

Relatório anual de acompanhamento da **qualidade do ar** 2024

MINISTÉRIO DO
**MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

© 2024 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – MMA.

Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citados a fonte do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.



MINISTRA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA

Marina Silva

SECRETÁRIO-EXECUTIVO

João Paulo Ribeiro Capobianco

SECRETÁRIA-EXECUTIVA ADJUNTA

Anna Flávia de Senna Franco

SECRETÁRIO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE URBANO E QUALIDADE AMBIENTAL

Adalberto Felício Maluf Filho

DIRETORA DO DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Thaianne Resende Henriques Fábio

COORDENADORA-GERAL DE QUALIDADE AMBIENTAL

Cayssa Peres Marcondes de Araújo

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação técnica

Leonardo Hoinaski

Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima

Daniel Felipe Rocha Melo

Luiz Gustavo Haisi Mandalho

Mirian de Oliveira

Thiago de Oliveira Valente

Universidade Federal de Santa Catarina

Leonardo Hoinaski

Camilo Bastos Ribeiro

Robson Will

Fábio Castagna da Silva

Rafaela Chiminelli Borth

Igor Vinicius Reynaldo Tibúrcio

Thiago Vieira Vasques

Vicente Camara

Bruno Joukoski Jalowski

Ana Julia Wolmann Silveira

Bianca Bonetti Nunes

Jean Eduardo da Silveira Schneider

Marcos Henrique Perrude

Jose Henrique Hess

Pesquisadores Externos

Leila Droprinchinski Martins (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Maria de Fátima Andrade (Universidade de São Paulo)

Neyval Costa Reis (Universidade Federal do Espírito Santo)

Rizzieri Pedruzzi (Universidade Estadual do Rio de Janeiro)

Taciana Toledo de Almeida Albuquerque (Universidade Federal de Minas Gerais)

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano e Qualidade Ambiental

Esplanada dos Ministérios, Bloco B

Brasília/DF, CEP 70068-900

www.mma.gov.br

Sumário

Apresentação	10
Método de coleta das informações	12
Governança sobre a Qualidade do Ar no Brasil	16
Rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil	21
Poluentes monitorados	29
Monitoramento da qualidade do ar no Brasil: completude dos dados e violação dos padrões	33
Área de cobertura do monitoramento da qualidade do ar no Brasil	42
Perspectivas para ampliação da rede	53
Comunicação e divulgação de dados sobre poluição atmosférica nos estados Brasileiros	55
Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar	55
Espírito Santo	58
São Paulo	60
Rio Grande do Sul	62
Mato Grosso do Sul	64
Inventários de emissões atmosféricas	66
Planos de Controle de Emissões Atmosféricas	67
Sistema MonitorAr	68
Publicações científicas em periódicos indexados sobre a poluição do ar no Brasil	69
Considerações finais	72
Referências Bibliográficas	74

Lista de Figuras

Figura 1. a) Distribuição espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil por status. b) Número de estações de monitoramento ativas e inativas nas UFs do Brasil.	27
Figura 2. a) Distribuição espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil por tipo. b) Número de estações de monitoramento de referência e indicativas nas UFs do Brasil.	28
Figura 3. Perfil temporal das médias diárias de a) MP_{10} , b) $MP_{2,5}$ e c) O_3 nas estações Volta da Capela (Barra Longa – MG) e Vila Moema (Tubarão – SC) no ano de 2023.	40
Figura 4. Perfil temporal das médias diárias de a) CO, b) PTS e c) NO_2 nas estações Bom Retiro (Ipatinga – MG), Anchieta Centro (Anchieta – ES) e Congonhas (São Paulo – SP) no ano de 2023.....	41
Figura 5. Percentual de cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar (ativas) nas UFs brasileiras considerando a área urbana. Análise realizada utilizando dados do IBGE (IBGE, 219; IBGE, 2022a).	45
Figura 6. Distribuição das estações de monitoramento no Brasil e tipos de uso do solo conforme projeto MapBiomass (2023).	48
Figura 7. Percentual dos usos do solo nas áreas de influência das estações de monitoramento, considerando um raio de 5 km. Classificação do uso do solo conforme projeto MapBiomass (2023).	49
Figura 8. Distribuição das estações de monitoramento e uso predominante do solo no entorno considerando um raio de 1 km. Classificação do uso do solo conforme projeto MapBiomass (2023).	51
Figura 9. Distribuição das publicações por unidade federativa a) no espaço e b) quantitativos.	70
Fonte: Adaptado de INCT Klimapolis (2024). Delimitação geográfica (IBGE, 2019)	70
Figura 10. Evolução na quantidade de estudos relacionados a poluição do ar no Brasil por ano de publicação.....	71
Fonte: Adaptado de INCT Klimapolis (2024).	71

