

ESTUDO PRELIMINAR DE DETERMINAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Ana de Araújo Carrion – ana-carrion@fepam.rs.gov.br

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM-RS), Divisão de Laboratórios
R. Aurélio Porto, 37 – Partenon
90620-090 – Porto Alegre – RS

Laura Gandolfi Lanzini – laura.lzn2@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências

Manuel Rodrigues Loncan – manuel-loncan@fepam.rs.gov.br

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM-RS), Divisão de Laboratórios

Rafaela Ritter Henckes – rafahenckess@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências

Vanessa Fontana Fonseca – vavafontana@hotmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Processos Ambientais e Contaminantes Emergentes (LAPACE) - UFRGS

Resumo: Os microplásticos são partículas plásticas de tamanhos <5 mm categorizados por suas características físicas e químicas. Essas partículas são onipresentes no meio ambiente e já foram relacionadas à geração de efeitos negativos para a saúde da vida aquática e humana. Diversos estudos apontam estações de tratamento de água e esgoto e escoamentos urbanos, industriais e agrícolas, assim como efluentes industriais, como as principais fontes desses poluentes nos rios, especialmente em regiões de alta densidade populacional, sendo eventualmente levados a estuários e, por fim, aos oceanos. Nesse contexto, este trabalho teve como principal objetivo a elaboração de um projeto-piloto para a detecção de partículas microplásticas em águas residuárias industriais no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram coletadas amostras de efluentes de três estações de tratamento de indústrias locais, de diferentes ramos, as quais foram preparadas e analisadas utilizando o protocolo em desenvolvimento. Entre as partículas encontradas, houve uma predominância de fibras em todas as amostras, com tamanho majoritariamente entre 5-99 µm e 100-249 µm, e branco ou transparente como coloração mais abundante.

Palavras-chave: microplásticos, águas residuais, efluentes industriais.



PRELIMINARY STUDY OF MICROPLASTICS DETERMINATION IN WASTEWATERS

Abstract: Microplastics are plastic particle sizes <5 mm, categorized by physical and chemical traits. These particles are omnipresent in the planet's waters and have been related to the generation of adverse effects on the health of aquatic and human life. Many studies point to water and sewage treatment plants and urban, industrial, and agricultural runoffs, just as industrial effluents, as the primary sources of these pollutants in rivers, especially in regions of high populational density, that eventually are carried to estuaries and, finally, to the oceans. In this context, this work's primary objective was the elaboration of a pilot project for detecting microplastic particles in industrial wastewater of Rio Grande do Sul, Brazil. Effluent samples from three local industry treatment plants from different branches were collected, then prepared and analyzed using the elaboration protocol. Among the particles, fibers were predominant in all samples, with sizes between $5-99\ \mu\text{m}$ and $100-249\ \mu\text{m}$, and white or transparent was the most abundant color.

Keywords: microplastics, wastewaters, industrial effluents.

1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, devido à facilidade e ao baixo custo de produção, podemos considerar que vivemos uma pandemia de plásticos. Os materiais desenvolvidos com o propósito de facilitar a rotina humana têm desencadeado problemas de proporções consideráveis para todas as formas de vida no globo terrestre, em decorrência de seu uso e de sua gestão inadequada. Os impactos adversos ocasionados pelos plásticos no meio ambiente manifestam-se em uma ampla gama de contextos, abrangendo, dentre outros, o ambiente terrestre, as redes de drenagem e os corpos d'água. A problemática dos plásticos presentes em corpos hídricos apresenta direta relação com o manejo de resíduos ineficiente, pois uma parcela significativa dos materiais plásticos é transportada pelos cursos d'água em direção aos estuários e, em última instância, aos oceanos.

