



# Qual a relação entre poluição marinha por plástico e mudança do clima?



ESTRATÉGIA NACIONAL  
**OCEANO**  
**SEM PLÁSTICO**



Foto: Leandro Coelho

# Poluição por plástico no Oceano e Emergência Climática

Este documento foi elaborado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica nº 56/2023-MMA, firmado entre a Secretaria Nacional de Mudança do Clima do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e o Instituto Oceanográfico e o Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IO-USP), no contexto da Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano.

Seu objetivo é apresentar a interrelação entre a poluição por plástico no oceano e a mudança do clima. Trata-se de um documento preliminar voltado à elaboração de um Policy Brief sobre poluição marinha por plásticos e emergência climática.



# SUMÁRIO EXECUTIVO



## PONTOS DE ATENÇÃO



Plásticos descartáveis de uso único e baixa reciclagem são os resíduos mais encontrados nos ambientes costeiros e marinhos;



Atualmente a cadeia produtiva do plástico emite entre 3% a 8% das emissões globais de gases de efeito estufa, podendo esse percentual dobrar até 2060;



Do total de emissões, 94% ocorrem no início da cadeia do plástico (extração da matéria-prima, polimerização e produção de plásticos primários);



Na medida em que a produção de energia migra para fontes renováveis, a produção de plásticos surge como alternativa à indústria petroquímica. Estima-se que, até 2050, cerca de 20% da produção global de petróleo seja destinada à produção de resinas poliméricas;



A poluição por plásticos no oceano aumenta a vulnerabilidade dos ecossistemas marinhos e costeiros às mudanças do clima, reduz sua capacidade de resiliência e compromete o papel do oceano como sumidouro de carbono, além de impactar a vida das comunidades costeiras;



É necessário fortalecer a integração entre as discussões sobre poluição por plásticos e mudança do clima nos âmbitos internacional, nacional e local, promovendo, por exemplo, uma abordagem sistemática e harmonizada para monitorar, avaliar e reportar as emissões de GEE associadas aos plásticos ao longo de todo o seu ciclo de vida. Essas ações podem ser formalmente incorporadas às NDCs e às LT-LEDS dos países.



# 1. INTRODUÇÃO



## 1.1 A crise dos plásticos

O princípio da indústria do plástico data do início do século XX, mas foi somente a partir da década de 1950 que se observou uma expansão significativa na produção global deste material (Tiseo, 2021). Devido às suas características intrínsecas, como alta durabilidade, resistência mecânica e química, e capacidade de preservação, os plásticos se tornaram materiais amplamente utilizados, especialmente em utensílios de uso único.

A poluição no oceano advinda desse uso intensivo de plásticos vem sendo descrita desde os anos 1970 (Carpenter & Smith, 1972; Colton et al., 1974), mas apenas após o início do século XXI consolidou-se a percepção de seus impactos em escala planetária (Thompson et al., 2004). Atualmente, o plástico representa uma das principais fontes de geração de resíduos sólidos e estima-se que quase 80% de todo o plástico produzido até hoje no mundo teve seu destino em aterros sanitários ou em ambientes naturais - com apenas uma pequena parcela de fato reciclada (menos de 10%) (Geyer et al., 2017).

Ao longo do tempo, itens plásticos podem sofrer fragmentação progressiva em partículas menores, conhecidas como microplásticos, tipicamente classificados como partículas de tamanho inferior a 5 mm. Além de sua origem por meio da fragmentação de itens maiores, os microplásticos também possuem sua origem em produtos fabricados nesse tamanho para a indústria e comércio, como os pellets e as microesférulas (Arthur et al., 2009). Os microplásticos apresentam baixa taxa de degradação, alta persistência ambiental e grande capacidade de dispersão, tornando-se uma preocupação crescente para a ciência e para a gestão ambiental.

No Brasil e no mundo, centenas de áreas de proteção ambiental integral já apresentam níveis expressivos de contaminação por microplásticos (Nunes et al., 2023; 2025). Esses achados indicam que, além de fontes locais, as partículas plásticas são transportadas por rios, estuários e correntes marinhas, alcançando áreas distantes da fonte de emissão, incluindo regiões profundas do oceano ainda pouco conhecidas (Cozar et al., 2014; Justino et al., 2022).

A produção e consumo excessivo de plásticos, associado a uma má gestão de resíduos resultaram em milhões de toneladas de resíduos plásticos, de tamanhos grandes a microscópicos, que se acumulam em aterros sanitários, meio ambiente, e até no corpo humano.

Estudos de modelagem em escala global estimaram que aproximadamente 47% dos resíduos plásticos produzidos em 2015 tiveram destinação final inadequada, alcançando diferentes compartimentos ambientais, inclusive o oceano (Lebreton & Andrade, 2019). Este estudo indica que entre 60 e 99 milhões de toneladas de resíduos plásticos mal geridos foram gerados globalmente em 2015, e que esse

valor poderá triplicar, alcançando entre 155 e 265 milhões de toneladas por ano até 2060, caso se mantenha um cenário de negócios como de costume.

