

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DE MÁSCARAS DESCARTÁVEIS NO AMBIENTE MARÍTIMO UTILIZANDO ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Giovanna Lorenzi, Natalia Dini e Sophie Campos
Orientadores: Maria Eduarda Dias e Alessandro Ramos

INTRODUÇÃO

- As máscaras cirúrgicas, que podem ser de três ou quatro camadas, são compostas por polímero fundido (polipropileno) e se diferenciam pelo número de camadas (Kurian et al., 2021).
- Os microplásticos são partículas de plástico inferiores a 5mm originados da degradação de plásticos maiores, processo ocorrido pelo intemperismo (incidência de raios solares, vento, chuva, umidade e outros fenômenos), ou liberados diretamente como pequenas partículas no meio ambiente. (Sun, 2021; Leslie et al., 2022).
- Supõe-se que apenas uma máscara libera entre 0,88 milhão e 1,17 milhão de microplásticos durante sua decomposição completa (Sun, 2021).

JUSTIFICATIVA

- As máscaras, que estão sendo amplamente utilizadas por conta da pandemia causada pela COVID-19, ao serem descartadas, acabam no meio ambiente e são responsáveis por parte dos microplásticos encontrados no ambiente marítimo (Sun, 2021).
- Atualmente, a emissão global de poluição microplástica é de aproximadamente de 0,8 a 2,5 milhões de toneladas por ano (Hu, et al., 2021).
- Essas partículas desencadeiam diversos impactos ambientais e podem afetar os seres humanos também a longo prazo de forma desconhecida ainda para os cientistas (Jovanović, 2017).
- Contribuir para o cumprimento do objetivo de desenvolvimento sustentável da ONU que almeja conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2022).

OBJETIVOS

- Compreender como ocorre a biomagnificação;
- Entender os efeitos negativos na saúde humana causados pelos microplásticos;
- Aplicar um método de identificação de microplásticos em meios hídricos;
- Identificar resíduos liberados pelas máscaras no litoral gaúcho.

PROBLEMA DE PESQUISA

O trabalho procura avaliar o processo de degradação de máscaras descartáveis no ambiente marítimo utilizando espectrometria de infravermelho e microscopia eletrônica de varredura.

REFERENCIAL TEÓRICO

- A composição de produtos plásticos é uma preocupação, uma vez que, ao levar toxinas, o descarte incorreto deles se torna mais um fator ameaçador aos organismos do planeta (Chen, 2021).
- A absorção de microplásticos se torna um problema à saúde humana e à fauna marinha, decorrente de processos relacionados à cadeia alimentar, essas toxinas podem chegar até os seres e alavancar diversas malformações e funcionalidades nos organismos (Miller et al., 2020).
- Além disso, ao entrarem em contato com outros poluentes, como metais pesados, por exemplo, eles os absorvem e se tornam mais nocivos para os seres vivos (Cai, Peng, Wang, 2017).
- As consequências de partículas plásticas no corpo humano ainda são desconhecidas, mas sua eliminação e sua deposição é mais lenta que sua absorção, isso faz com que o sangue transporte esses microplásticos para órgãos e sistemas, como a placenta e o sistema digestivo (Leslie et al., 2022).
- É possível analisar, a partir dos dados coletados nos artigos, que os microplásticos estão presentes nos seres vivos, mas ainda não é possível saber sua extensão e seus riscos a longo prazo, principalmente, nos seres humanos.

