

MATERIAIS PARTICULADOS E OS DESAFIOS GLOBAIS DAS ESPÉCIES EM EXTINÇÃO

¹Vania Elizabeth de Oliveira Souza

¹Mestre em Ciências Jurídicas Ambientais Internacionais — FDUL — Portugal, e-mail: vania.eliza63@gmail.com

*Grupo temático
Eixo*

Resumo

Os materiais particulados (MP2,5 e MP10) figuram entre as principais ameaças à qualidade do ar e à saúde pública em escala global, enquanto a crise de biodiversidade revela mais de um milhão de espécies em risco de extinção. Este artigo analisa os desafios globais do direito ambiental das espécies em extinção e sua interface com a governança da poluição atmosférica por materiais particulados, articulando três eixos: a arquitetura normativa do regime internacional e nacional de biodiversidade; as dificuldades de implementação e fiscalização das normas de proteção; e as tensões entre conservação, comércio internacional, desenvolvimento e direitos humanos. A metodologia enquadra-se como pesquisa qualitativa, descritivo-analítica, estruturada a partir de revisão bibliográfica e documental acerca da poluição atmosférica por MPs, dos reflexos sobre a saúde pública e da tutela jurídica do meio ambiente. Adota-se uma revisão narrativa e crítica para integrar fontes sanitárias, ambientais e jurídicas e analisar a coerência entre evidências científicas, diretrizes internacionais de qualidade do ar e o ordenamento jurídico brasileiro. Os resultados evidenciam que a exposição a MP2,5 e MP10 está associada ao aumento de morbimortalidade por doenças cardiorrespiratórias, acidentes vasculares cerebrais e câncer de pulmão, configurando violação do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225 da CF/1988) e do direito à saúde (art. 196). Paralelamente, a fragmentação normativa, a implementação desigual e a integração insuficiente entre regimes climáticos, comerciais e de conservação fragilizam a proteção de espécies em extinção. A Resolução CONAMA nº 506/2024 sinaliza alinhamento progressivo às Diretrizes Globais da OMS de 2021, mas a efetivação do direito ao ar respirável depende de políticas públicas consistentes, monitoramento contínuo e fiscalização robusta. Conclui-se que superar os desafios exige densificação de obrigações, integração entre regimes, fortalecimento institucional e financeiro, e incorporação de perspectivas de justiça ambiental e direitos humanos, tratando a proteção das espécies e da qualidade do ar como imperativo jurídico e ético para sociedades sustentáveis.

Palavras-chave: Biodiversidade; Direito ambiental; Espécies em extinção; Materiais particulados; Qualidade do ar.

Abstract

Particulate matter (PM2.5 and PM10) ranks among the main threats to air quality and public health globally, while the biodiversity crisis reveals more than one million species at risk of extinction. This article analyzes the global challenges of environmental law

regarding endangered species and their interface with the governance of atmospheric pollution by particulate matter, articulating three axes: the normative architecture of the international and national biodiversity regime; the difficulties in implementing and enforcing species protection norms; and the tensions between conservation, international trade, development, and human rights. The methodology qualifies as qualitative, descriptive-analytical research, structured from bibliographic and documentary review on atmospheric pollution by PM, its impacts on public health, and the legal protection of the environment. A narrative and critical review is adopted to integrate health, environmental, and legal sources and analyze coherence between scientific evidence, international air quality guidelines, and Brazilian legal order. Results show that exposure to PM_{2.5} and PM₁₀ is associated with increased morbidity and mortality from cardiorespiratory diseases, strokes, and lung cancer, constituting a violation of the fundamental right to an ecologically balanced environment (art. 225 of CF/1988) and the right to health (art. 196). Simultaneously, normative fragmentation, unequal implementation, and insufficient integration between climate, trade, and conservation regimes weaken protection of endangered species. CONAMA Resolution nº 506/2024 signals progressive alignment with the WHO 2021 Global Guidelines, but effective realization of the right to breathable air depends on consistent public policies, continuous monitoring, and robust enforcement. It concludes that overcoming these challenges requires densification of obligations, integration between regimes, institutional and financial strengthening, and incorporation of environmental justice and human rights perspectives, treating species protection and air quality as a legal and ethical imperative for sustainable societies.