Lista de Tabelas

Tabela 1. Origem dos dados utilizados no levantamento de informações junto às OEMAs.	14
Tabela 2. Origem dos dados utilizados para avaliação da qualidade do ar no Brasil no ano de 2023.	15
Tabela 3. Comparativo de padrões de qualidade do ar entre Resolução CONAMA nº 491/2018, Resolução CONAMA nº 506/2024 e Valores-guia da OMS.	17
Tabela 4. A governança da qualidade do ar no Brasil – dados de 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.	20
Tabela 5. Número total de estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.	23
Tabela 6. Número de estações de monitoramento da qualidade do ar de referência ou equivalente no Brasil. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.	26
Tabela 7. Parâmetros da Resolução CONAMA nº 506/2024 monitorados no Brasil, em estações que utilizam método de referência ou equivalente, no ano de 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.	31
Tabela 8. Monitoramento de poluentes realizados por estações indicativas no Brasil em 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.	32
Tabela 9. Completude média das medições de qualidade do ar (escala diária) nas UFs do Brasil no ano de 2023.	35
Tabela 10. Ranqueamento das cinco estações com o maior número de violações dos Padrões de Qualidade do Ar de O ₃ , MP ₁₀ , MP _{2,5} e SO ₂ no ano de 2023.	38
Tabela 11. Cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar no Brasil considerando a área total do país e a área urbana. Análise realizada utilizando dados do IBGE (IBGE, 2019; IBGE, 2022a).	43
Tabela 12. Cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar nas UFs brasileiras considerando a área total e urbana de cada UF. Análise realizada utilizando dados do IBGE (2019; 2022a).	44
Tabela 13. Estimativa da população atendida pelo monitoramento da qualidade do ar de referência (ou equivalente) e indicativo em cada UF. Análise realizada utilizando dados do IBGE (2019 ; 2022a; 2022b).	46
Tabela 14. Número de estações e uso do solo predominante em um raio de 1 km. Classificação do uso do solo e dados do projeto MapBiomias (2023).	52
Tabela 15. UFs brasileiras que possuem Relatórios de Avaliação de Qualidade do Ar. Ano Base dos relatórios.	57

Lista de siglas e abreviaturas

Acetal – Acetaldeído

BEN – Benzeno

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CO – Monóxido de carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

ERT – Compostos de Enxofre Reduzido Total

ETB – Etilbenzeno

FMC – Fumaça

HCT – Hidrocarbonetos Totais

HCNM – Hidrocarbonetos Não Metânicos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo

INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia

INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia

IQAr – Índice de Qualidade do Ar

M e P Xileno – Meta e Para-xileno

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

NH₃ – Amônia

NO – Óxido nítrico

NO₂ – Dióxido de nitrogênio

NO_x – Óxidos de nitrogênio

O₃ – Ozônio

OEMA – Organizações Estaduais de Meio Ambiente

OMS – Organização Mundial da Saúde

Orto Xil – Orto-xileno

PCPV – Plano de Controle de Poluição Veicular

PCEA – Plano de Controle de Emissões Atmosféricas

PF – Padrão de qualidade do ar final

PI-1 – Padrão de qualidade do ar intermediário 1

PI-2 – Padrão de qualidade do ar intermediário 2

PI-3 – Padrão de qualidade do ar intermediário 3

PI-4 – Padrão de qualidade do ar intermediário 4

PNQA – Política Nacional da Qualidade do Ar

PQAr – Padrões de Qualidade do Ar

PREFE – Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias

RGV – Região Metropolitana da Grande Vitória

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SO₂ – Dióxido de enxofre

TOL – Tolueno

UF – Unidades Federativas

XIL – Xileno

Apresentação

A qualidade do ar está intimamente ligada ao clima e ecossistemas, tornando o controle da poluição atmosférica em um dever para a manutenção da vida na terra. A Organização Mundial da Saúde (OMS) alerta que a poluição do ar é o maior risco ambiental para a saúde humana. Ainda, indica que 99% da população global respira um ar que excede as recomendações da entidade (OMS, 2024).

Diante da vulnerabilidade da população Brasileira, ações claras são essenciais para a gestão da qualidade do ar, utilizando estratégias transversais, em escalas municipal, estadual e nacional. Neste sentido, em 2024, foi instituída a Política Nacional de Qualidade do Ar (BRASIL, 2024a), que dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos associados à gestão da qualidade do ar no Brasil. Também em 2024, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) lançou a Resolução nº 506, de 05 de julho (BRASIL, 2024b), revogando alguns pontos de sua antecessora (Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018) (BRASIL, 2018). Estes marcos oficializam o compromisso dos estados Brasileiros e do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) com a gestão da qualidade do ar.

Entre os instrumentos destacados na política nacional, está prevista a elaboração anual do “*Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar*”, ficando a cargo do MMA a compilação das informações disponibilizadas pelos órgãos ambientais estaduais e distrital. Neste contexto está inserido o presente relatório de acompanhamento da qualidade do ar – 2024, sintetizando as informações disponibilizadas pelas Unidades Federativas do Brasil, dando publicidade e transparência à gestão da qualidade do ar em escala nacional. Este relatório atende as demandas da Resolução CONAMA nº 491 de 2018, no âmbito de seu Artigo 9º, que estabelece que o MMA deve elaborar o relatório anual de acompanhamento e apresentá-lo na última reunião ordinária do CONAMA de cada ano.

O relatório apresenta o número de estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, sua distribuição e abrangência espacial, tipos de poluentes analisados, população e usos do solo cobertos pelo monitoramento. Um exercício preliminar de análise dos dados coletados pelos estados é apresentado para fins didáticos e

demonstrativos. Também são abordados temas como perspectivas de ampliação da rede de monitoramento, comunicação e divulgação dos dados e publicações científicas associadas à poluição do ar no Brasil.

Método de coleta das informações

Foi realizada uma pesquisa nos endereços eletrônicos das OEMAs (Organizações Estaduais de Meio Ambiente), com o objetivo de verificar a disponibilidade de informações referentes à qualidade do ar, as características da rede de monitoramento e a publicação de dados, relatórios e planos.

Em paralelo, foi aplicado um questionário às OEMAs das 27 unidades federativas (UFs) do Brasil, no período entre 26 de julho e 16 de agosto, visando obter as seguintes informações:

- características da rede de monitoramento no estado, se houver;
- modo de divulgação de dados de qualidade do ar, se houver;
- Interligação com o sistema MonitorAr;
- disponibilização dos dados de qualidade do ar para o ano de 2023;
- elaboração e divulgação de Relatório de Avaliação de Qualidade do Ar;
- elaboração e aplicação de Plano de Controle de Emissões Atmosféricas;
- elaboração e disponibilização de Inventário de Emissões Atmosféricas.

O questionário foi preenchido por todas as OEMAs das UFs do Brasil, atingindo uma taxa de retorno de 100%.