Os rios urbanos não fogem dessa dinâmica: eles funcionam como transportadores de poluentes para rios maiores e, finalmente, para os oceanos. Os microplásticos, partículas plásticas de composição polimérica variada e com tamanho inferior a 5 mm, têm sua concentração no meio ambiente influenciada fortemente pela densidade populacional das regiões. Eles são classificados de acordo com sua origem, sendo primárias as micropartículas produzidas intencionalmente e secundárias as advindas da fragmentação de plásticos maiores. Indica-se a existência de microplásticos na água do maior manancial da cidade de Porto Alegre, o Guaíba, sobretudo de polipropileno e o polietileno (BERTOLDI *et al.*, 2021). Grupos de pesquisa no Rio Grande do Sul (RS) têm estudado a contaminação de aves marinhas e costeiras por microplásticos no litoral, como o maçarico-de-sobre-branco e o trinta-réis-boreal, ambos provenientes do Hemisfério Norte, além de espécies de aves residentes. As análises têm por objeto, além das aves vivas, aquelas que acabam morrendo (WAGNER, 2014; TREVISOL, 2020).

A ocorrência de microplásticos marinhos começou a ser investigada por pesquisadores no início dos anos 2000; entretanto, o termo “microplástico” foi criado oficialmente apenas em 2004 (THOMPSON, 2004). Mesmo após passarem-se muitos anos, grande parte dos estudos está concentrada em ambientes de água marinha, permanecendo uma lacuna no que diz respeito a ambientes de águas continentais (FERRAZ *et al.*, 2020; ROCHMAN *et al.*, 2017; WAGNER *et al.*, 2014). Até 2014, a título de exemplo, existia apenas um estudo sobre a transferência de microplásticos do sistema digestivo para os tecidos com o invertebrado *Mytilus edulis*. Em contrapartida, no ambiente marinho, existem diversas comprovações da transferência dessas substâncias ao longo da cadeia trófica (DESFORGES *et al.*, 2015; STEER *et al.*, 2017).

Recentemente, as pesquisas com microplásticos têm avançado muito, inclusive demonstrando a presença em diversas partes do corpo humano, como na placenta, nas fezes, nos pulmões, no trato



digestivo, no leite materno, na corrente sanguínea, e novos estudos indicaram a presença de microplásticos até mesmo no coração. Os polímeros mais encontrados são o politereftalato de etileno (PET), o poliestireno, o polietileno e as fibras acrílicas (YANG *et al.*, 2023; RAGUSA *et al.*, 2022; LESLIE *et al.*, 2022; AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2021). Acredita-se que o ar, os alimentos, a água de abastecimento e também os produtos de cuidados pessoais são as principais vias de exposição ao ser humano (LESLIE *et al.* 2022; RAGUSA *et al.* 2020), visto que essas micropartículas já foram detectadas em diversas frutas e vegetais, em águas de garrafas minerais e também em torneiras domésticas, entre outras vias (CONTI *et al.*, 2020; FERRAZ *et al.*, 2020; ZUCARELLO *et al.*, 2019; ESTAHBANATI *et al.*, 2016).

Apesar dos baixos riscos inerentes aos polímeros, os microplásticos podem adsorver diversos contaminantes presentes no meio em que se encontram, agindo como vetores de poluição e de patógenos para a cadeia alimentar. Inclusive, comunidades microbióticas já foram encontradas agregadas às micropartículas de plástico, muitas das quais auxiliam na degradação e fragmentação do plástico. Por vezes, podem também conter patógenos oportunistas dos humanos, como é o caso da bactéria *Vibrio*, mais conhecida por ser causadora de cólera (RAGUSA *et al.*, 2022; DESFORGES *et al.*, 2015; ZETTLER *et al.*, 2013).