O estudo também aponta que a maior parte dos resíduos plásticos mal geridos (91%) é transportada por bacias hidrográficas com mais de 100 km<sup>2</sup>, destacando o papel dos rios como principais vias de entrada de plásticos no oceano. Outra projeção indicou que cerca de 5,25 trilhões de partículas plásticas, equivalentes a 269 milhões de toneladas, já circulavam no ambiente marinho em 2013 (Ericksen et al., 2014).

No Brasil, um estudo recente apontou que cerca de um terço de todo o plástico que entra no mercado no país (3,44 milhões de toneladas) está propenso ao escape para o ambiente anualmente, com áreas de alto risco para sua chegada no oceano (Alencar et al., 2023). Ao longo do litoral brasileiro, o plástico compreende o principal macro (> 5 mm) e micro (< 5 mm) resíduo sólido presente nas praias (Andrade et al., 2020; Pegado et al., 2023). Trata-se de um passivo persistente, pois praticamente todo o plástico produzido até hoje permanece no planeta.

Nesse sentido, estudos destinados a avaliar a poluição marinha por plásticos são urgentemente necessários, pois a implementação de soluções eficazes requer uma compreensão profunda dos tipos, características e fontes dos poluentes, bem como dos fatores que influenciam sua distribuição e abundância (Santos et al, 2024). Esses dados reforçam que a poluição por plásticos é, não apenas um problema atual, mas também uma tendência crescente se medidas estruturais de gestão e redução não forem implementadas.

## 1.2 Plásticos e a mudança do clima

A poluição por plásticos se relaciona com todos os aspectos da tripla crise planetária: mudanças climáticas, perda de biodiversidade e poluição (Villarrubia-Gómez et al., 2024). Na perspectiva das mudanças do clima, os plásticos geram impactos ao longo de todo o seu ciclo de vida visto que, 90% dos polímeros plásticos produzidos atualmente têm como base matérias-primas fósseis (OCDE, 2023). Estima-se que a cadeia produtiva do plástico seja responsável por entre 3% e 8% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), podendo esse percentual dobrar até 2060 (CIEL, 2019; Meng et al., 2023; OCDE, 2022; Zheng & Suh, 2019).

Do total de emissões, 94% ocorrem nas etapas iniciais da cadeia, sendo 9% na extração da matéria-prima e 85% na polimerização e produção de plásticos primários (GRID-Arendal, 2024). A gestão de resíduos plásticos é responsável por cerca de 6% das emissões de GEE (Cabernard et al., 2022), sendo a incineração a opção mais emissora, contribuindo com 140 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente (OCDE, 2023).

Contudo, é possível que as emissões ao longo do ciclo de vida dos plásticos sejam ainda maiores. O relatório do GRID-Arendal (2024) destaca lacunas de conhecimento sobre as emissões de GEE durante a etapa de consumo, que inclui distribuição, uso e reúso de produtos plásticos. Além disso, a poluição por plásticos também agrava as mudanças climáticas, na medida em que, especialmente os plásticos de baixa densidade, emitem gases como metano e etileno durante sua lenta degradação no meio ambiente (Royer et al., 2018).

Na medida em que países e empresas assumem compromissos climáticos e a produção de energia migra para fontes renováveis, a produção de plásticos surge como estratégia da indústria petroquímica para manter suas atividades e lucratividade (Gonzalez, 2025). Estima-se que até 2050, cerca de 20% da produção global de petróleo seja destinada a atividades petroquímicas como a produção de resinas poliméricas (IEA, 2018) sendo responsável por até 15% das emissões anuais de carbono (Zheng & Suh, 2019). Esse cenário é evidenciado pela previsão de instalação de mais de 1400 plantas industriais para produção de plásticos até 2027 (Gonzalez, 2025).