Keywords: air quality; biodiversity; endangered species; environmental law; particulate matter.

Introdução

Os materiais particulados (MP) figuram hoje entre as principais ameaças à qualidade do ar e à saúde pública em escala global, afetando tanto países centrais quanto periféricos. Do ponto de vista físico-químico, os MPs consistem em partículas sólidas e/ou líquidas em suspensão na atmosfera — compostas por matéria orgânica, ácidos (sulfatos e nitratos), metais, poeiras minerais e fumaça — cujas dimensões variam de partículas ultrafinas (inferiores a 0,1 µm) até frações maiores percebidas como névoa ou poeira. A Environmental Protection Agency (EPA) classifica essas partículas, de forma usual, pelo diâmetro aerodinâmico em MP₁₀ (até 10 µm) e MP_{2,5} ($\leq 2,5$ µm); as primeiras incluem a fração entre 2,5 µm e 10 µm, frequentemente associada a poeiras e emissões industriais, e as segundas correspondem a partículas finas ou respiráveis, originadas em nevoeiros, emissões veiculares, queimadas e processos de combustão (United States Environmental Protection Agency, [s.d.]). A capacidade de transporte, dispersão e persistência dessas partículas depende das características das fontes emissoras, das condições meteorológicas e do padrão de ocupação urbana — fatores que, combinados, ampliam o risco de exposição humana prolongada.

A literatura epidemiológica e as diretrizes internacionais de qualidade do ar indicam que a exposição a MP10 e, sobretudo, a MP2,5 está associada ao aumento da morbimortalidade por doenças cardiorrespiratórias, acidentes vasculares cerebrais e câncer de pulmão, entre outros agravos (Pope; Dockery, 2006; Brook et al., 2010). Reconhecendo esse risco, a Organização Mundial da Saúde (OMS) passou a considerar a poluição do ar como o principal risco ambiental à saúde humana e revisou sucessivamente seus valores-guia, culminando nas Diretrizes Globais de 2021, que reduziram significativamente os níveis aceitáveis de MP2,5 e MP10 (WHO, 2021). No plano normativo e constitucional, a degradação da qualidade do ar não é apenas uma questão técnico-sanitária, mas uma dimensão dos direitos fundamentais.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu art. 225, assegura a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado e impõe ao Estado e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo — obrigação que abrange a proteção do ar atmosférico contra níveis de poluição nocivos e impõe a observância dos princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador (Brasil, 1988). Nesse quadro, órgãos como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) desempenham papel central na definição de padrões nacionais de qualidade do ar.

Paralelamente aos problemas da poluição atmosférica, as últimas décadas consolidaram o diagnóstico de uma crise global de biodiversidade, com taxas de extinção muito superiores aos níveis históricos, impulsionadas pela perda de habitats, mudanças climáticas, poluição, espécies invasoras e sobre-exploração de recursos. Relatórios internacionais apontam que mais de um milhão de espécies encontram-se em risco de extinção, evidenciando limitações dos mecanismos tradicionais de proteção (Brondizio et al., 2019). Essa crise da biodiversidade apresenta interfaces diretas com a governança da poluição atmosférica — tanto porque políticas setoriais podem entrar em conflito quanto porque a degradação atmosférica afeta habitats e serviços ecossistêmicos — o que reforça a necessidade de uma análise integrada entre saúde ambiental e proteção das espécies.