METODOLOGIA

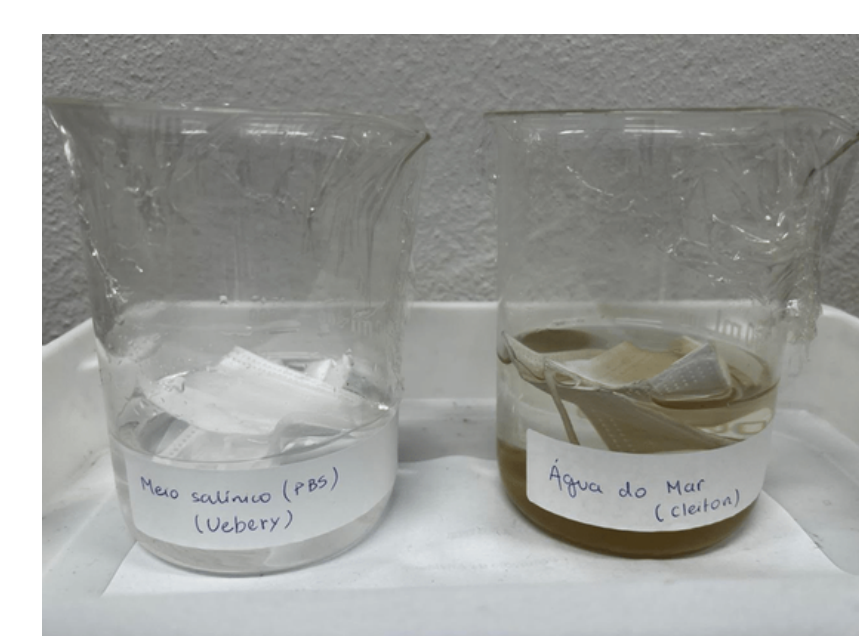
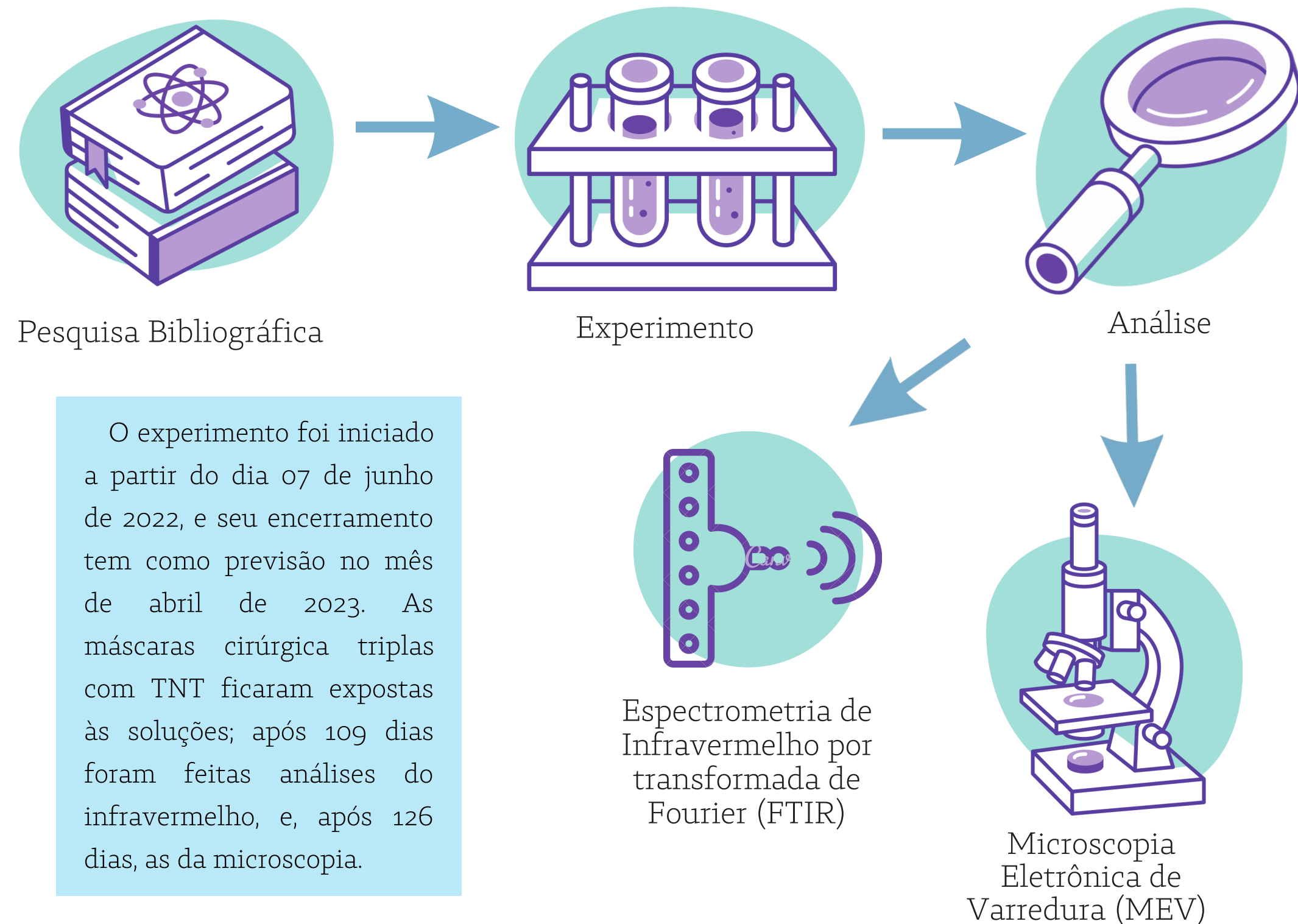


Figura 1: Foto do experimento no dia 22/06/2022 (Autores, 2022).