Diversos estudos apontam como fontes de contaminação as estações de tratamento de água e esgoto, o escoamento de águas urbanas, o escoamento de indústrias produtoras de plástico, as atividades agrícolas, as residências, as indústrias e outras possíveis fontes (RAGUSA *et al.*, 2020; KAY *et al.*, 2018; ESTAHBANATI *et al.*, 2016; WAGNER *et al.*, 2014; BROWNE *et al.*, 2011). Considerando essas evidências e a prerrogativa da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM-RS), como órgão ambiental estadual, de incorporar conhecimentos e esboçar futuros parâmetros de monitoramento para qualidade ambiental, este trabalho teve como objetivo principal a elaboração de um projeto-piloto de detecção de microplásticos em águas residuárias industriais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o projeto-piloto, coletamos amostras de efluentes em três indústrias provenientes do ramo de central de tratamento de efluentes (amostra 1), de lavanderia industrial (amostra 2) e de produção de sucos (amostra 3). Para cada indústria amostrada, coletamos quatro litros de efluente tratado. Procedemos ao processamento e à análise dessas amostras no Laboratório de Processos Ambientais e Contaminantes Emergentes (LAPACE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As amostras dos efluentes passaram pelo processo de filtragem em membranas filtrantes, de secagem, de separação por densidade com Iodeto de Sódio (NaI) e de oxidação por Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2). A quantificação das micropartículas foi feita unicamente de forma visual, com auxílio de microscópio óptico (Olympus BX41) com câmera acoplada (Olympus DP73), utilizando magnificações de 4x e 10x. O software utilizado para as medidas foi Olympus cellSens Dimensions. Consideramos partículas com menor tamanho visível até o tamanho máximo de 5000 μm . Os dados das análises foram tabulados e são sintetizados em forma de percentual e concentração (itens L^{-1}) através do software Microsoft Excel.

O processo de preparação das amostras iniciou com a limpeza dos equipamentos a serem utilizados, através de banho-maria com ultrassom. No dia seguinte, as amostras foram peneiradas em copos de PVC, usando uma malha de 40 μm . A peneira foi lavada com água de lavagem, passando os microplásticos presos na malha para um béquer, os quais foram cobertos por papel alumínio finamente perfurado e levados até a estufa, onde ficaram de 2-5 dias, até que as amostras estivessem completamente secas. Foram lavados com NaI, em torno de cinco vezes, e as amostras despejadas em funis de separação. Nos funis, as amostras descansaram por 24 horas para que ocorresse a separação por densidade. Passado esse tempo, qualquer matéria orgânica no fundo dos funis foi removida pelas torneiras, e o restante foi filtrado através de membranas filtrantes, que foram então colocadas em béqueres limpos. Na sequência, iniciou-se a fase de oxidação. Dentro dos béqueres, com as membranas, colocou-se uma barra magnética e 20 ml de H_2O_2 , e as membranas foram lavadas com



mais 20 ml de H_2O_2 . O agitador magnético foi ligado levemente para a que os microplásticos se desprendessem das membranas, que foram então retiradas. Em seguida, a chapa de metal do agitador foi aquecida até 50-60°C por uma hora. Passado esse tempo, as amostras descansaram por mais 24 horas. No dia seguinte, os líquidos passaram pela filtragem final em novas membranas filtrantes.

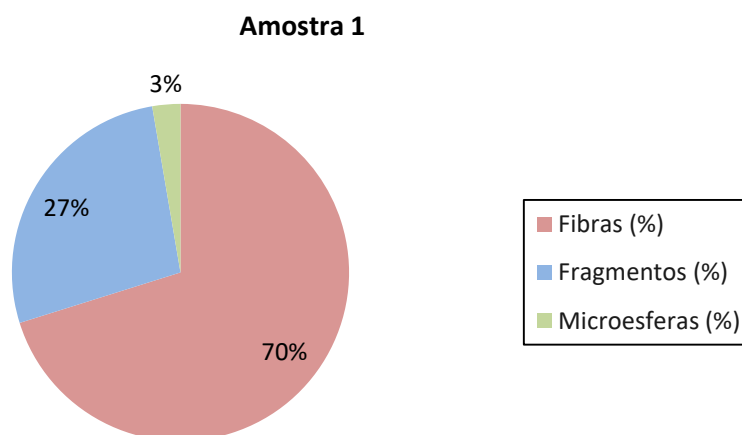
Os filtros finais das amostras foram para a etapa de quantificação. Foram primeiramente separados em quadrantes para serem analisados, por indivíduos treinados, no microscópio óptico, geralmente sob a lente de aumento de 10x. As partículas encontradas foram registradas e medidas através do software.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

