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

ISSN317-1316

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DAS MICROFIBRAS TÊXTEIS SOBRE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS BRANQUIAIS DE *Danio rerio*

INFLUENCE OF TEXTILE MICROFIBER COMPOSITION ON GILL MORPHOMETRIC AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN *Danio rerio*

Manuela Agulló Tagliamento[1], Ariana Valadares Costa[2], Renata de Britto Mari[1], Gabriela Pustiglione Marinsek[1, 2]

[1] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, IB/CLP
[2] Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos
E-mail para contato: manuela.tagliamento@unesp.br

RESUMO – Microfibras têxteis são contaminantes emergentes capazes de interagir com superfícies respiratórias de organismos aquáticos. Este estudo avaliou os efeitos de microfibras de poliéster, algodão e da mistura desses materiais sobre as brânquias de Danio rerio após 14 dias de exposição. Foram analisados parâmetros morfométricos, lipoperoxidação (LPO) e fragmentação do DNA. O poliéster aumentou o comprimento das lamelas secundárias e os níveis de LPO e fragmentação do DNA em relação ao controle, enquanto o tratamento misto alterou principalmente o comprimento lamelar. Os resultados indicam que a composição das microfibras influencia a magnitude e o tipo de resposta branquial.

Palavras-chave: microfibras têxteis; poliéster; brânquias; estresse oxidativo; *Danio rerio*.

ABSTRACT – Textile microfibers are emerging contaminants capable of interacting with the respiratory surfaces of aquatic organisms. This study evaluated the effects of polyester, cotton, and mixed microfibers on the gills of Danio rerio after 14 days of exposure. Morphometric parameters, lipid peroxidation (LPO), and DNA fragmentation were assessed. Polyester increased secondary lamellae length, LPO, and DNA fragmentation compared with the control, whereas the mixed treatment mainly altered lamellar length. These findings indicate that microfiber composition influences both the magnitude and the type of gill response.

Keywords: textile microfibers; polyester; gills; oxidative stress; *Danio rerio*.

ISSN317-1316

1 INTRODUÇÃO

A crescente presença de microplásticos em ambientes aquáticos tem despertado preocupação devido à sua ampla distribuição, persistência e potencial de interação com organismos (Li et al., 2026). Entre essas partículas, as microfibras têxteis representam uma fração relevante da contaminação ambiental, sendo liberadas principalmente durante a produção, o uso e a lavagem de tecidos (Raza et al., 2022). Essas fibras podem ser constituídas por polímeros sintéticos, como o poliéster, ou por materiais de origem natural, como o algodão, e alcançar os ecossistemas aquáticos por meio de efluentes domésticos e industriais (Hossain et al., 2025). Apesar de as fibras naturais apresentarem maior biodegradabilidade quando comparadas às sintéticas, seu processamento industrial e a presença de aditivos químicos tornam necessária a avaliação de seus possíveis efeitos biológicos.

Em peixes, as brânquias representam uma das principais interfaces entre o organismo e o ambiente aquático, estando diretamente expostas aos contaminantes presentes na água. Além de desempenharem funções essenciais nas trocas gasosas, osmorregulação e equilíbrio ácido-base, sua elevada área superficial e contato contínuo com o meio tornam esse órgão particularmente suscetível à ação de partículas suspensas (Evans et al., 2005). A exposição a microfibras pode, portanto, favorecer alterações estruturais no epitélio branquial e interferir na organização das lamelas, constituindo respostas relevantes para a avaliação dos efeitos desses contaminantes.

Além das alterações morfológicas, a exposição a partículas e outros contaminantes ambientais pode favorecer o desequilíbrio entre a produção de espécies reativas e os sistemas de defesa antioxidante (Silvestre, 2020). Esse processo pode resultar em danos a diferentes componentes celulares, incluindo a peroxidação de lipídios de membrana e alterações na integridade do DNA (Silvestre, 2020). Dessa forma, a avaliação conjunta de parâmetros morfométricos e biomarcadores bioquímicos permite investigar respostas em diferentes níveis de organização biológica e compreender de forma mais integrada os potenciais efeitos das microfibras sobre os organismos aquáticos.