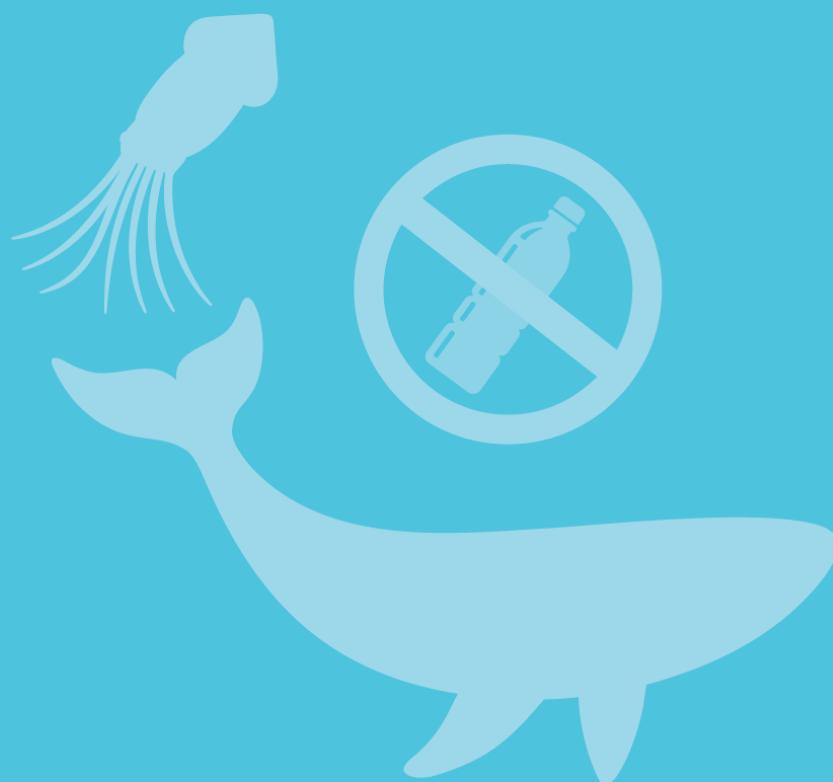
Isso é especialmente preocupante, considerando que a maior parte das emissões ocorre durante a produção e que esses complexos petroquímicos são altamente dependentes de precursores fósseis. Essa dependência gera o chamado “lock-in” tecnológico, ou seja, uma vez construídas, essas plantas industriais ficam “presas” ao modelo que as originou, visando assegurar os investimentos realizados (Tilsted et al., 2023). É importante destacar que o “lock-in” também pode ocorrer na fase de gestão de resíduos, como nas plantas de incineração. Esses bloqueios estruturais dificultam a formulação e implementação de políticas eficazes de redução da produção de plásticos e desaceleram a transição para uma economia de baixo carbono (Tilsted et al., 2023).



Foto: Ricardo Gomes/Instituto Mar Urbano



## 2. IMPACTOS NO OCEANO



A poluição marinha por plásticos é um problema urgente, que além de ser uma questão ambiental, sua natureza transfronteiriça destaca por que o direito internacional deve ser vigilante e regulatório, como fez com as mudanças climáticas por meio da estrutura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (Guilloux & Schumm, 2016) e, mais especificamente, por meio do Acordo de Paris. Para entender melhor a complexidade da relação entre poluição marinha por plásticos e o clima é necessário aprofundar alguns aspectos.

Primeiramente, o nexo “oceano-clima” e o crescente reconhecimento do papel do oceano nas mudanças climáticas, particularmente no que diz respeito à sua vulnerabilidade e à sua contribuição para as soluções climáticas. As mudanças climáticas representam ameaças significativas aos ecossistemas marinhos, como o aquecimento, a acidificação e a desoxigenação do oceano, que estão exacerbando os impactos sobre a biodiversidade, as comunidades costeiras e a economia. Apesar desses desafios, o oceano também desempenha um papel crucial como o maior sumidouro de carbono do mundo, absorvendo uma parcela substancial das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> e do calor mantido no planeta por nossa atmosfera.

A poluição por plásticos no oceano faz com que os ecossistemas marinhos sejam mais afetados pelas mudanças do clima e menos resilientes a se recuperarem, bem como compromete a capacidade do oceano em atuar como um sumidouro de carbono e ainda afeta a vida das comunidades costeiras, como detalhado a seguir.

Entre os impactos diretos, destaca-se a deposição de microplásticos sobre a neve, o que reduz a capacidade dos ecossistemas polares de refletirem a luz solar (albedo), sobretudo no caso de partículas de coloração escura, que intensificam a absorção de calor (Bergmann et al., 2022). Tal processo agrava o já conhecido feedback positivo do derretimento do gelo, acelerando a perda das regiões polares e glaciares, contribuindo para a elevação do nível do mar e intensificando as mudanças climáticas (Bergmann et al., 2022; Stefánsson et al., 2021). Além disso, microplásticos podem bloquear a passagem de luz nas camadas superficiais do oceano, que, em conjunto com o aquecimento das águas, prejudica o crescimento de fitoplâncton, levando à redução da captação de CO<sub>2</sub> por esses microrganismos durante o processo de fotossíntese (Cousins et al., 2025).

Não apenas na coluna d’água, a poluição por plásticos também prejudica a capacidade de outros ecossistemas costeiros em atuarem como sequestradores de CO<sub>2</sub> e outros GEE. No caso dos manguezais, mesmo pequenas quantidades de microplásticos (0,1% do peso do sedimento) podem aumentar significativamente as emissões de CO<sub>2</sub>, pois sua presença altera a composição do sedimento nos manguezais, aumentando a porosidade e os níveis de oxigênio, o que afeta a

evaporação da água e a respiração microbiana (Lin et al., 2024). Como resultado, há menor absorção de carbono orgânico e maior troca de gases com o ambiente. Além disso, os microplásticos influenciam a produção e o consumo de outros GEE, como metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), e afetam comunidades de fungos no sedimento (Lin et al., 2024).