Essa emergência põe em xeque a capacidade do direito ambiental — tanto internacional quanto interno — de responder adequadamente a uma crise que é ecológica, econômica, social e ética. A evolução normativa internacional (Convenção sobre Diversidade Biológica, CITES, Quadro Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal) sinaliza avanços importantes, mas também revela desafios de fragmentação, eficácia e justiça que se entrelaçam com a governança da poluição e da saúde ambiental

(Convention on Biological Diversity, 1992; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022).

Por isso, este artigo propõe articular uma análise interdisciplinar dos materiais particulados e da crise de biodiversidade, examinando conjuntamente evidências científicas, diretrizes internacionais e o ordenamento jurídico interno, a partir de três eixos analíticos: (i) a arquitetura normativa do regime internacional e nacional; (ii) as dificuldades de implementação e fiscalização das normas de proteção; e (iii) as tensões entre conservação, desenvolvimento econômico, comércio e direitos humanos, com especial atenção à responsabilidade estatal pela proteção da saúde coletiva e do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Metodologia

O presente trabalho enquadra-se como pesquisa qualitativa, de natureza descritivo-analítica, estruturada a partir de revisão bibliográfica e documental acerca da poluição atmosférica por materiais particulados e dos respectivos reflexos sobre a saúde pública e a tutela jurídica do meio ambiente. Adota-se, especificamente, uma revisão narrativa e crítica, vocacionada à integração de diferentes tipos de fontes — sanitárias, ambientais e jurídicas — e à análise da coerência entre evidências científicas, diretrizes internacionais de qualidade do ar e o ordenamento jurídico brasileiro.

A etapa de levantamento bibliográfico foi realizada prioritariamente em bases de dados científicas consolidadas, notadamente SciELO, PubMed/MEDLINE e Portal de Periódicos CAPES, bem como em repositórios institucionais da OMS, da OPAS e da EPA. Nas bases SciELO e Periódicos CAPES, buscou-se privilegiar periódicos nacionais e latino-americanos das áreas de saúde pública, epidemiologia, ciências ambientais e direito, ao passo que a base PubMed foi utilizada principalmente para localizar estudos epidemiológicos e revisões sistemáticas internacionais sobre materiais particulados e desfechos em saúde (Pope; Dockery, 2006).

Foram empregados, em português e em inglês, descritores combinados por operadores booleanos, tais como: “materiais particulados” AND “saúde pública”, “MP2,5” OR “PM2.5” AND “doenças respiratórias”, “poluição do ar” AND “doenças cardiovasculares”, “air pollution” AND “cardiorespiratory mortality”, “particulate matter” AND “public health”, “qualidade do ar” AND “Brasil”, “air quality standards” AND “WHO guidelines”. As buscas concentraram-se no período de 1990 a 2025,

intervalo em que se consolidam: (i) a literatura epidemiológica contemporânea sobre impactos dos materiais particulados na morbimortalidade cardiorrespiratória, e (ii) as principais atualizações das diretrizes globais de qualidade do ar da OMS.

Paralelamente, procedeu-se à pesquisa em documentos técnicos e atos normativos disponíveis em sítios oficiais, incluindo relatórios e guidelines de organismos internacionais (OMS, OPAS, EPA) e a legislação ambiental brasileira acessível nos portais do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, do CONAMA e de outros órgãos públicos correlatos. Esses documentos foram utilizados para identificar valores-guia de qualidade do ar, fundamentos técnico-científicos para sua fixação, bem como a evolução dos padrões nacionais, com destaque para a Resolução CONAMA nº 506/2024 e para normas que disciplinam limites de emissões atmosféricas de fontes fixas (Brasil, 2024; United States Environmental Protection Agency, [s.d.]).

Resultados e Discussão

A construção do direito internacional ambiental relativo à biodiversidade partiu, historicamente, de abordagens setoriais, focadas em espécies de interesse econômico, como baleias, aves migratórias e recursos genéticos específicos. Somente a partir da Conferência de Estocolmo (1972) e, sobretudo, da Conferência do Rio (1992), consolidou-se uma visão mais abrangente da biodiversidade como um bem comum global, interligado a serviços ecossistêmicos essenciais à vida humana (Convention on Biological Diversity, 1992).