O *Danio rerio* é amplamente utilizado em estudos ecotoxicológicos por apresentar características biológicas e experimentais favoráveis à investigação dos efeitos de contaminantes ambientais. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da exposição a microfibras de poliéster, algodão e à mistura desses materiais sobre as

ISSN317-1316

brânquias de *D. rerio*, por meio da análise de parâmetros morfométricos e de biomarcadores relacionados à lipoperoxidação e à fragmentação do DNA.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Microfibras de poliéster e algodão orgânico foram obtidas por meio da lavagem de tecidos constituídos por 100% de cada material, conforme metodologia adaptada de Napper e Thompson (2016). As microfibras liberadas foram coletadas utilizando malha de aço inoxidável de 150 µm, previamente calcinada. A concentração experimental utilizada foi de 531 microfibras·L^{-1}, equivalente a 0,276 mg·L^{-1} para o poliéster e 0,3615 mg·L^{-1} para o algodão. A caracterização química dos materiais foi realizada por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR), utilizando espectrofotômetro Spectrum Two (PerkinElmer, EUA). Os espectros foram obtidos na faixa de 550–4000 cm^{-1}, com 24 varreduras por amostra, sendo as análises realizadas em triplicata.

Machos adultos de *Danio rerio* foram distribuídos em quatro grupos experimentais: controle, poliéster (POL), algodão (ALG) e mistura de poliéster e algodão (POL+ALG), com três réplicas por tratamento e 40 indivíduos por réplica. Os peixes foram expostos durante 14 dias, sob fotoperíodo de 12 h claro/12 h escuro. Durante o período experimental, foram monitorados os parâmetros físico-químicos da água, incluindo temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade. Para minimizar a contaminação externa por fibras, os materiais foram previamente higienizados e mantidos cobertos quando não estavam em uso, as superfícies de trabalho foram limpas com etanol e foram utilizados controles de deposição atmosférica. As fibras eventualmente detectadas nos brancos foram consideradas durante a interpretação dos resultados.

Ao final da exposição, os peixes foram eutanasiados por imersão em solução aquosa de benzocaína até a cessação dos movimentos operculares. As brânquias foram dissecadas e destinadas às análises morfométricas e bioquímicas. Para a análise morfométrica, as amostras foram desidratadas em série alcoólica crescente, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina e seccionadas com espessura de 5 µm. As secções foram coradas com hematoxilina e eosina (HE), fotografadas e analisadas utilizando o programa *Image-Pro Plus* 3.0.1. Foram mensurados o comprimento das lamelas secundárias (CLS), a largura das lamelas secundárias

ISSN317-1316

(LLS), a distância interlamelar (DIL) e a espessura do epitélio basal (EEB), sob aumento de 400×.

Os biomarcadores bioquímicos avaliados foram lipoperoxidação (LPO) e fragmentação do DNA. A LPO foi determinada pelo método das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), com leitura da absorbância a 532 nm e quantificação por curva-padrão de 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP), sendo os resultados expressos em equivalentes de malondialdeído (MDA) por miligrama de proteína. A fragmentação do DNA foi avaliada por ensaio fluorométrico adaptado de Olive (1998), utilizando Hoechst 33258, com resultados expressos em unidades relativas de fluorescência por miligrama de proteína.

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e à homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para os parâmetros que atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade, as diferenças entre os tratamentos foram avaliadas por análise de variância de uma via (ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparações múltiplas. Para dados que não atenderam aos pressupostos paramétricos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn com correção de Holm. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise morfométrica das brânquias de *Danio rerio* evidenciou efeito da exposição às microfibras têxteis principalmente sobre o comprimento das lamelas secundárias (CLS). Houve diferença significativa entre os grupos para esse parâmetro (ANOVA de uma via, $F = 6,25$; $p = 0,0016$). O grupo exposto ao poliéster apresentou maior CLS em comparação ao controle ($p = 0,031$), enquanto o grupo exposto à mistura de poliéster e algodão apresentou valores superiores tanto ao controle ($p = 0,0048$) quanto ao grupo exposto exclusivamente ao algodão ($p = 0,0188$). Não foram observadas diferenças entre controle e algodão ($p = 0,949$), entre algodão e poliéster ($p = 0,103$) ou entre poliéster e o tratamento misto ($p = 0,852$). Os valores individuais utilizados na análise mostram médias de CLS mais elevadas nos grupos poliéster e misto em relação ao controle e ao algodão.