Finalmente, a poluição por plásticos é um estressor para a fauna e flora marinha e pode diminuir a capacidade dos ambientes marinhos se recuperarem de eventos climáticos extremos, como no caso dos recifes de corais, em que a poluição por plásticos aumenta em 22 vezes a chance de desenvolvimento de doenças nesses ecossistemas (Akhtar et al., 2022). Ou seja, a poluição por plásticos contribui para um oceano menos resiliente às mudanças climáticas.

Considerando impactos indiretos, uma vez dispersos no ambiente, plásticos e microplásticos podem ser colonizados por microrganismos que formam biofilmes, podendo atuar como vetores de agentes patogênicos e adsorver aditivos químicos, além de interagir diretamente com organismos vivos (Teuten et al., 2007; Pinheiro et al., 2021). Neste contexto surge o conceito da plástisfera, que vem a ser um ecossistema de origem humana constituído por organismos capazes de viver em resíduos de plástico (Amaral-Zettler, Zettler & Mincer, 2020). Esses processos elevam significativamente o potencial impacto ecológico da contaminação por microplásticos e os riscos à saúde humana.

Crucialmente, a formação desses biofilmes e sua agregação com matéria orgânica facilitam o afundamento das partículas. Dessa forma, os microplásticos são incorporados à chamada “bomba biológica de plástico” (biological plastic pump) (Galgani et al., 2022), alterando a exportação vertical de carbono para as águas profundas. Essa interferência em processos essenciais do oceano, como o ciclo do carbono e a atividade microbiana, tem o potencial de gerar consequências indiretas para os serviços ecossistêmicos e para o sistema climático global (MacLeod et al., 2021; Stubbins, 2025).

Além disso, os microplásticos, misturados à areia da praia, afetam o perfil térmico dos sedimentos devido ao calor específico do plástico ser maior que o calor específico da areia, fazendo com que o ganho ou a perda de calor nos sedimentos seja mais lenta (Wen, 2007; Andrade, 2011). Assim, locais com alta concentração de microplásticos impedem a perda de calor à noite para a atmosfera ou o solo, resultando em um aumento líquido na temperatura média dos sedimentos. Esse aumento de temperatura pode alterar o sexo de filhotes de tartarugas marinhas e/ou alterar a produtividade do ninho (Fuentes, Beckwith & Ware, 2023), o que afeta a recuperação destas espécies ameaçadas de extinção, particularmente em combinação com mudanças climáticas e aumentos nas temperaturas atmosféricas (Fuentes et al., 2011; Patrício et al., 2019; Patrício et al., 2021; Santidrián Tomillo et al., 2015).

Não menos importante, impactos sinérgicos advindos da poluição por plásticos e das mudanças climáticas afetam negativamente a vida e modos de subsistência de comunidades costeiras, em especial populações vulnerabilizadas. Por exemplo, eventos extremos causados pelas mudanças climáticas, como enchentes, aumentam a dispersão de resíduos plásticos para o oceano, agravando ainda mais o problema (Gündogdu et al., 2018; MacAfee & Löhr, 2023; Patterson et al., 2025). Por outro lado, a existência de lixo plástico nas cidades aumenta a probabilidade de enchentes quando há chuvas intensas (MacAfee & Löhr, 2023).

Finalmente, a contaminação da flora e fauna marinha por resíduos plásticos vem sendo registrada em todos os níveis da cadeia trófica, o que pode comprometer a segurança alimentar e a renda das comunidades pesqueiras pela redução no pescado e maior tempo e recursos despendidos para essa atividade (Abalansa et al., 2020; Aretoulaki et al., 2021).

Foto: Larissa Godoy/MMA





### 3. COMO ENDEREÇAR O PROBLEMA



A poluição por plásticos está intrinsecamente ligada à mudança do clima. A intersecção desses dois estressores globais levam à combinação de impactos locais sinérgicos e devem ser avaliados em conjunto (Ghedini et al., 2013). Dessa forma, é preciso reconhecer que ações de combate a esta poluição representam também uma estratégia de combate às mudanças climáticas.

Apesar da evidente relação entre os temas, as respostas políticas internacionais permanecem insuficientes e acordos climáticos globais não abordam diretamente a interseção entre plásticos e mudanças climáticas. Não há, no âmbito da UNFCCC, uma abordagem sistemática e harmonizada para monitorar, avaliar e reportar as emissões de GEE associadas aos plásticos ao longo de todo o seu ciclo de vida (González, 2025; GRID-Arendal, 2024). Tampouco há mecanismos consolidados de rastreabilidade dos impactos climáticos dos plásticos, o que limita a capacidade de mensuração e respostas (GRID-Arendal, 2024).