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), adotada em 1992, representa um marco ao tratar a biodiversidade de forma holística, articulando conservação, uso sustentável e repartição justa e equitativa de benefícios, e reconhecendo a soberania dos Estados sobre seus recursos biológicos. Em paralelo, a CITES atua de forma mais focada, regulando o comércio internacional de espécies ameaçadas por meio da inclusão em anexos que definem diferentes graus de restrição comercial, buscando evitar que o mercado internacional acelere a extinção (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973).

Mais recentemente, a adoção do Quadro Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, sob a égide da CDB, estabeleceu metas ambiciosas, como proteger pelo menos 30% das terras e oceanos até 2030, integrar biodiversidade em todos os setores e aumentar o financiamento para conservação, inclusive com recursos dos países desenvolvidos. A

literatura destaca que esse movimento sinaliza uma transição de uma lógica estritamente conservacionista para uma abordagem integrada, que conecta biodiversidade, clima, direitos humanos e desenvolvimento sustentável (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022; Brondizio et al., 2019).

Um dos desafios centrais do direito ambiental das espécies em extinção é a fragmentação do regime jurídico internacional. Diversos tratados, protocolos e decisões de conferências das partes convivem com instrumentos de outras áreas, como o direito do comércio (OMC), o direito do mar e acordos de investimento, muitas vezes com objetivos e lógicas distintas (Karimi, 2015; Zimmer, 2023).

A CITES, por exemplo, regula o comércio de espécies listadas, enquanto a CDB lida com conservação e uso sustentável em sentido amplo, e acordos climáticos, como o Acordo de Paris, reconhecem a importância de soluções baseadas na natureza, mas não têm mandato específico sobre espécies ameaçadas. Essa sobreposição pode gerar lacunas, conflitos de normas e dificuldades de coordenação, com impactos diretos sobre a efetividade da proteção das espécies em extinção (Convention on Biological Diversity, 1992; Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973).

Outro aspecto recorrente na literatura é a distância entre compromissos internacionais e implementação doméstica. Países com elevada biodiversidade, mas com capacidades institucionais e financeiras limitadas, enfrentam dificuldades para criar e gerir áreas protegidas, monitorar espécies, combater o tráfico de fauna e flora e garantir a aplicação de sanções eficazes (Brasil, 2018).

Estudos sobre o Endangered Species Act (ESA) dos Estados Unidos mostram que marcos legais robustos podem alcançar resultados significativos: estima-se que o ESA tenha evitado a extinção de aproximadamente 99% das espécies listadas desde a sua adoção, ainda que persistam críticas quanto à lentidão das listagens e à insuficiência de financiamento (Eisenberg, 2017; United States, 1973; WWF, 2024). Ao mesmo tempo, reformas recentes que buscaram flexibilizar critérios de proteção, facilitar a revisão de listagens e relativizar a consideração de impactos climáticos ilustram como pressões econômicas e políticas podem fragilizar instrumentos até então considerados exemplares (Eisenberg, 2017).

As mudanças climáticas agravam a vulnerabilidade de numerosas espécies, alterando padrões de temperatura e precipitação, deslocando habitats, intensificando eventos extremos e interagindo com outras pressões como desmatamento e poluição.

Trabalhos específicos sobre a interface entre o Endangered Species Act e o clima mostram o desafio de incorporar riscos climáticos na avaliação de ameaça, delimitação de habitats críticos e desenho de medidas de recuperação (Eisenberg, 2017).

Ao mesmo tempo, o regime climático, ao priorizar metas de redução de emissões, nem sempre considera adequadamente os impactos de projetos de mitigação e adaptação sobre espécies e ecossistemas, o que pode gerar contradições entre políticas climáticas e de biodiversidade. O Quadro Global de Biodiversidade e instrumentos como o Protocolo de Cartagena apontam para uma agenda de integração entre clima e biodiversidade, mas a operacionalização dessa abordagem integrada ainda é incipiente (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022; Yassin, 2025).