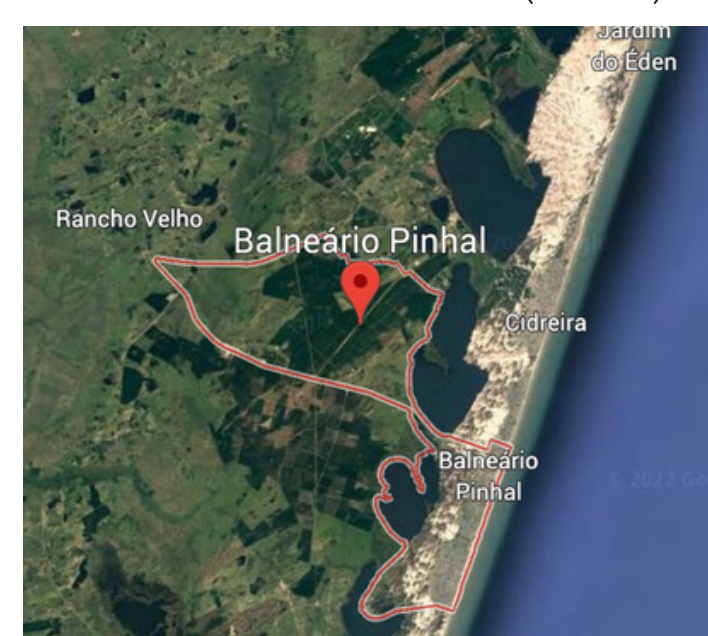


Figura 2: Foto via satélite de Balneário Pinhal, no bairro Pinhal Sul, local de retirada da água do mar para o experimento (Google Maps, 2022).

REFERÊNCIAS

ALBERTSSON, A. C.; ANDERSSON, S. O.; KARLSSON, S. The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer degradation and stability*, v. 18, n. 1, p. 73-87, 1987.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; JAYANTHI, B.; FAUZIYAH, S. H. Growth kinetics and biodegradation of polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. *And Rhodococcus* sp. isolate from mangrove sediment. *Marine Pollution Bulletin*, v. 127, p. 15-21, 2018.

CAI, L.; PENG, J.; WANG, J. Current understanding of microplastics in the environment: occurrence, fate, risks, and what we should do. *Integrated environmental assessment and management*, v. 13, n. 3, 2017.

CHEN, X. et al. Used disposable face masks are significant sources of microplastics to environment. *Environmental Pollution*, v. 285, 2021.

FORD, T. E. The microbial ecology of water distribution and outfall systems. *Aquatic Microbiology: An ecological approach*, 1993.

GU, J. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *International biodegradation & biodegradation*, v. 52, n. 2, p. 69-91, 2003.

GULMINE, I. V.; JANJISEK, P. R.; HEISE, H. M.; AKCELU, L. Degradation profile of polyethylene after artificial accelerated weathering. *Polymer degradation and stability*, v. 79, n. 3, p. 385-397, 2003.

HU, T.; SHEN, M.; TANG, W. *Wet wipes and disposable surgical masks are becoming new sources of fiber microplastic pollution during global COVID-19*. *Environmental science and Pollution Research*, v. 29, n. 1, 2022.

HUSAROVA, L.; MACHOVSKY, M.; GERYCH, P.; HUSSEJ, J.; KOUTRY, M. Aerobic biodegradation of calcium carbonate filled polyethylene film containing pro-oxidant additives. *Polymer Degradation and Stability*, v. 95, n. 9, p. 1794-1799, 2010.

JOVANOVIĆ, B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integrated environmental assessment and management*, v. 13, n. 3, 2017.

KURIAN, B. P.; DANIEL, S.; GHOSH, S. et al. The Need of Understanding the Importance and Use of Face Masks. *Journal of Current Medical Research and Opinion*, v. 4, 2021.

LESLIE, H. A. et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, v. 163, 2022.