Essa lacuna representa uma oportunidade estratégica para que futuras Conferências das Partes (COPs) discutam e proponham diretrizes específicas sobre o tema, promovendo maior integração entre as agendas de clima e poluição por plásticos. Uma vez que essa relação seja melhor compreendida e monitorada, será possível propor ações mais eficazes, tanto em nível global quanto nacional. Tais ações poderão ser formalmente incorporadas às Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) e às Estratégias de Desenvolvimento de Baixas Emissões de Longo Prazo (LT-LEDS), fortalecendo o alinhamento entre compromissos ambientais e climáticos (GRID-Arendal, 2024).

Para reduzir as emissões de GEE ao longo da cadeia do plástico, é fundamental adotar estratégias integradas que envolvam, primeiramente, a redução da produção de plásticos primários (CIEL, 2023; González, 2025). Adicionalmente, investir na descarbonização da produção de plásticos, por meio da modernização de processos industriais, da adoção de tecnologias limpas e da transição para fontes de energia não fósseis (GRID-Arendal, 2024). Além disso, é necessário fortalecer a cooperação institucional entre o regime climático da UNFCCC e o futuro Tratado Global dos Plásticos (GRID-Arendal, 2024).

Nesse sentido, é crucial fomentar a cooperação científica para preencher as lacunas de conhecimento da relação plásticos-clima, incluindo a articulação entre o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o recém estabelecido Painel Intergovernamental sobre Produtos Químicos, Resíduos e Poluição (ISP-CWP) e o futuro comitê científico do Tratado Global dos Plásticos. Por fim, a criação de mecanismos de financiamento sustentável é fundamental para viabilizar uma transição justa da cadeia do plástico para modelos de baixo carbono, garantindo que os compromissos assumidos se traduzam em ações concretas e duradouras.

Por fim, ainda que respostas internacionais sejam necessárias, estas podem demorar anos para serem negociadas e implementadas. Enquanto isso, investir em soluções nacionais e subnacionais é crucial para, ao mesmo tempo, mitigar o problema e se adaptar às novas realidades que se impõe. Assim, a redução da produção e do consumo de plásticos, bem como a melhoria na gestão de seus resíduos, inclusive no ambiente marinho, compõem uma frente complementar e necessária às políticas climáticas em curso.