As fontes naturais de materiais particulados abrangem processos biogênicos e geológicos que liberam partículas diretamente na atmosfera (fontes primárias) ou precursores gasosos que dão origem a partículas secundárias. Entre as fontes primárias, destacam-se queimadas de origem natural, que liberam carbono elementar e orgânico; poeira do solo ressuspensa pela ação do vento; spray de sal marinho; e material biológico em suspensão, como pólen, esporos e fragmentos de vegetação (United States Environmental Protection Agency, [s.d.]).

As partículas secundárias de origem natural resultam da transformação atmosférica de compostos orgânicos voláteis biogênicos e de óxidos de nitrogênio emitidos por solos, vegetação e fenômenos elétricos, como raios. Embora relevantes na composição global dos aerossóis, essas fontes tendem a ser superadas, em termos de exposição humana em áreas urbanas, pelas emissões antropogênicas concentradas próximas a grandes aglomerações (United States Environmental Protection Agency, [s.d.]).

As fontes antropogênicas respondem pela maior parte da exposição humana a MP em zonas urbanas e industriais. Entre as fontes primárias antropogênicas destacam-se: (a) combustão de combustíveis fósseis em veículos automotores, termelétricas e instalações industriais; (b) queima de biomassa para geração de energia ou cocção de alimentos; (c) atividades de mineração, construção civil, movimentação de solo e tráfego em vias não pavimentadas (United States Environmental Protection Agency, [s.d.]; WHO, 2021).

No grupo das fontes secundárias antropogênicas, incluem-se partículas formadas a partir da oxidação de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis emitidos por veículos, indústrias, termelétricas e outras fontes estacionárias, gerando sulfatos, nitratos e aerossóis orgânicos secundários. Em

grandes centros urbanos brasileiros, a combinação de frota veicular crescente, concentração industrial e condições de ventilação desfavoráveis resulta em episódios frequentes de degradação da qualidade do ar, com concentrações de MP superiores às recomendações da OMS.

Entre os constituintes dos MPs, destaca-se o carbono negro (black carbon), produzido sobretudo pela queima incompleta de diesel, biomassa e incêndios florestais. Além de seus efeitos diretos na saúde respiratória e cardiovascular, o carbono negro é reconhecido como forçante climática de curto prazo, contribuindo para o aquecimento global ao absorver radiação solar e acelerar o derretimento de neve e gelo (WHO, 2021; United States Environmental Protection Agency, [s.d.]). Relatórios internacionais indicam que a mitigação de poluentes climáticos de vida curta, como o carbono negro, é capaz de reduzir o aquecimento global nas próximas décadas e, simultaneamente, evitar milhões de mortes prematuras por poluição do ar (WHO, 2021).

Do ponto de vista toxicológico, o comportamento dos MPs varia conforme o diâmetro aerodinâmico das partículas. As partículas inaláveis mais grossas, representadas pelos MP10, depositam-se predominantemente nas vias aéreas superiores, ocasionando irritação, inflamação local e agravamento de quadros de rinite, bronquite e asma. Já as partículas finas e ultrafinas (MP2,5 e menores) conseguem atingir os alvéolos pulmonares, transpor barreiras biológicas e alcançar a circulação sistêmica, desencadeando processos inflamatórios, estresse oxidativo, disfunção endotelial e alterações hemodinâmicas (Pope; Dockery, 2006; Brook et al., 2010).

Esses mecanismos fisiopatológicos explicam a associação consistente entre exposição a MP e aumento de internações e mortalidade por doenças isquêmicas do coração, acidentes vasculares cerebrais, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), câncer de pulmão e outras doenças crônicas não transmissíveis. Em razão desse conjunto de evidências, a OMS reconhece a poluição do ar como o principal risco ambiental à saúde humana em escala global (WHO, 2021). As Diretrizes Globais de Qualidade do Ar de 2021 sintetizam essa literatura, demonstrando que não há limiar seguro claramente identificável para a exposição a MP2,5, de modo que qualquer redução na concentração ambiental tende a produzir ganhos em saúde (WHO, 2021).