MASOOD, F.; YASIN, T.; HAMEED, A. Comparative oxo-biodegradation study of poly-3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate/polypropylene blend in controlled environments. *International Biodegradation & Biodegradation*, v. 87, p. 1-8, 2014.

MATSUNAGA, M.; WHITNEY, P. J. Surface changes brought about by corona discharge treatment of polyethylene film and the effect on subsequent microbial colonisation. *Polymer Degradation and Stability*, v. 70, n. 3, p. 325-332, 2000.

MILLER, M. E. Bioaccumulation, and biomagnification of microplastics in marine organisms: a review and meta-analysis of current data. *PLoS One*, v. 15, n. 10, 2020.

MIYAZAKI, K.; ARAI, T.; SHIBATA, K.; TERANO, M.; NAKATANI, H. Study on biodegradation mechanism of novel oxo-biodegradable polypropylenes in the aqueous medium. *Polymer degradation and stability*, v. 97, n. 11, p. 2177-2184, 2012.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 03 de novembro de 2022.

PEIXOTO, J.; SILVA, L. P.; KRUGER, R. H. Brazilian Cerrado soil reveals an untapped microbial potential for untreated polyethylene biodegradation. *Journal of Hazardous Materials*, v. 324, p. 634-644, 2017.

PIRES, J. P. et al. Natural freshwater degradation of polypropylene blends with additives of a distinct nature. *Polymer Bulletin*, v. 78, n. 4, p. 2025-2042, 2021.

SIVAN, A. New perspectives in plastic biodegradation. *Current opinion in biotechnology*, v. 22, n. 3, p. 422-426, 2011.

SKARIYACHAN, S.; PATIL, A. A.; SHANKAR, A.; MANJUNATH, M.; BACHAPPANAVAR, N.; KIRAN, S. Enhanced polymer degradation of polyethylene and polypropylene by novel thermophilic consortia of *Streptomyces* sp. and *Amorphaobacillus* sp. screened from waste management landfill and sewage treatment plants. *Polymer Degradation and Stability*, v. 149, p. 52-68, 2018.

SUN, J. et al. Release of Microplastics from Discarded Surgical Masks and Their Adverse Impacts on the Marine Copepod *Tigropus japonicus*. *Environmental Science & Technology Letters*, v. 8, 2021.

TAVARES, L. B.; ROCHA, R. G.; ROSA, D. S. An organic bioactive pro-oxidant behavior in thermal degradation kinetics of polypropylene films. *Iranian Polymer Journal*, v. 26, n. 4, p. 273-280, 2017.