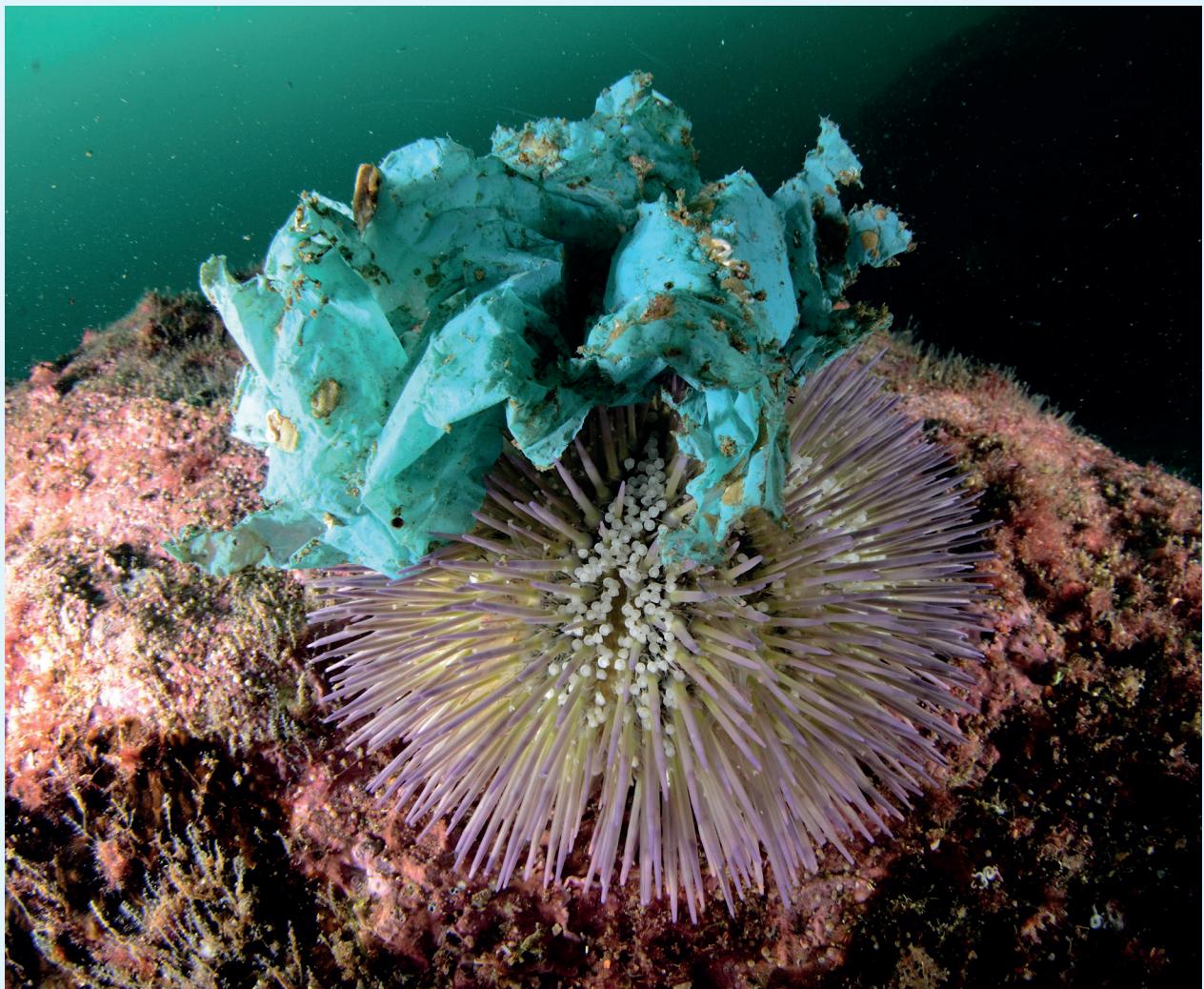


Foto: Enrique Talledo/Oceana

## **Elaborado por:**

**Adriana Isabelle Barbosa Sá Leitão Di Pasquale** – Ph.D. em Direito Internacional e Europeu pela Universidade de Pisa e pela Universidade Federal do Ceará.

**Alexandre Clistenes de Alcântara Santos** – Laboratório de Ictiologia e Pesca, Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Anne K. S. Justino** – Universidade Federal Rural de Pernambuco e Laboratório Misto Internacional TAPIOCA.

**Carla I. Elliff** – Núcleo de Pesquisa em Organizações, Sociedade e Sustentabilidade, Universidade de São Paulo.

**Catarina Luiza Damasceno Lima da Silva** – Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

**Gabriela Albara Lando** – Dra. em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Ítalo Braga de Castro** – Universidade Federal de São Paulo - Campus Baixada Santista.

**João Ricardo Holanda** – Universidade Federal do Ceará e Faculdade Luciano Feijão.

**Julietta Denise Cebuhar** – Laboratório de Conservação da Ecologia e Megafauna Marinha, Universidade Federal de Rio Grande.

**Natalia de Miranda Grilli** – Universidade da Tasmânia (Austrália) e Cátedra Unesco para Sustentabilidade do Oceano (Brasil).

**Ryan Andrades** – Departamento de Oceanografia e Ecologia – Universidade Federal do Espírito Santo.

## **Coordenação:**

**Alexander Turra** – Coordenador da Cátedra da Unesco para a Sustentabilidade do Oceano, Universidade de São Paulo.

**Ana Paula Leite Prates** – Diretora de Oceano e Gestão Costeira da Secretaria Nacional de Mudança do Clima do MMA.

**Larissa Cruz Godoy** – Chefe da Divisão de Combate à Poluição Marinha do Departamento de Oceano e Gestão Costeira do MMA.

Como citar esse documento: Grilli, N.M.; Silva, C.L.D.L; Cebuhar, J.D; Holanda, J.R.; Di Pasquale, A.I.B.S.L; Lando, G.A.; Justino, A.K.; Santos, A.C.A.; Andrades, R.; Castro, I.B.; & Elliff, C.I. 2025. Poluição por plástico no oceano e emergência climática. 24p.



## REFERÊNCIAS

Abalansa, S., El Mahrad, B., Vondolia, G. K., Icely, J., & Newton, A. (2020). The marine plastic litter issue: A socio-economic analysis. *Sustainability*, 12(20), 8677. <https://doi.org/10.3390/su12208677>

Akhtar, R., Sirwal, M. Y., Hussain, K., Dar, M. A., Shahnawaz, M., & Daochen, Z. (2022). Impact of plastic waste on the coral reefs: An overview. In *Impact of plastic waste on the marine biota* (pp. 239–256).

Alencar, M. V., Gimenez, B. G., Sasahara, C., Elliff, C. I., Velis, C. A., Rodrigues, L. S., Conti, L. A., Gonçalves-Dias, S. L. F., Cetrulo, T. B., Scrich, V. M., & Turra, A. (2023). Advancing plastic pollution hotspotting at the subnational level: Brazil as a case study in the Global South. *Marine Pollution Bulletin*, 194, 115382. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115382>

Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., & Mincer, T. J. (2020). Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews Microbiology*, 18(3), 139–151. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>

Andrades, R., Pegado, T., Godoy, B. S., Reis-Filho, J. A., Nunes, J. L., Grillo, A. C., & Giarrizzo, T. (2020). Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110842. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Aretoulaki, E., Ponis, S. T., Plakas, G. E., & Agalianos, K. (2021). Marine plastic littering: A review of socio-economic impacts. *Journal of Sustainability Science and Management*, 16(3), 277–301.

Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). Workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30). National Oceanic and Atmospheric Administration.