As informações obtidas por meio do questionário foram comparadas e, em alguns casos, complementadas com os dados disponíveis no sistema MonitorAr. A Tabela 1 sintetiza a origem dos dados e as características do monitoramento da qualidade do ar nas UFs brasileiras. A Tabela 2 indica a origem dos dados utilizados para a avaliação da qualidade do ar no Brasil no ano de 2023, nas UFs que possuem monitoramento do ar sistemático.

Algumas OEMAs informaram possuir os dados para o ano de 2023 somente mediante o envio de relatórios periódicos de empreendimentos licenciados que realizam o monitoramento, o que não permite o acesso aos dados em sua fonte. Nos casos em que os dados dessas OEMAS estavam disponíveis no sistema MonitorAr, estes foram utilizados.

Ainda, foram compiladas as informações sobre os Relatórios de Avaliação de Qualidade do Ar, Planos de Controle de Emissão Atmosférica e Inventários de Emissões Atmosféricas das OEMAs. Essa compilação foi conduzida a partir das informações disponíveis nas páginas eletrônicas de cada OEMA e das respostas do questionário aplicado pelo MMA.

Tabela 1. Origem dos dados utilizados no levantamento de informações junto às OEMAs.

UF/Região	Realiza monitoramento?	Origem dos dados
Norte		
 Acre	Sim	Consulta 2024
 Amapá	Sim	Consulta 2024
 Amazonas	Sim	Consulta 2024
 Pará	Sim	Consulta 2024, MonitorAr
 Rondônia	Não	Consulta 2024
 Roraima	Não	Consulta 2024
 Tocantins	Sim	Consulta 2024
Nordeste		
 Alagoas	Não	Consulta 2024
 Bahia	Sim	Consulta 2024, MonitorAr
 Ceará	Sim	Consulta 2024
 Maranhão	Sim	Consulta 2024, MonitorAr
 Paraíba	Não	Consulta 2024
 Pernambuco	Sim	Consulta 2024
 Piauí	Não	Consulta 2024
 Rio Grande do Norte	Não	Consulta 2024
 Sergipe	Não	Consulta 2024
Centro-Oeste		
 Distrito Federal	Sim	Consulta 2024
 Goiás	Sim	Consulta 2024
 Mato Grosso	Sim	Consulta 2024
 Mato Grosso do Sul	Sim	Consulta 2024
Sudeste		
 Espírito Santo	Sim	Consulta 2024, Site OEMA
 Minas Gerais	Sim	Consulta 2024
 Rio de Janeiro	Sim	Consulta 2024, MonitorAr
 São Paulo	Sim	Consulta 2024
Sul		
 Paraná	Sim	Consulta 2024
 Rio Grande do Sul	Sim	Consulta 2024
 Santa Catarina	Sim	Consulta 2024

Tabela 2. Origem dos dados utilizados para avaliação da qualidade do ar no Brasil no ano de 2023.

UF/Região	Realiza monitoramento?	Origem dos dados
Norte		
 Acre	Sim	Consulta 2024
 Amapá	Sim	Dado não disponibilizado
 Amazonas	Sim	Dado não disponibilizado
 Pará	Sim	MonitorAr
 Rondônia	Não	-
 Roraima	Não	-
 Tocantins	Sim	Consulta 2024
Nordeste		
 Alagoas	Não	-
 Bahia	Sim	MonitorAr
 Ceará ¹	Sim	Consulta 2024
 Maranhão	Sim	Consulta 2024
 Paraíba	Não	-
 Pernambuco	Sim	Consulta 2024
 Piauí	Não	-
 Rio Grande do Norte	Não	-
 Sergipe	Não	-
Centro-Oeste		
 Distrito Federal ²	Sim	Dado não disponibilizado
 Goiás	Sim	Consulta 2024
 Mato Grosso ³	Sim	Dado não disponibilizado
 Mato Grosso do Sul	Sim	Consulta 2024
Sudeste		
 Espírito Santo	Sim	Consulta 2024
 Minas Gerais	Sim	Consulta 2024
 Rio de Janeiro	Sim	Consulta 2024, MonitorAr
 São Paulo	Sim	Consulta 2024
Sul		
 Paraná	Sim	Consulta 2024
 Rio Grande do Sul	Sim	Consulta 2024
 Santa Catarina	Sim	Consulta 2024

¹Monitoramento interrompido em Agosto/2023. ²Monitoramento integrado ao MonitorAr em 2024. ³ Dados não validados pela OEMA em 2023.