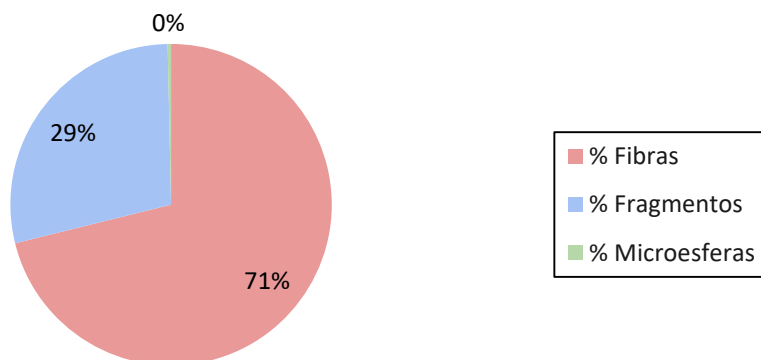
De acordo com os resultados encontrados, foram detectados potenciais microplásticos em todas as amostras. As formas mais frequentes foram fibras, fragmentos e microesferas. Em geral, notou-se a predominância de fibras em todas as amostras (67,8%), com tamanhos majoritariamente entre 5 – 99 μm e 100 – 249 μm . Em relação à coloração, a cor branca ou transparente foi a mais detectada. A amostra com maior ocorrência de microplásticos foi a amostra 1, com 93,6 itens L^{-1} , seguida pela amostra 2, com 56,6 itens L^{-1} , e, por fim, pela amostra 3, com 72,8 itens L^{-1} .

A relação entre as formas encontradas para a amostra proveniente de tratamento de efluentes (amostra 1) foi, respectivamente, fibras (70,2%), fragmentos (27,2%) e microesferas (2,7%) (**Figura 1**). O tamanho mais encontrado foi de 100 - 249 μm (49,33%) (**Figura 2**). Em relação à cor, houve predomínio, em ordem decrescente, de partículas brancas e transparentes (77,4%), seguido de pretas (10,8%), amarelas (5,6%), azuis (4,6%), vermelhas (1,1%) e verdes (0,5%) (**Figura 3**). Para a amostras proveniente de uma lavanderia industrial (amostra 2), a forma mais encontrada foi de fibras (71,1%), seguido de fragmentos (28,5%) e de microesferas (0,3%) (**Figura 1**). O tamanho mais encontrado foi de 5 - 100 μm (41,42%) (**Figura 2**). Em relação à cor, houve predomínio de partículas brancas e transparentes (74,9%), seguido de pretas (13,1%), azuis (7,9%), amarelas (2,1%), verdes (1,7%) e vermelhas (0,3%) (**Figura 3**). Para a amostra proveniente de produção de sucos (amostra 3), a forma mais encontrada foi de fibras (62,1%), seguido de fragmentos (33,5%) e de microesferas (4,5%) (**Figura 1**). O tamanho mais encontrado foi de 100 - 249 μm (29,31%) (**Figura 2**). Em relação à cor, houve predomínio de partículas brancas e transparentes (68,3%), seguido de pretas (18,7%), azuis (6,7%), amarelas (2,2%), verdes (2,2%) e vermelhas (1,8%) (**Figura 3**).

Figura 1: Abundância de cada formato de microplástico nas amostras.



Amostra 2



Amostra 3

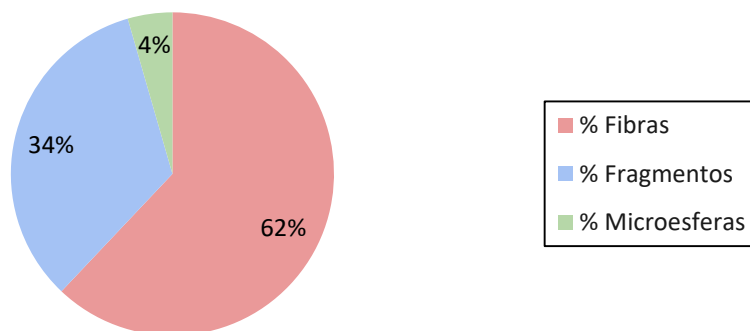
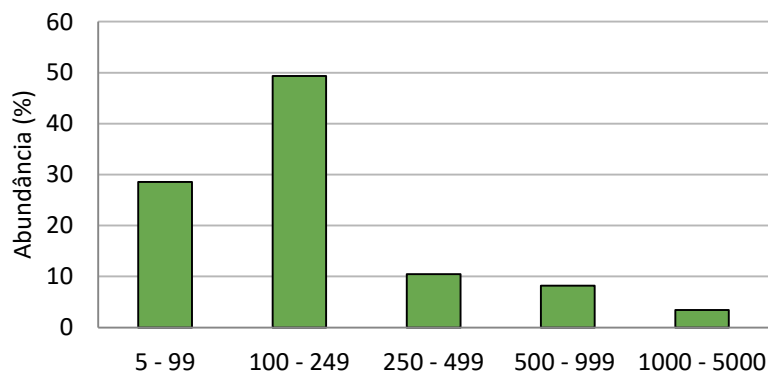