Bergmann, M., Collard, F., Fabres, J., Gabrielsen, G. W., Provencher, J. F., Rochman, C. M., & Tekman, M. B. (2022). Plastic pollution in the Arctic. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(5), 323–337. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00279-8>

Cabernard, L., Pfister, S., Oberschelp, C., & Hellweg, S. (2022). Growing environmental footprint of plastics driven by coal combustion. *Nature Sustainability*, 5(2), 139–148. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00807-2>

Carpenter, E. J., & Smith, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241. <https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>

CIEL. (2019). Plastic & climate: *The hidden costs of a plastic planet*.

CIEL. (2023). Reducing plastic production to achieve climate goals: *Key considerations for the plastics treaty negotiations*.

Colton, J. B., Knapp, F. D., & Burns, B. R. (1974). Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. *Science*, 185(4150), 491–497. <https://doi.org/10.1126/science.185.4150.491>

Cousins, A., Fenner, N., Åberg, D., & Dunn, C. (2025). The combined effects of ocean warming and microplastic pollution on marine phytoplankton community dynamics. *Marine Pollution Bulletin*, 219, 118286. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118286>

Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., Palma, Á. T., Navarro, S., García-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernández-de-Puelles, M. L., & Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(28), 10239–10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Fuentes, M. M. P. B., Limpus, C. J., & Hamann, M. (2011). Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17(1), 140–153. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02192.x>

Fuentes, M. M. P. B., Beckwith, V., & Ware, M. (2023). The effects of microplastic on the thermal profile of sand: Implications for marine turtle nesting grounds. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1146556. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1146556>

Galgani, L., Goßmann, I., Scholz-Böttcher, B., Jiang, X., Liu, Z., Scheidemann, L., Schlundt, C., & Engel, A. (2022). Hitchhiking into the deep: How microplastic particles are exported through the biological carbon pump in the North Atlantic Ocean. *Environmental Science & Technology*, 56(22), 15638–15649. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04712>

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Ghedini, G., Russell, B. D., & Connell, S. D. (2013). Managing local coastal stressors to reduce the ecological effects of ocean acidification and warming. *Water*, 5(4), 1653–1661. <https://doi.org/10.3390/w5041653>

Gonzalez, D. D. (2025). Mudando o foco para a produção de plástico: Enfrentando os impactos climáticos, a dependência nos combustíveis fósseis e as lacunas nas políticas globais dos plásticos. In C. Dias et al. (Eds.), *Diálogos socioambientais: A crise dos plásticos*.

GRID-Arendal. (2024). Climate impacts of plastics: *Global actions to stem climate change and end plastic pollution*. GRID-Arendal.

Guilloux, B., & Schumm, R. (2016). Which international law for ocean and climate? *Ocean and Climate Scientific Notes*, 2(2), 79.

Gündoğdu, S., Çevik, C., Ayat, B., Aydoğan, B., & Karaca, S. (2018). How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey. *Environmental pollution*, 239, 342-350.

IEA. (2018). *The future of petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>

Justino, A. K. S., Ferreira, G. V. B., Schmidt, N., Eduardo, L. N., Fauvette, V., Lenoble, V., Sempéré, R., Panagiotopoulos, C., Mincarone, M. M., Frédou, T., & Lucena-Frédou, F. (2022). The role of mesopelagic fishes as microplastics vectors across the deep-sea layers from the Southwestern Tropical Atlantic. *Environmental Pollution*, 300, 118988. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118988>

Lebreton, L., & Andrade, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5, 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>

Lin, X., Lin, S., Peng, L., Chen, M., Cheng, X., Xie, S., Bao, R., Su, Y., & Mehmood, T. (2024). Effects of polypropylene microplastics on carbon dioxide dynamics in intertidal mangrove sediments. *Environmental Pollution*, 346, 123682.

MacAfee, E. A., & Löhr, A. J. (2024). Multi-scalar interactions between mismanaged plastic waste and urban flooding in an era of climate change and rapid urbanization. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 11(2), e1708. <https://doi.org/10.1002/wat2.1708>

MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., & Jahnke, A. (2021). The global threat from plastic pollution. *Science*, 373(6550), 61–65. <https://doi.org/10.1126/science.abb5433>



Meng, F., et al. (2023). Planet-compatible pathways for transitioning the chemical industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(8), e2218294120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2218294120>

Nunes, B. Z., Ribeiro, V. V., Leal, C. G., Motti, C. A., & Castro, I. B. (2025). Microplastic contamination in no-take marine protected areas of Brazil: Bivalves as sentinels. *Environmental Research*, 273, 121231. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121231>

OCDE. (2022). *Global plastics outlook: Policy scenarios to 2060*. OECD Publishing.

OCDE. (2023). *Climate change and plastics pollution: Synergies between two crucial environmental challenges*. OECD Publishing.

Patrício, A. R., Varela, M. R., Barbosa, C., Broderick, A. C., Catry, P., Hawkes, L. A., et al. (2019). Climate change resilience of a globally important sea turtle nesting population. *Global Change Biology*, 25(2), 522–535. <https://doi.org/10.1111/gcb.14520>

Patrício, A. R., Hawkes, L. A., Mazaris, A. D., et al. (2021). Climate change and marine turtles: Recent advances and future directions. *Endangered Species Research*, 44, 363–395.