Governança sobre a Qualidade do Ar no Brasil

O ano de 2024 foi marcado por significativos avanços do arcabouço legal da qualidade do ar no Brasil, como a publicação da Lei federal nº 14.850, de 2 de maio de 2024, que institui a Política Nacional da Qualidade do Ar (PNQA), e a publicação da Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024, que estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação, atualizando os padrões até então vigentes.

A Lei nº 14.850/2024 estabelece um quadro regulatório atualizado que visa reduzir as emissões de poluentes e melhorar a qualidade do ar em todo o território nacional. Os objetivos abrangentes dessa legislação incluem assegurar um monitoramento eficaz da qualidade do ar, proteger a saúde pública e promover a adoção de tecnologias limpas. A lei fortalece a abordagem do Brasil para o gerenciamento ambiental, alinhando-se às melhores práticas internacionais.

No âmbito da PNQA, destaca-se a consolidação de importantes instrumentos que visam garantir a proteção ambiental, como os padrões de qualidade do ar e o respectivo monitoramento; os inventários de emissões atmosféricas; os planos, programas e projetos setoriais de gestão da qualidade do ar e de controle da poluição por fontes de emissão; e o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar (MonitorAr), que serão abordados em maior profundidade neste relatório.

Os padrões de qualidade do ar foram atualizados pela Resolução CONAMA nº 506/2024, com o objetivo de proteger a saúde pública e preservar o meio ambiente. Ao adotar limites mais rigorosos para poluentes critério, a nova resolução alinha-se estreitamente com as diretrizes internacionais da Organização Mundial de Saúde (OMS).

A Tabela 3 apresenta um comparativo entre a Resolução CONAMA nº 506/2024, a Resolução CONAMA nº 491/2018, até então vigente, e os valores-guia estabelecidos pela OMS em 2021. A resolução prevê datas específicas de vigência para os padrões intermediários (PI-2 em 1º de janeiro de 2025; PI-3 em 1º de janeiro de 2033; PI-4 em 1º

de janeiro de 2044; e PF em data a ser definida pelo CONAMA) até que o padrão final seja implementado.

Tabela 3. Comparativo de padrões de qualidade do ar entre Resolução CONAMA nº 491/2018, Resolução CONAMA nº 506/2024 e Valores-guia da OMS.

Poluente	Período de Referência	CONAMA 491/2018	CONAMA 506/2024	CONAMA 491/2018	CONAMA 506/2024	CONAMA 491/2018	CONAMA 506/2024	CONAMA 506/2024	CONAMA 491/2018	CONAMA 506/2024	OMS 2021
		PI-1		PI-2		PI-3		PI-4	PF		
		(µg m ⁻³)		(µg m ⁻³)		(µg m ⁻³)		(µg m ⁻³)	(µg m ⁻³)		
Partículas Totais em Suspensão PTS	24 horas	-	-	-	-	-	-	-	240	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	-	-	-	-	80	80	-
Material Particulado MP ₁₀	24 horas	120	10	75	50	50	45	45			
	Anual ¹	40	35	30	20	20	15	15			
Material Particulado MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	25	15	15			
	Anual ¹	20	17	15	10	10	5	5			
Dióxido de Enxofre SO ₂	24 horas	125	50	30	40	40	20	40	40		
	Anual ¹	40	30	20	20	-	20	-			
Dióxido de Nitrogênio NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200	200	200	-		
	Anual ¹	60	50	45	40	40	10	10			
Ozônio O ₃	8 horas	140	130	120	100	100	100	100			
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	50	45	-			
	Anual ¹	40	35	30	20	20	15	-			
Monóxido de Carbono CO	8 horas ³	-	-	-	-	-	9 (ppm)	9 (ppm)	-		
Chumbo Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-		

¹ Média aritmética anual. ² Máxima média horária obtida no dia. ³ Máxima média móvel obtida no dia. ⁴ Média geométrica anual. ⁵ Medido nas partículas totais em suspensão.

