejo-uçá em uma RESEX da Amazônia Brasileira. Revista Caparaó, v. 4, n. 2, p. e76-e76.

DUARTE, L.F.; SOUZA, C.A.; PEREIRA, C.D.S.; PINHEIRO, M.A.A. (2017). Metal toxicity assessment by sentinel species of mangroves: In situ case study integrating chemical and biomarkers analyses. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 145, p. 367–376. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.07.051.

DUARTE, L.F.A.; MORENO, J.B.; CATHARINO, M.G.M.; MOREIRA, E.G.; TROMBINI, C.; NOBRE, C.R.; MORENO, B.B.; ABESSA, D.M.S.; PEREIRA, C.D.S. (2020). Lead toxicity on a sentinel species subpopulation inhabiting mangroves with different status conservation. Chemosphere, v. 251, p. 126394. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.126394.

DUARTE, L.F.A.; MORENO, J.B.; CATHARINO, M.G.M.; MOREIRA, E.G.; TROMBINI, C.; PEREIRA, C.D.S. (2019). Mangrove metal pollution induces biological tolerance to Cd on a crab sentinel species subpopulation. Science of the Total Environment. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.039.

DUARTE, L.F.A.; SOUZA, C.A.; NOBRE, C.R.; PEREIRA, C.D.S.; PINHEIRO, M.A.A. (2016). Multi-level biological responses in Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) as indicators of conservation status in mangrove areas from the western Atlantic. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 133, p. 176-187.

ISSN 2317-1316

FREDRICK WS., RAVICHANDRAN S. (2012). Hemolymph proteins in marine crustaceans. Asian Pac J Trop Biomed. Jun;2(6):496-502.

GUÉRAUD, FRANÇOISE et al. (2010). Química e bioquímica de produtos de peroxidação lipídica. Pesquisa de radicais livres, v. 44, n. 10, p. 1098-1124.

HACIOLA, YASEMIN; ATILGAN, TURAN (2014). Research on fast fashion and fast fashion retailing in the Turkish apparel sector. Textile and Apparel, v. 24, n. 2, p. 143-150.

HOBSBAWM, ERIC J. (2003). Da revolução industrial inglesa ao imperialismo. Rio de Janeiro: Forense-Universitária.

JEYAVANI, J. et al. (2022). Toxicity evaluation of polypropylene microplastic on marine microcrustacean Artemia salina: an analysis of implications and vulnerability. Chemosphere, v. 296, p. 133990.

KADAC-CZAPSKA, K., OSKO, J., KNEZ, E., & GREMBECKA, M. (2024). Microplastics and oxidative stress—current problems and prospects. Antioxidants, 13(5), 579.

KANIMOZHI, S. et al. (2024). Naturally weathered polypropylene microplastic from environment and its toxic behaviour in Artemia salina. Environmental Science and Pollution Research, v. 31, p. 13207–13217, 2024.

KIM, L., KIM, S. A., KIM, T. H., KIM, J., & AN, Y. J. (2021). Synthetic and natural microfibers induce gut damage in the brine shrimp Artemia franciscana. Aquatic Toxicology, 232, 105748. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105748

KOVACS, K., BODIS, J., & VASS, R. A. (2025). Microplastics, endocrine disruptors, and oxidative stress: mechanisms and health implications. International Journal of Molecular Sciences, 27(1), 399.

LEUNG, MATTHEW; HO, YUEN-WA; MABOLOC, ELIZALDY; LEE, CHENG-HAO; WANG, YOUJI; HU, MENGHONG; CHEUNG, SIU GIN; FANG, JAMES (2021). Determination of microplastics in the edible green-lipped mussel Perna viridis using an automated mapping technique of Raman microspectroscopy. Journal of Hazardous Materials. 420. 126541. 10.1016/j.jhazmat.2021.126541.

LIMA, MELINE MELEGARIO et al. (2019). A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade. Semioses, v. 13, n. 3, p. 76-86.

LIU, J; LIU, Q; AN, L; WANG, M; YANG, Q; ZHU, B; DING, J; YE, C. & XU, Y. (2022). Microfiber Pollution in the Earth System. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 260(1), 13. https://doi.org/10.1007/s44169-022-00015-9

LUCIO, FABIOLA; MAGNONI, DIANE; VICENTINI, VERONICA; CONTE, HELIO (2019). Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: Uma revisão. Conexão Ciência (Online). 14. 47-55. 10.24862/cco.v14i1.908.