RESULTADOS

→ Espectrometria no Infravermelho

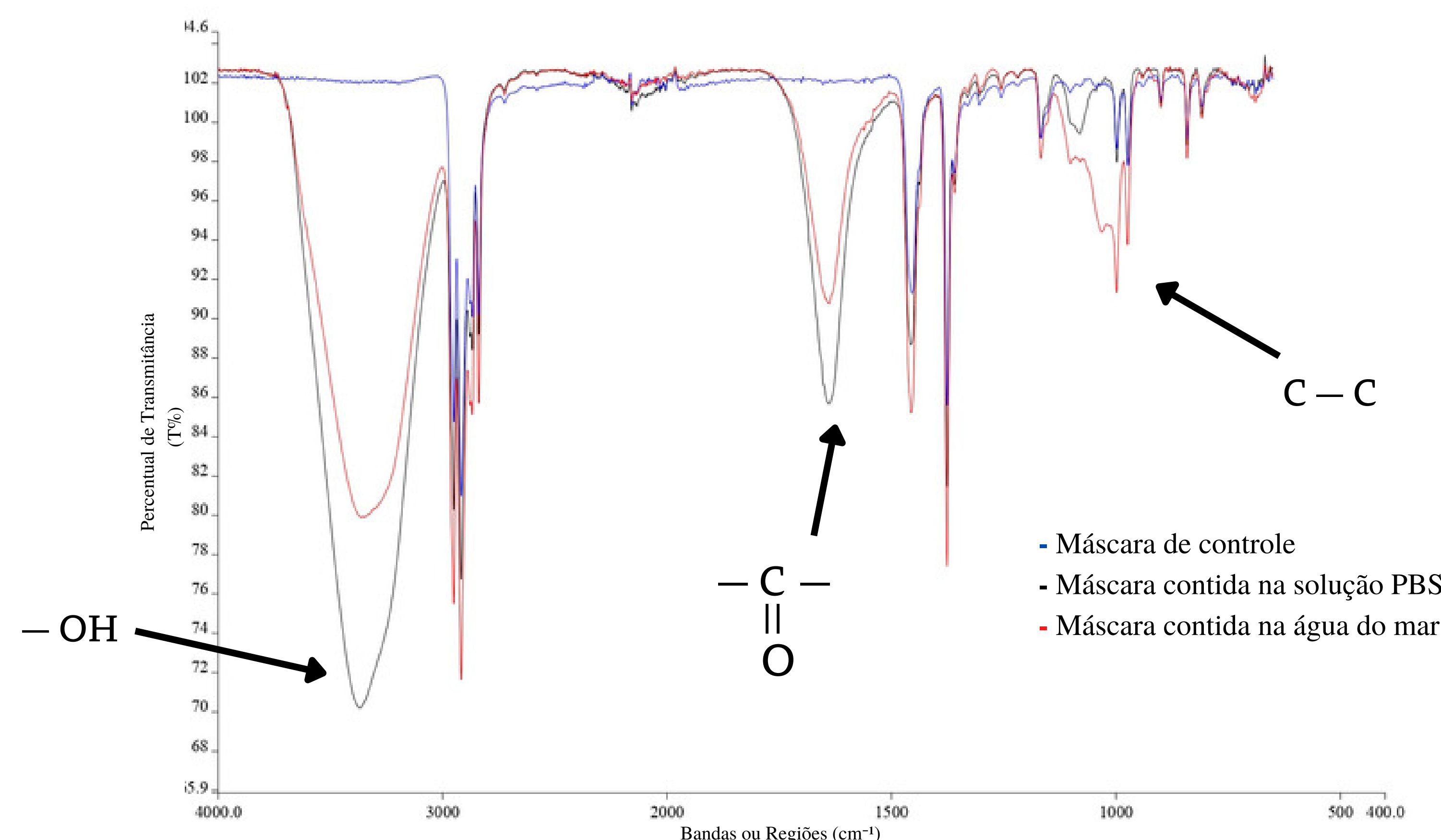


Figura 3: Gráfico da análise Espectrometria Infravermelho das máscaras e legendados pelas alunas do projeto (LabCEMM PUCRS, 2022).

A partir da análise de infravermelho, foi constatado que, diferentemente da máscara de controle, as contidas na solução PBS e na água do mar apresentaram sinais de degradação mais evidente, como:

- A banda 3350 cm^{-1} condiz com uma deformação axial da hidroxila (OH), apontando a absorção de água na cadeia carbônica (polímero) (Gulmine et al., 2003; Tavares et al., 2017).
- A região de 1727 cm^{-1} corresponde à presença de carbonila e indica que a máscara está em estado de degradação (Albertsson et al., 1987).
- A banda 1007 cm^{-1} a 1100 cm^{-1} pode corresponder ao estiramento da ligação -NO, indicando a possível presença de microorganismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Miyazaki et al., 2012; Peixoto et al., 2017; Auta et al., 2018; Skariyachan et al., 2018; Pires et al., 2021).
- A região 1007 cm^{-1} a 1100 cm^{-1} também pode corresponder ao estiramento da ligação C-C, que é outro indicador de degradação (Masood et al., 2014).