Patterson, J., Jeyasanta, K. I., Sathish, M. N., Booth, A. M., Laju, R. L., Emeralda, V. G., & Sudhakar, B. J. (2025). Impact of flooding events on microplastic distribution from rivers to coastal areas: a case study from Tuticorin, Southeast India. *Marine Pollution Bulletin*, 221, 118471.

Pegado, T., Andrade, R., Noleto-Filho, E., Franceschini, S., Soares, M., Chelazzi, D., ... & Giarrizzo, T. (2024). Meso- and microplastic composition, distribution patterns and drivers: A snapshot of plastic pollution on Brazilian beaches. *Science of the Total Environment*, 907, 167769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167769>

Pinheiro, L. M., Agostini, V. O., Lima, A. R. A., Ward, R. D., & Pinho, G. L. L. (2021). The fate of plastic litter within estuarine compartments: An overview of current knowledge for the transboundary issue to guide future assessments. *Environmental Pollution*, 289, 116908. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116908>

Royer, S. J., Ferrón, S., Wilson, S. T., & Karl, D. M. (2018). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLOS ONE*, 13(8), e0200574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>

Santidrián Tomillo, P., Genovart, M., Paladino, F. V., Spotila, J. R., & Oro, D. (2015). Climate change overruns resilience conferred by temperature-dependent sex determination in sea turtles and threatens their survival. *Global Change Biology*, 21, 2980–2988. <https://doi.org/10.1111/gcb.12918>

Santos, S. P., Santos, F. L., Santos, A. C. A., & Moraes, L. E. (2024). Spatial and temporal patterns of floating litter in shallow habitats: Insights from high-tourism tropical areas in Northeastern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 78, 103782. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103782>

Stefánsson, H., Peternell, M., Konrad-Schmolke, M., Hannesdóttir, H., Ásbjörnsson, E. J., & Sturkell, E. (2021). Microplastics in glaciers: First results from the Vatnajökull ice cap. *Sustainability*, 13(8), 4183. <https://doi.org/10.3390/su13084183>

Stubbins, A. (2025). Plastics in the marine carbon cycle. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01640-7>

Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2007). Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environmental Science & Technology*, 41(22), 7759–7764. <https://doi.org/10.1021/es071737s>

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>

Tilsted, J. P., Bauer, F., Birkbeck, C. D., Skovgaard, J., & Rootzén, J. (2023). Ending fossil-based growth: Confronting the political economy of petrochemical plastics. *One Earth*, 6(6), 607–619. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.05.018>

Tiseo, I. (2021). Global plastics industry: Statistics & facts. Statista. <https://www.statista.com/topics/5266/plastics-industry>

Villarrubia-Gómez, P., Almroth, B. C., Eriksen, M., Ryberg, M., & Cornell, S. E. (2024). Plastics pollution exacerbates the impacts of all planetary boundaries. *One Earth*, 7(12), 2119–2138. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.10.017>

Wen, J. (2007). Heat capacities of polymers. In *Physical properties of polymers handbook* (pp. 145–154). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-69002-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-0-387-69002-5_9)

Zheng, J., & Suh, S. (2019). Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change*, 9(5), 374–378. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>

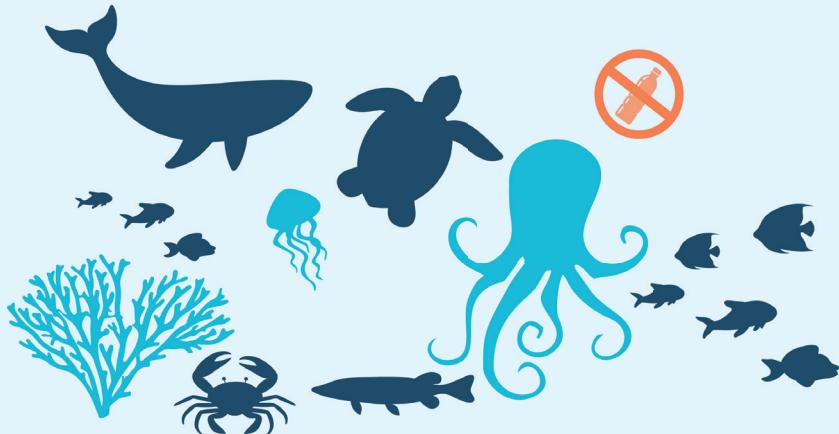




Foto: Raqueline Monteiro, acervo OLAMAR



Retirada de rede de pesca do fundo do mar. Foto: acervo MMA.

Conheça a ENOP.  
Acesse o QR Code



Apoio:



Instituto de Estudos  
Avançados da  
Universidade de São Paulo



Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano



Federal Ministry  
for the Environment, Climate Action,  
Nature Conservation and Nuclear Safety



MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE E  
MUDANÇA DO CLIMA



of the Federal Republic of Germany