MAI, N. T. Q., BATJARGAL, U., KIM, W. S., KIM, J. H., PARK, J. W., KWAK, I. S., & MOON, B. S. (2023). Microplastic induces mitochondrial pathway mediated cellular apoptosis in mussel (Mytilus galloprovincialis) via inhibition of the AKT and ERK signaling pathway. Cell Death Discovery, 9(1), 442. https://doi.org/10.1038/s41420-023-01740-3.

MATEOS-CÁRDENAS, ALICIA et al. (2021). Beyond plastic microbeads–short-term feeding of cellulose and polyester microfibers to the freshwater amphipod Gammarus duebeni. Science of the Total Environment, v. 753, p. 141859.

MAZZONI, TALINA; FERNANDES, DAVI; SILVA, GRAZIELE; HANCHUCK PEREIRA, ALBERT; SOUZA, MATEUS. (2024). A invisibilidade dos microplásticos - uma macroameaça ao meio ambiente e à saúde humana. 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.06.

MESACASA, ANDRÉIA; DEMINSKI, CARLA CAROLINA DEOLA (2023). Fibras têxteis sintéticas e a liberação de microplásticos: uma revisão. MIX Sustentável, v. 9, n. 1, p. 80-90.

NAIDOO, TRISHAN; GLASSOM, DAVID (2019). Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. Marine pollution bulletin. 145. 254-259. 10.1016/j.marpolbul.2019.02.037.

ISSN 2317-1316

NOBRE CR, DE SOUZA PAÇO M, DE ALMEIDA DUARTE LF, DOS SANTOS BARBOSA ORTEGA A, MORENO BB, DE CAMARGO TFT, PARREIRA LM, DA COSTA SOUZA I, MONFERRÁN MV, WUNDERLIN DA, FERNANDES MN, PEREIRA CDS (2024). Systemic effects of settleable atmospheric particulate matter (SePM) on swamp ghost crab Ucides cordatus. Sci Total Environ. 24 Aug 15;938:173295.

ROCHA, BRUNO AUGUSTO BARROS; LIMA, FERNANDO RISTER DE SOUSA; WALDMAN, RICARDO LIBEL (2020). Mudanças no papel do indivíduo pós-revolução industrial e o mercado de trabalho na sociedade da informação. Revista Pensamento Jurídico, v. 14, n. 1.

RODRIGUES MAIA, SANDRA; ROMEIRO, EDUARDO; MENDONÇA, ROSANGELA (2021). Da moda para os oceanos. ModaPalavra e-periódico, v. 14, n. 34.

ROOZEN, IRENE; RAEDTS, MARIET (2020). The power of negative publicity on the fast fashion industry. Journal of Global Fashion Marketing, v. 11, n. 4, p. 380-396.

SANTOS, LOURIVAL SANTANA; ARAÚJO, RUY BELÉM DE (2018). A revolução industrial. Brasília: História Econômica e Geral.

SHIMAMURA, ERICA; SANCHES, MARIA CELESTE DE FÁTIMA (2013). Fast Fashion e a identidade de marca. Projetica, Londrina, v. 3, n. 2, p. 66–76, 2013. DOI: 10.5433/2236-2207.2012v3n2p66.

SINGH, ROJALIN PRIYADARSHINI; MISHRA, SUNANDA; DAS, ALOK PRASAD (2020). Synthetic microfibers: pollution toxicity and remediation. Chemosphere, v. 257, p. 127199.

SUARIA, GIUSEPPE et al. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: a global characterization. Science Advances, v. 6, n. 23, p. eaay8493.

WATTS, A. J., URBINA, M. A., CORR, S., LEWIS, C., & GALLOWAY, T. S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab Carcinus maenas and its effect on food consumption and energy balance. Environmental science & technology, 49(24), 14597-14604. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04026

WATTS, A. J., URBINA, M. A., GOODHEAD, R., MOGER, J., LEWIS, C., & GALLOWAY, T. S. (2016). Effect of microplastic on the gills of the shore crab Carcinus maenas. Environmental science & technology, 50(10), 5364-5369. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01187

ZHANG L; HE Y; JIANG L; SHI Y; HAO L; HUANG L; LYU M; WANG S (2024). Plastic additives as a new threat to the global environment: Research status, remediation strategies and perspectives. Environ Res. 2024 Dec 15;263(Pt 1):120007. doi: 10.1016/j.envres.2024.120007. Epub 2024 Sep 14. PMID: 39284493.