→ Microscopia Eletrônica de Varredura

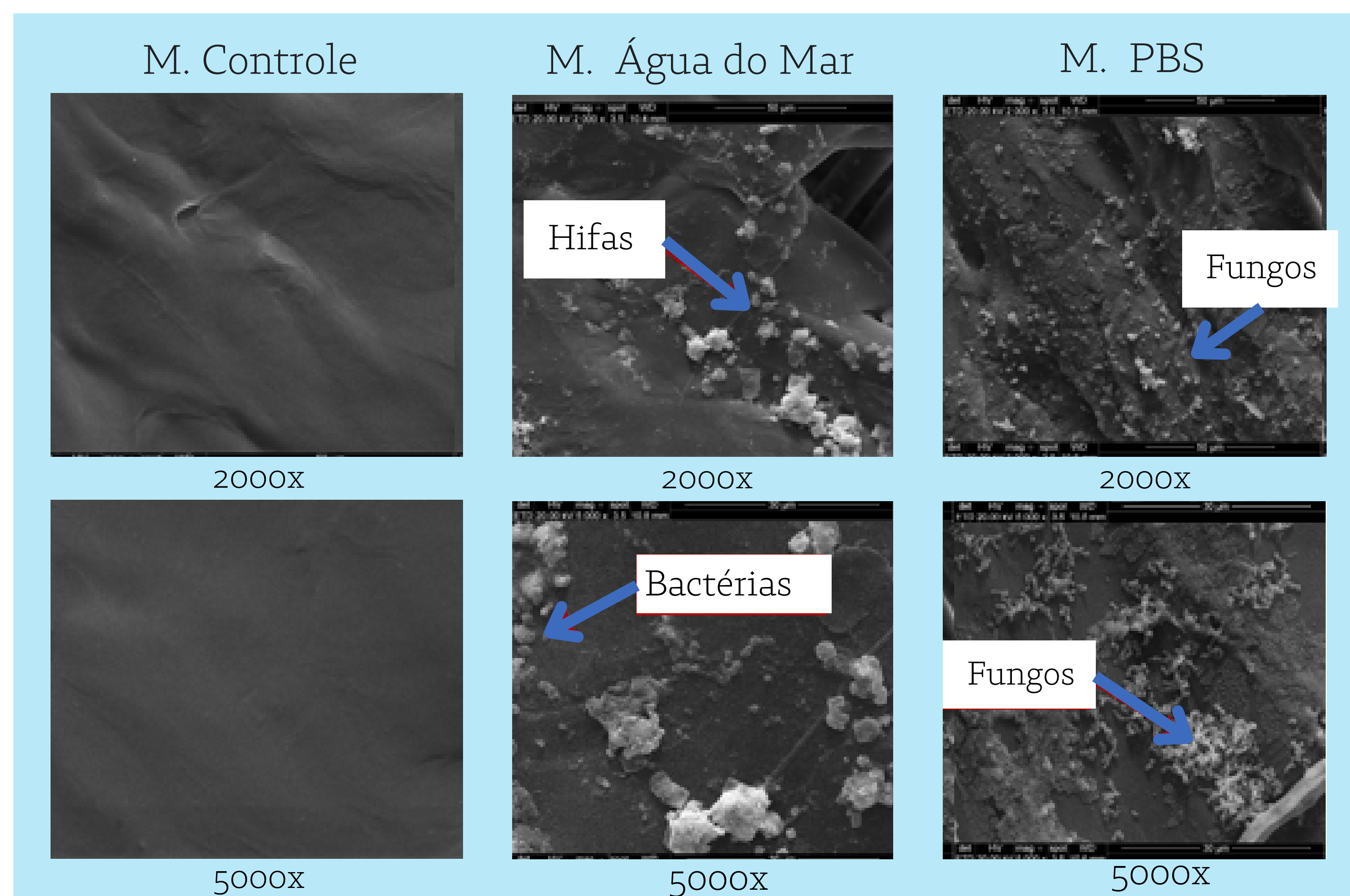


Figura 4: Gráfico da análise Microscopia Eletrônica de Varredura das máscaras e legendados pelas alunas do projeto (magnificação de 2000x e 5000x) (LabCEMM PUCRS, 2022).

As análises por Microscopia Eletrônica de Varredura foram realizadas a fim de avaliar a morfologia e a composição química das amostras coletadas, além de comprovar hipóteses levantadas a partir da análise do infravermelho. Após a análise, foram feitas as seguintes conclusões:

- A máscara de controle, conforme esperado, não apresentou sinais de microorganismos.
- A máscara que estava na água do mar apresentou sinais de microorganismos em sua superfície, como bactérias e hifas (Pires et al., 2021; Matsunaga e Whitney, 2000; Husarova et al., 2010; Sivan, 2011).
- A máscara que estava na PBS apresentou uma grande quantidade de fungos em sua superfície (Pires et al., 2021; Matsunaga e Whitney, 2000; Husarova et al., 2010; Sivan, 2011).
- Ambas as amostras que foram utilizadas no ensaio de degradação apresentaram a formação de biofilme (Pires et al., 2021; Ford, 1993; Gu, 2003).
- O biofilme é composto por um grande agrupamento de microorganismos e polissacarídeos extracelulares (Pires et al., 2021; Ford, 1993; Gu, 2003).
- A presença desses microorganismos é mais um indicador de que as máscaras estão, possivelmente, em processo de degradação.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a biomagnificação e a bioacumulação são processos que contribuem fortemente para a contaminação e a disseminação em massa dos microplásticos. Além disso, sabe-se que os microplásticos podem ser prejudiciais aos seres humanos a longo prazo, mas ainda não se descobriu exatamente de que maneira eles podem afetar as pessoas. Isso acontece por conta da inserção dessas partículas na cadeia alimentar marinha por meio da ingestão acidental dos microplásticos pelos seres vivos. Ademais, pode-se concluir com a Espectrometria no Infravermelho, método utilizado para detectar alguns compostos e ligações químicas que indicam a composição química do material analisado, que as máscaras utilizadas no experimento, tanto a na solução Fosfato Bufferado Salino (PBS) quanto a na água do mar, apresentaram compostos que indicam o possível processo de degradação e formação microplástica, com a provável presença de microorganismos. Deve-se ressaltar que a Espectrometria no Infravermelho apenas indica uma possibilidade da presença de compostos químicos no material analisado. Dessa forma, foi utilizado o método de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para buscar resultados mais conclusivos. A presença de microorganismos se mostrou significativa após as análises da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), concluindo que os microorganismos têm um papel fundamental no processo de degradação das máscaras. Portanto, diversas hipóteses iniciais foram atingidas, além dos objetivos inicialmente propostos. No entanto, ainda não foi possível encontrar alterações químicas e microplásticos na água, pois ainda não foram feitas análises nas soluções do ensaio de degradação nessa fase do projeto.

PERSPECTIVAS FUTURAS

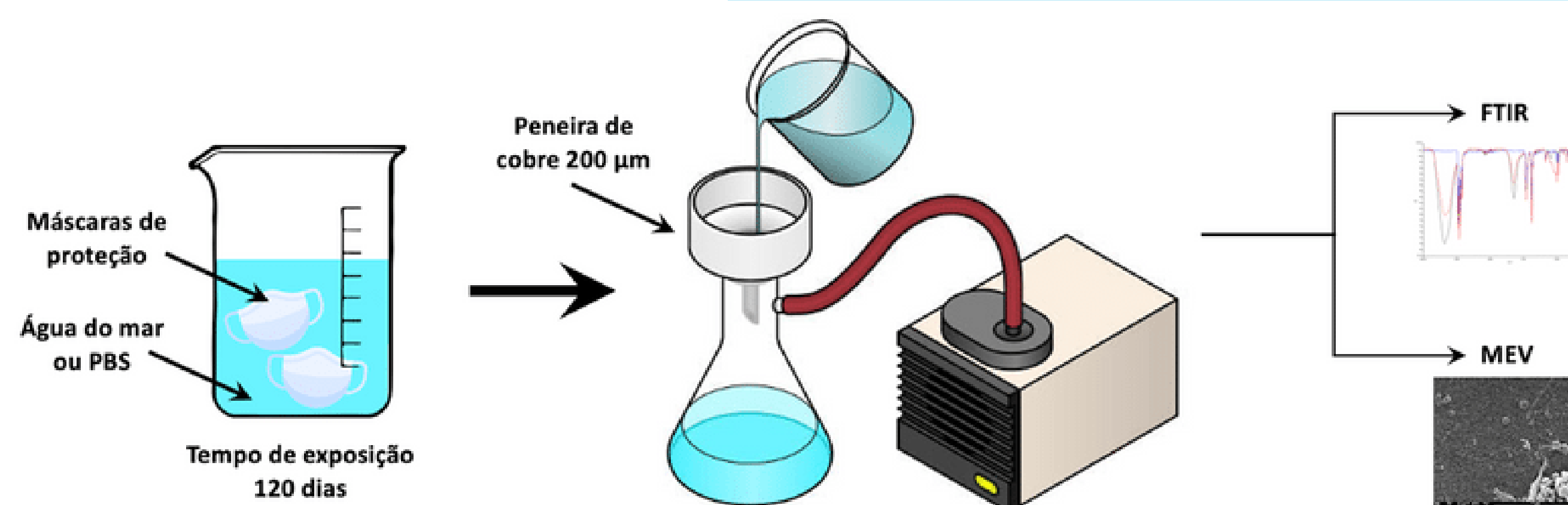


Figura 5: Passo dos futuros passos da metodologia (Autores, 2022).