Figura 2: Abundância das diferentes classes de tamanho de microplásticos observados nas amostras.

Amostra 1



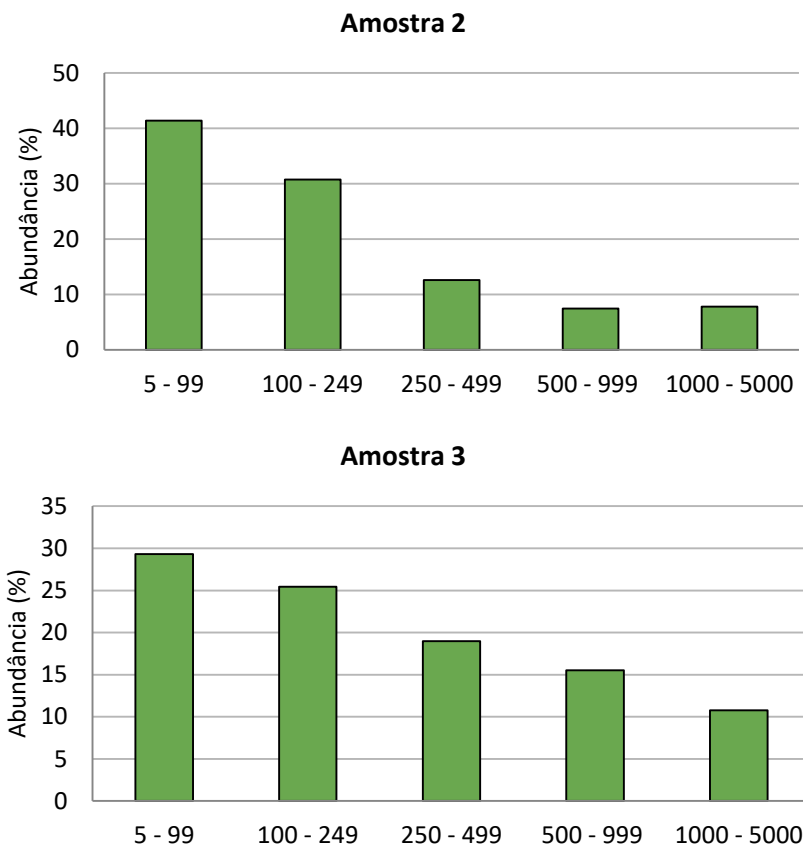
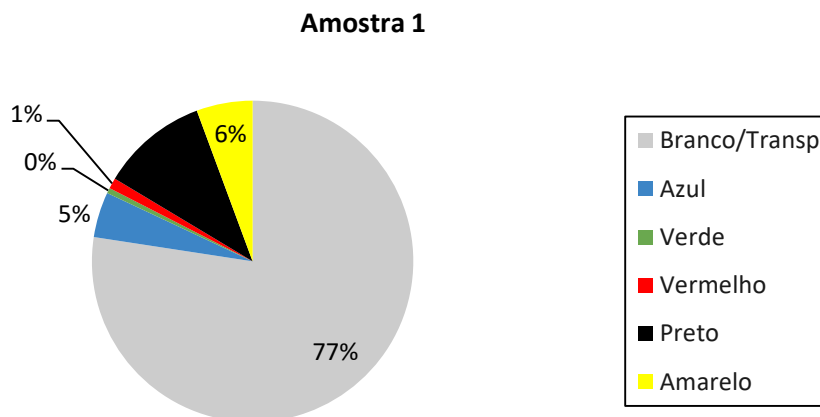
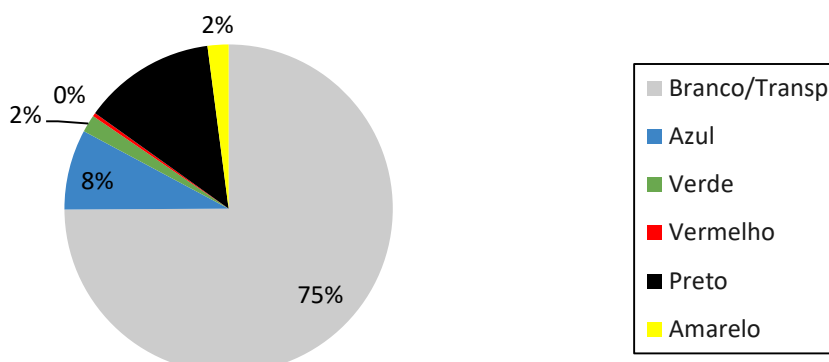