O aumento do comprimento das lamelas secundárias observado nos tratamentos contendo poliéster sugere uma resposta morfológica do tecido branquial à exposição às microfibras. Considerando que as lamelas secundárias constituem uma importante superfície de contato

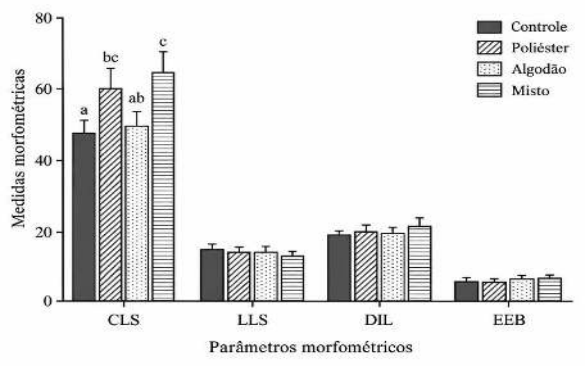
ISSN317-1316

entre o organismo e o meio aquático, modificações em suas dimensões podem refletir ajustes estruturais associados à manutenção das funções respiratórias frente a condições de estresse (Nilson et al., 2012). Entretanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que alterações morfométricas isoladas não permitem, por si só, determinar se a resposta representa um mecanismo compensatório ou um efeito adverso sobre a função branquial.

Em contraste, a largura das lamelas secundárias (LLS) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (ANOVA, $F = 0,59$; $p = 0,628$). Da mesma forma, não foram detectadas diferenças significativas para a distância interlamelar (DIL) entre os grupos ($F = 1,40$; $p = 0,260$). Assim, apesar das variações observadas entre as médias dos tratamentos, esses parâmetros permaneceram estatisticamente semelhantes após os 14 dias de exposição.

De maneira geral, os resultados indicam que a resposta morfométrica às microfibras não ocorreu de forma generalizada em toda a estrutura branquial, mas foi mais evidente no comprimento das lamelas secundárias (Figura 1). O fato de o poliéster isolado e, principalmente, o tratamento misto apresentarem maiores valores de CLS sugere que a composição das microfibras pode influenciar a magnitude da resposta branquial, uma vez que diferentes tipos de fibras podem induzir respostas biológicas distintas em organismos aquáticos (Erdle et al., 2025). A ausência de diferenças nos demais parâmetros reforça a possibilidade de uma resposta estrutural específica, que deve ser interpretada em conjunto com os biomarcadores bioquímicos para avaliar se as alterações morfológicas estão associadas a processos de estresse celular.

Figura 1. Parâmetros morfométricos das brânquias de Danio rerio após 14 dias de exposição às microfibras têxteis. Foram avaliados o comprimento das lamelas secundárias (CLS), a largura das lamelas secundárias (LLS), a distância interlamelar (DIL) e a espessura do epitélio basal (EEB) nos grupos controle, poliéster, algodão e mistura de poliéster e algodão. Os dados são apresentados como média ± medida de dispersão.



ISSN317-1316

Os resultados bioquímicos corroboraram a ocorrência de efeitos associados principalmente à exposição ao poliéster. A lipoperoxidação apresentou diferença significativa entre os tratamentos (ANOVA de uma via, $F = 4,07$; $p = 0,0207$). O grupo poliéster apresentou níveis de LPO superiores aos observados no controle ($p = 0,0293$) e no tratamento misto ($p = 0,0445$), enquanto o grupo algodão apresentou valores intermediários, sem diferenças significativas em relação aos demais grupos. O aumento da LPO indica maior ocorrência de danos oxidativos aos lipídios de membrana, sugerindo desequilíbrio redox no tecido branquial após a exposição ao poliéster (Kolandhasamy et al., 2026).