A concepção de meio ambiente como bem jurídico unitário e abrangente, formulada por José Afonso da Silva, integra elementos naturais, artificiais e culturais, incluindo expressamente o ar atmosférico como componente essencial do objeto de tutela do direito ambiental. Para o autor, a pureza do ar decorre da ausência de poluição em

níveis que causem dano ou risco relevante à saúde humana e ao equilíbrio dos ecossistemas, de modo que a poluição atmosférica em patamares elevados configura ofensa ao direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (Silva, 2019).

Sob essa perspectiva, o direito ao ar puro não se limita a um ideal abstrato, mas consubstancia expressão concreta do direito fundamental ao meio ambiente e se articula com o direito à saúde, previsto no art. 196 da Constituição. A inércia ou a atuação insuficiente do Estado em relação ao controle da poluição atmosférica pode, portanto, ser qualificada como violação de deveres positivos de proteção, o que abre espaço para a atuação do Ministério Público, para ações civis públicas e para o controle jurisdicional de políticas públicas ambientais (Brasil, 1988).

Diante desses desafios, a literatura tem apontado diferentes caminhos para o fortalecimento do direito ambiental voltado às espécies em extinção. Em primeiro lugar, destaca-se a necessidade de aumentar a densidade normativa de certas obrigações, transformando metas programáticas em deveres jurídicos mais claros, com mecanismos de monitoramento, reporte e revisão periódica, à semelhança do que ocorre no regime climático (Young; King; Schroeder, 2008; Zimmer, 2023).

Em segundo lugar, propõe-se maior coordenação entre regimes, aproximando CDB, CITES, Acordo de Paris, acordos comerciais e iniciativas de direitos humanos, de modo a evitar contradições e promover sinergias em torno da proteção de espécies. A noção de “governança global da biodiversidade” enfatiza não apenas a atuação dos Estados, mas também o papel de organizações internacionais, tribunais, empresas, comunidades locais e povos indígenas (Brondizio et al., 2019; Karimi, 2015).

Por fim, o financiamento adequado e previsível é apontado como condição para que países em desenvolvimento possam conservar seus patrimônios biológicos sem ampliar desigualdades socioeconômicas. Propostas como pagamentos por serviços ambientais, mecanismos financeiros inovadores e a ampliação de fundos multilaterais para biodiversidade compõem uma agenda em construção, diretamente relacionada à justiça ambiental global (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022; Brondizio et al., 2019).

No Brasil, a resposta normativa à poluição atmosférica vem sendo construída de forma gradual por meio de resoluções do CONAMA e de legislação complementar, em diálogo com os princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador. No que tange ao padrão de qualidade do ar ambiente, a Resolução CONAMA nº 506, de 5 de

julho de 2024, revogou a Resolução nº 491/2018 e atualizou os padrões nacionais de qualidade do ar, estabelecendo valores-guia para MP10, MP2,5, NO2, SO2, O3, CO e chumbo, além de diretrizes para monitoramento e gestão (Brasil, 2024).

A Resolução nº 506/2024 adota um modelo progressivo de implementação, com fases intermediárias (PI-2, PI-3 e PI-4) até 2044, buscando aproximar gradualmente os padrões brasileiros das Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS de 2021. De forma sintética, o cronograma prevê:

PI-2 (2025—2032): redução dos limites admissíveis de MP10, MP2,5 e demais poluentes em relação aos padrões anteriores, aproximando-os de níveis mais protetivos à saúde (Brasil, 2024). PI-3 (2033—2043): aplicação de limites mais restritivos, com sucessivos ajustes destinados a convergir para os valores-guia sugeridos pela OMS (Brasil, 2024; WHO, 2021). PI-4 (a partir de 2044): entrada em vigor dos padrões intermediários finais, com possibilidade de revisão ou antecipação, à luz de avanços científicos, tecnológicos e socioeconômicos (Brasil, 2024).