O estabelecimento de padrões intermediários alinhados às normativas internacionais, com data de vigência pré-determinados, visa promover a melhoria da qualidade do ar e reforçam a resposta do país às mais recentes evidências científicas sobre os impactos da poluição na saúde e no meio ambiente. Para que estes avanços

sejam de fato consolidados, é fundamental que o país opere e mantenha uma rede de monitoramento da qualidade do ar robusta, dada a dimensão continental do Brasil. Ainda, é importante que a melhoria da qualidade do ar seja induzida mediante a implementação e acompanhamento dos planos e programas de controle de emissões, que são os demais instrumentos da PNQA.

Em uma comparação entre os levantamentos de 2023 e 2024, a rede nacional de monitoramento de qualidade do ar foi ampliada. No levantamento de 2023, 16 UFs possuíam o monitoramento, enquanto em 2024, esse número aumentou para 20 UFs. Conforme os relatos obtidos nos projetos existentes das OEMAs, a rede de monitoramento está em franca expansão. No entanto, ainda existem extensas áreas habitadas sem cobertura ou mesmo estados sem qualquer iniciativa na área.

Existe uma grande diversidade nos tipos e na operação de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, com predominância de sensores indicativos na Região Norte e estações de referência nas Regiões Nordeste, Sudeste e Sul. O monitoramento de estações não automáticas também é significativo, especialmente no Distrito Federal e no Rio de Janeiro.

Pelo menos 26 poluentes são acompanhados com regularidade pelas OEMAs no Brasil, com maior relevância para os poluentes legislados na Resolução CONAMA nº 506/2024, especialmente material particulado e suas frações (PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}).

Entretanto, é importante mencionar que, apenas 8 estados elaboraram o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar, cuja obrigatoriedade é anual. Em relação aos demais instrumentos para a gestão da qualidade do ar, especialmente os planos de controle de emissões, houve pouca evolução desde a publicação da Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Ainda, apenas 3 estados o elaboraram o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas (substituído pelo Plano de Gestão da Qualidade do Ar pela Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024), mesmo 5 anos após a publicação da Resolução CONAMA nº 491/2018, que determinou a obrigatoriedade de elaboração do plano em um prazo de 3 anos após sua publicação.

O cenário atual evidencia a necessidade de atuação do MMA para orientar os estados na construção de alguns instrumentos previstos na PNQA, seja na padonização e elaboração de guias para o conteúdo dos documentos, bem como na viabilização financeira e técnica para a elaboração dos instrumentos pelas OEMAs.

A Tabela 4 sintetiza as informações coletadas junto às OEMAs e apresenta o panorama atualizado da governança da qualidade do ar no Brasil.

Tabela 4. A governança da qualidade do ar no Brasil – dados de 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.

Panorama da Governança da Qualidade do Ar no Brasil	Centro Oeste				Nordeste									Norte						Sudeste				Sul				
	DF	GO	MS	MT	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE	AC	AP	AM	PA	RO	RR	TO	ES	MG	RJ	SP	PR	RS	SC	
Monitoramento																												
Possui monitoramento da qualidade do ar	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Monitoramento com estações de referência	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Divulgação do monitoramento																												
Divulga resultados na página da OEMA	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sistema MonitorAr																												
Integração com o Sistema MonitorAr	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Parcial	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Projeto de ampliação do monitoramento																												
Com estações de referência ou equivalentes	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	
Com estações indicativas	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar																												
Possui Relatório do último ano	Não	Não	Sim	Não	Não	Parcial	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não							
Possui Relatório com no máximo 5 anos	Sim	Não	Sim	Não	Não	Parcial	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não							
Plano de Contr. de Emissões Atmosféricas																												
Possui PCEA	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Parcial	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
PCEA atualizado (3 anos)	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Parcial	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
Inventário de emissões atmosféricas																												
Possui inventário de emissões veiculares	Parcial	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Possui inventário de emissões industriais	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Possui inventário de outras fontes	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim

Legenda
■ Sim
■ Não
■ Parcial

Rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil

Foram contabilizadas 479 estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil no ano de 2024, representando um acréscimo de 84 estações em relação levantamento realizado no ano de 2023 (BRASIL, 2023).