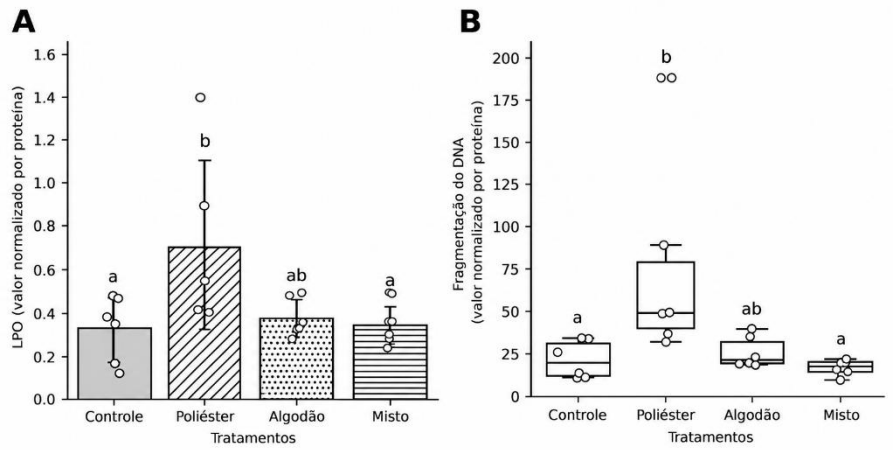
A fragmentação do DNA também diferiu significativamente entre os tratamentos (Kruskal-Wallis, $H = 12,63$; $p = 0,0055$). O grupo exposto ao poliéster apresentou maior fragmentação do DNA em comparação ao controle ($p = 0,0275$) e ao tratamento misto ($p = 0,0057$), enquanto as demais comparações não apresentaram diferenças significativas. Os valores do grupo poliéster apresentaram maior dispersão, incluindo respostas individuais acentuadas, mas o aumento permaneceu significativo mesmo utilizando uma abordagem estatística não paramétrica.

O aumento concomitante da lipoperoxidação e da fragmentação do DNA sugere que a exposição às microfibras de poliéster foi capaz de desencadear alterações celulares associadas ao estresse oxidativo e ao dano molecular nas brânquias (Kim et al., 2023). A peroxidação de lipídios pode comprometer a integridade das membranas celulares e favorecer processos secundários capazes de afetar outras biomoléculas, incluindo o DNA. Dessa forma, a resposta observada para esses dois biomarcadores é compatível com um cenário de maior estresse celular nos organismos expostos ao poliéster (Valavanidis et al., 2006).

Por outro lado, a ausência de aumentos significativos de LPO e fragmentação do DNA no tratamento misto, apesar das alterações observadas no CLS, demonstra que as respostas aos diferentes tipos de microfibra não foram simplesmente aditivas. Esse resultado sugere que a composição da exposição pode modificar a magnitude ou a natureza da resposta biológica, embora os mecanismos envolvidos não possam ser determinados apenas a partir dos biomarcadores avaliados.

ISSN317-1316

Figura 2. Biomarcadores bioquímicos avaliados nas brânquias de Danio rerio após 14 dias de exposição às microfibras têxteis. (A) Lipoperoxidação (LPO), determinada pelo método TBARS e normalizada pela concentração de proteínas. Os dados são apresentados como média ± desvio-padrão, com os valores individuais representados sobre as barras. (B) Fragmentação do DNA, avaliada por ensaio fluorométrico e normalizada pela concentração de proteínas, apresentada em boxplots com os valores individuais. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p < 0,05). Para LPO, as comparações foram realizadas por ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey; para fragmentação do DNA, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do pós-teste de Dunn com correção de Holm.