Paralelamente, as Resoluções CONAMA nº 382/2006 e nº 436/2011 estabelecem limites de emissões atmosféricas para fontes fixas, como indústrias, refinarias e usinas termelétricas, complementando a proteção ambiental ao disciplinar a carga emissora de setores produtivos. Essas normas constituem parâmetros relevantes para o licenciamento ambiental, para a fiscalização e para a responsabilização administrativa de empreendimentos com potencial poluidor significativo (Brasil, 2024).

Embora represente avanço, a implementação efetiva dos padrões de qualidade do ar enfrenta desafios consideráveis, entre os quais se destacam: (i) a insuficiência e a distribuição desigual das redes de monitoramento; (ii) limitações de capacidade técnica e institucional de órgãos ambientais; e (iii) a dificuldade de integrar políticas de transporte, energia, uso do solo e desenvolvimento urbano com metas de qualidade do ar. Tais obstáculos podem comprometer a convergência efetiva dos níveis de MP medidos nas cidades brasileiras para os valores-guia recomendados pela OMS (Brasil, 2024; WHO, 2021).

Considerações Finais

A crise global de extinção de espécies e a poluição atmosférica por materiais particulados (MP2,5 e MP10) revelam limites estruturais do direito ambiental contemporâneo: fragmentação normativa, implementação insuficiente e assimetrias de

capacidades estatais. Ao mesmo tempo, evidenciam conquistas normativas — como a CDB, a CITES, o Quadro Global de Kunming-Montreal e a Resolução CONAMA nº 506/2024 — que demonstram ser possível construir instrumentos jurídicos capazes de evitar a perda definitiva de espécies e de proteger a qualidade do ar, ainda que de forma incompleta (Convention on Biological Diversity, 1992; Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022; Brasil, 2024).

A exposição a MP2,5 e MP10 está associada ao aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares e a milhões de mortes prematuras por ano, segundo estimativas da OMS e da OPAS (WHO, 2021; OPAS, 2021). A poluição atmosférica, portanto, não é apenas um problema técnico-sanitário, mas uma violação do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225 da CF/1988) e do direito à saúde (art. 196 da CF/1988). Paralelamente, a crise de biodiversidade expõe a inadequação de regimes desintegrados, nos quais políticas climáticas, comerciais e de conservação atuam de forma contraditória, fragilizando a proteção de espécies em extinção (WHO, 2021; Brondizio et al., 2019; Zimmer, 2023).

Superar esses desafios exige ir além da adoção de novos tratados, avançando na densificação de obrigações, na integração entre regimes e no fortalecimento institucional e financeiro. Deve-se, em especial, assegurar que o Poder Público (União, Estados e Municípios), em cooperação com órgãos ambientais (CONAMA, ICMBio), Ministério Público e organizações internacionais, implemente efetivamente a Resolução CONAMA nº 506/2024 e as metas do Quadro Global de Biodiversidade, com monitoramento contínuo da qualidade do ar e das espécies ameaçadas (Brasil, 2024; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022). Isso deve ser feito por meio da criação de redes de monitoramento integradas (saúde, meio ambiente, transporte, energia), do fortalecimento da fiscalização de fontes fixas e móveis e do estabelecimento de mecanismos de reporte e revisão periódica das metas (Young; King; Schroeder, 2008; Brondizio et al., 2019). O objetivo é garantir o direito ao ar respirável, reduzir a carga de doença associada aos materiais particulados e evitar a extinção de espécies, promovendo sustentabilidade intergeracional e justiça ambiental (WHO, 2021). Para tal, é necessário assegurar financiamento previsível para países em desenvolvimento, ampliar fundos multilaterais para biodiversidade, adotar pagamentos por serviços ambientais e integrar políticas de uso do solo, transporte e energia com metas de qualidade do ar e conservação (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022; Karimi, 2015).