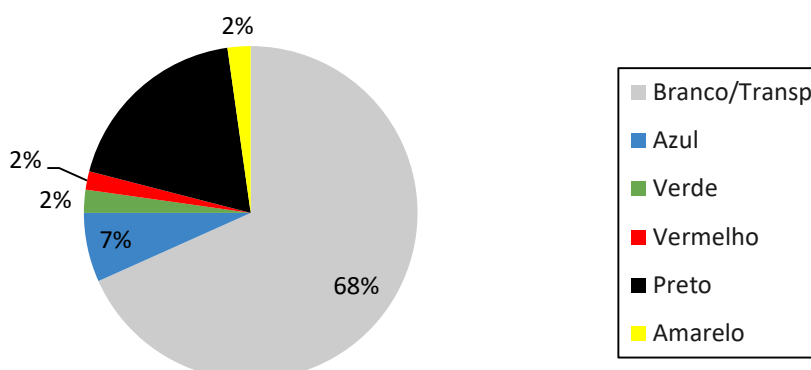
Figura 3: Abundância das diferentes cores de microplásticos nas amostras.



Amostra 2



Amostra 3



Ainda não existem estudos publicados para microplásticos em efluentes industriais tratados para que comparações acuradas sejam feitas; porém, comparando dados obtidos com estudos realizados avaliando a eficiência de remoção em estações de tratamento (IYARE *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2022), bem como estudo realizado no Rio Guaíba (BERTOLDI *et al.*, 2021), principal manancial hídrico de Porto Alegre e região metropolitana, encontramos grandes variações de concentrações.

A ocorrência de partículas pode variar com base nos procedimentos utilizados para tratamento de efluentes. Podemos tomar como exemplo países como Escócia, Itália, Austrália, Canadá e Estados Unidos, com concentrações de microplásticos em torno de 0,1 - 1 itens L^{-1} de efluente tratado; e países como Rússia, França, Dinamarca, Holanda e Finlândia, com concentrações médias entre 9,5 - 54 itens L^{-1} (IYARE *et al.* 2020). Justamente no ramo de estações de tratamento, países como Irã, Espanha, China e Coreia tiveram números entre 0,11 - 0,84 itens L^{-1} ; e Vietnã com 77,61 itens L^{-1} (WU *et al.* 2022). No Rio Guaíba, foram detectadas médias de 11,9 - 61,2 itens L^{-1} e, em comparativo, lagos de mesma dimensão na Patagônia e no Japão encontraram médias entre 0,3 - 1,9 itens L^{-1} e 0 - 12,0 itens L^{-1} , respectivamente (BERTOLDI *et al.*, 2021).