Em conjunto, os resultados indicam que as microfibras têxteis podem afetar diferentes níveis de organização biológica nas brânquias de *Danio rerio*. O poliéster apresentou os efeitos bioquímicos mais evidentes, caracterizados pelo aumento da lipoperoxidação e da fragmentação do DNA, acompanhado de alteração no comprimento das lamelas secundárias. Esses achados destacam a importância de integrar respostas morfológicas e bioquímicas na avaliação dos efeitos de microfibras têxteis sobre organismos aquáticos.

4 CONCLUSÃO

A exposição às microfibras têxteis promoveu alterações nas brânquias de *Danio rerio*, com respostas dependentes da composição do material. O poliéster apresentou os efeitos mais evidentes, com aumento do comprimento das lamelas secundárias, da lipoperoxidação e da fragmentação do DNA, indicando alterações estruturais e bioquímicas associadas ao estresse celular. O tratamento misto também afetou a morfometria branquial, mas não reproduziu os efeitos bioquímicos observados para o poliéster isolado. Em conjunto, os resultados demonstram que a composição das microfibras influencia a magnitude e a natureza das

ISSN317-1316

respostas biológicas, reforçando a importância da avaliação integrada de biomarcadores morfológicos e bioquímicos em estudos ecotoxicológicos.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Ferramentas de inteligência artificial, incluindo Consensus e NotebookLM, foram utilizadas como apoio à busca, organização e consulta de referências bibliográficas. O ChatGPT (OpenAI, GPT-5.6 Sol) foi utilizado para auxílio na revisão textual, organização das informações e aprimoramento da clareza da redação científica. A seleção, conferência e interpretação das referências e dos resultados, bem como a responsabilidade integral pelo conteúdo final, são dos autores.

6 REFERÊNCIAS

ERDLE, L. M.; STEVACK, K.; PARZANINI, C.; ARTS, M. T.; ROCHMAN, C. M. Exposure to cotton and polyester microfibers leads to different fatty acid profiles and chemical contaminants concentrations in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2025. Art. vgaf093.

EVANS, D. H.; PIERMARINI, P. M.; CHOE, K. P. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiological Reviews, v. 85, n. 1, p. 97–177, 2005. DOI: 10.1152/physrev.00050.2003.

HOSSAIN, M. I.; ZHANG, Y.; HAQUE, A. N. M. A.; NAEBE, M. Fibrous microplastics release from textile production phases: a brief review of current challenges and applied research directions. Materials, v. 18, n. 11, art. 2513, 2025.

KIM, J. A.; KIM, M. J.; SONG, J. A.; CHOI, C. Y. Effects of microfiber exposure on medaka (*Oryzias latipes*): oxidative stress, cell damage, and mortality. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 265, art. 109535, 2023.

KOLANDHASAMY, P.; BALAKRISHNAN, S.; ANNAMALAI, A.; RAJENDRAN, R. Polyester microfiber accumulation and toxicological effects on freshwater fish *Labeo rohita*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, art. 104990, 2026.

LI, X.; CHEN, Y.; ZHANG, S.; DONG, Y.; PANG, Q.; LYNCH, I.; ZHANG, P. From marine to freshwater environment: a review of the ecotoxicological effects of microplastics. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 251, art. 114564, 2023.

NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, v. 112, p. 39–45, 2016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025.

ISSN317-1316

NILSSON, G. E.; DYMOWSKA, A.; STECYK, J. A. W. New insights into the plasticity of gill structure. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, v. 184, n. 3, p. 214–222, 2012.

RAZA, M.; LEE, J. Y.; CHA, J. Microplastics in soil and freshwater: understanding sources, distribution, potential impacts, and regulations for management. Science Progress, v. 105, n. 3, art. 00368504221126676, 2022.

SILVESTRE, F. Signaling pathways of oxidative stress in aquatic organisms exposed to xenobiotics. Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology, v. 333, n. 6, p. 436–448, 2020.

VALAVANIDIS, A.; VLAHOGIANNI, T.; DASSENAKIS, M.; SCOULLOS, M. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 64, n. 2, p. 178–189, 2006.