À luz da Constituição de 1988 e da doutrina ambiental, o ar puro deve ser entendido como expressão concreta do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e à saúde, o que impõe ao Estado e à coletividade o dever jurídico de prevenção, precaução e reparação dos danos decorrentes da poluição atmosférica. Reforçar a governança da qualidade do ar e a proteção das espécies em extinção — por meio de normas efetivas, instituições capacitadas, participação social e transparência de informações — constitui condição indispensável para proteger grupos vulneráveis, reduzir a carga de doença associada aos materiais particulados e promover a sustentabilidade intergeracional (Brasil, 1988).

Em última instância, tratar a proteção das espécies e da qualidade do ar como componentes essenciais de um projeto de sociedade sustentável, justa e plural não é apenas uma opção conservacionista, mas um imperativo jurídico e ético (Brondizio et al., 2019; Zimmer, 2023).

Referências

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, DF: ICMBio; MMA, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024**. Brasília, DF: MMA, 2024.

BRONDIZIO, E. S. *et al.* (ed.). **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)**. Bonn: IPBES Secretariat, 2019. Disponível em: <https://ipbes.net/global-assessment>. Acesso em: 8 jun. 2026.

BROOK, R. D. *et al.* Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, [S. l.], v. 121, n. 21, p. 2331-2378, 2010. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181dbee1.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Convention on Biological Diversity**. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2026.

CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA (CITES). **Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora**. Genebra: CITES Secretariat, 1973. Disponível em: <https://cites.org/eng/disc/text.php>. Acesso em: 8 jun. 2026.

EISENBERG, A. P. The Endangered Species Act, climate change, and the pursuit of transformative reform. **Duke Environmental Law & Policy Forum**, Durham, v. 27, n. 2, p. 1-38, 2017.

ESTADOS UNIDOS. **Endangered Species Act of 1973**. Public Law 93-205, 87 Stat. 884. [S. l.: s. n.], 1973.

KARIMI, A. International environmental law and conservation of endangered species. **International Journal of Research**, [S. l.], v. 5, n. 9, p. 210-220, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. Genebra: OMS, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>. Acesso em: 8 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Diretrizes globais de qualidade do ar da OMS: partículas inaláveis (MP_{2,5} e MP₁₀), ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono: resumo executivo**. Washington, DC: OPAS, 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/documentos/diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-particulas-inalaveis-mp25-e-mp10-ozonio>. Acesso em: 22 jul. 2026.

POPE, C. A.; DOCKERY, D. W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. **Journal of the Air & Waste Management Association**, [S. l.], v. 56, n. 6, p. 709-742, 2006. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework**. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2022. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbf/>. Acesso em: 8 jun. 2026.

SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 11. ed. atual. São Paulo: Malheiros, 2019.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Particulate matter (PM) basics**. Washington, DC: EPA, [s. d.]. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>. Acesso em: 8 jun. 2026.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **The US Endangered Species Act**. Washington, DC: WWF, 2024. Disponível em: <https://www.worldwildlife.org>. Acesso em: 15 maio 2026.

YASSIN, S. **Evolution of international environmental law on biodiversity conservation**. [S. l.]: EcoMENA, 30 nov. 2025. Disponível em: <https://www.ecomena.org>. Acesso em: 15 maio 2026.

YOUNG, O. R.; KING, L. A.; SCHROEDER, H. A. **Institutions and environmental change: principal findings, applications, and research frontiers**. Cambridge: MIT Press, 2008.

ZIMMER, A. Global biodiversity governance has a big blindspot. **Green European**

Journal, [S. l.], 2 mar. 2023. Disponível em: <https://www.greeneuropeanjournal.eu>. Acesso em: 15 maio 2026.