Atualmente alguns países são pioneiros na formulação de normativas para a redução de microplásticos nas águas. A União Europeia, por exemplo, proibiu a produção e comercialização de certos microplásticos primários. Já os Estados Unidos, mesmo ainda não tendo nenhuma normativa, está investindo fortemente no desenvolvimento de protocolos para coleta e análise das partículas em águas naturais no Estado da Califórnia, visando determinar limites para o poluente em breve.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das informações coletadas, afirmamos que nenhuma inferência sobre ramos industriais pôde ser feita por conta da amostragem. Apesar de termos verificado maior concentração de micropartículas plásticas na amostra 1, referente à central de tratamento de efluentes, não podemos afirmar que esse ramo industrial gera mais microplásticos através de suas águas residuárias, em função de se tratar de um projeto-piloto, em que não houve amostragem sistemática, nem todos os controles requeridos. Entretanto, ainda assim, pudemos ter uma ideia geral de que, entre as amostras verificadas, a central de tratamento teve maior concentração de partículas. O protocolo foi eficiente para separar física e quimicamente, a partir das amostras, partículas que poderiam ser posteriormente confirmadas como microplásticos através de espectroscopia.

Entendemos que a importância maior do estudo consiste em iniciar a elaboração de protocolos que possam fundamentar a inclusão desse micropoluinte no contexto da vigilância ambiental, identificando possíveis melhorias a serem feitas. Esperamos que esse estudo colabore e incentive a conscientização pela sociedade acerca deste grave problema ambiental, contribuindo para futuras ações e pesquisas que visem ao monitoramento e à mitigação desse preocupante contaminante nas águas continentais do Estado do RS.

Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por apoiar a pesquisa por meio de bolsas do PIBIC. Agradecemos também à Prof. Dr^a. Andreia Neves, do LAPACE, pelo auxílio indispensável durante a pesquisa, assim como na revisão deste resumo.

5. REFERÊNCIAS

AMATO-LOURENÇO, Luís Fernando *et al.* Presence of airborne microplastics in human lung tissue. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. 126124, 2021.

BERTOLDI, Crislaine *et al.* First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 759, p. 143503, 2021.

BROWNE, Mark Anthony *et al.* Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 21, p. 9175- 9179, 2011

CONTI, Gea Oliveri *et al.* Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. **Environmental Research**, v. 187, p. 109677, 2020.

DESFORGES, Jean-Pierre W.; GALBRAITH, Moira; ROSS, Peter S. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 69, p. 320-330, 2015.

ESTAHBANATI, Shirin; FAHRENFELD, Nicole L. Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water. **Chemosphere**, v. 162, p. 277-284, 2016.

FERRAZ, Marlon, *et al.* Microplastic concentrations in raw and drinking water in the Sinos River, Southern Brazil. **Water**, v. 12, n. 3115, 2020.

IYARE, P.U.; OUKI, S. K. & BOND, T. Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 6, n. 2664-2675, 2020.

KAY, Paul *et al.* Wastewater treatment plants as a source of microplastics in river catchments. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 20, p. 20264-20267, 2018.

LESLIE, Heather A. *et al.* Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. **Environment international**, v. 163, p. 107199, 2022.

RAGUSA, Antonio *et al.* Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, 2021.

RAGUSA, Antonio *et al.* Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. **Polymers**, v. 14, n. 13, p. 2700, 2022.



ROCHMAN, Chelsea M. *et al.* Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and their predator (*Acipenser transmontanus*). **PloS one**, v. 12, n. 11, p. e0187664, 2017.

STEER, Madeleine, *et al.* Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. **Environmental pollution**, v. 226, p. 250-259, 2017.

THOMPSON, Richard C., *et al.* Lost at sea: where is all the plastic?. **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838-838, 2004.

TREVISOL, Nicole. Microplásticos assumem “identidade divina” e estão onipresentes no meio ambiente. **Jornal da Universidade**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/ciencia/microplasticos-assumem-identidade-divina-e-estao-onipresentes-no-meio-ambiente/> >. Acesso em: 30/08/2024

WAGNER, Martin *et al.* Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2014.

WU, X *et al.* Wastewater treatment plants act as essential sources of microplastic formation in aquatic environments: A critical review. **Water Research**, v. 221, n. 118825, 2022.

YANG, Yunxiao, *et al.* Detection of various microplastics in patients undergoing cardiac surgery. **Environmental Science & Technology**, v. 57, n. 30, 2023.

ZETTLER, Erik R.; MINCER, Tracy J.; AMARAL-ZETTLER, Linda A. Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 13, p. 7137-7146, 2013.

ZUCCARELLO, P., *et al.* Exposure to microplastics (< 10 µm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. **Water research**, v.157, p. 365-371, 2019.