Esse acréscimo está associado ao maior número de respostas das UFs ao questionário aplicado pelo MMA e a implantação de estações de monitoramento indicativas. Considerando as respostas do questionário de 2023, apenas o Acre e Mato Grosso afirmaram possuir estações de monitoramento indicativas instaladas. Enquanto isso, considerando as respostas de 2024, além do Mato Grosso, outras 6 UFs (Amazonas, Amapá, Goiás, Maranhão, Pará e Tocantins) informaram a instalação de novas estações indicativas.

É importante destacar que as estações indicativas são integradas em plataformas internacionais com finalidade científica, exploratória e informativa. A gestão dos dados ocorre através da integração dos equipamentos na plataforma, sem qualquer tratamento da informação. Nesse caso, apenas em alguns casos, a operação e supervisão é realizada pelas OEMAs. Estas estações são equipadas com instrumentos e sensores não considerados equivalentes às estações de referência. As estações indicativas são capazes de monitorar a concentração de alguns poluentes atmosféricos em tempo real, no entanto, podem apresentar um grau de incerteza relevante em relação ao dado gerado, principalmente quando não são calibradas e operadas adequadamente.

Convém ressaltar, ainda, que as estações indicativas não atendem aos critérios estabelecidos pelo Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar do MMA, mas podem fornecer informações relevantes sobre a qualidade do ar, principalmente em locais sem nenhuma estação de referência ou equivalente.

A Tabela 5 apresenta o número de estações de monitoramento da qualidade do ar, reportadas pelas OEMAs nos anos de 2023 e 2024, bem como a variação do número de estações entre os anos.

Tabela 5. Número total de estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.

UF/Região	2023	2024	Variação
Norte	36	85	↑ 49
 Acre	33	30	↓ 3
 Amapá	-	1	↑ 1
 Amazonas	-	46	↑ 46
 Pará	3	6	↑ 3
 Rondônia	-	-	-
 Roraima	-	-	-
 Tocantins	-	2	↑ 2
Nordeste	27	39	↑ 12
 Alagoas	-	-	-
 Bahia	14	14	-
 Ceará	1	2	↑ 1
 Maranhão	7	18	↑ 11
 Paraíba	-	-	-
 Pernambuco	5	5	-
 Piauí	-	-	-
 Rio Grande do Norte	-	-	-
 Sergipe	-	-	-
Centro-Oeste	12	18	↑ 6
 Distrito Federal	5	8	↑ 3
 Goiás	-	2	↑ 2
 Mato Grosso	4	4	-
 Mato Grosso do Sul	3	4	↑ 1
Sudeste	283	300	↑ 17
 Espírito Santo	9	18	↑ 9
 Minas Gerais	57	55	↓ 2
 Rio de Janeiro	140	151	↑ 11
 São Paulo	77	76	↓ 1
Sul	37	37	-
 Paraná	15	15	-
 Rio Grande do Sul	19	19	-
 Santa Catarina	3	3	-
 Total	395	479	↑ 84

¹Monitoramento interrompido em agosto/2023. ²Devido ao alto número de estações inativas e inoperantes, foram consideradas, para este relatório, somente as estações ativas no estado do Rio de Janeiro.

No presente relatório, notou-se a necessidade de pormenorizar a condição da estação de monitoramento de qualidade do ar, visto que, para algumas estações, foram relatados períodos significativos sem monitoramento que poderiam representar a desativação da unidade.

A Tabela 6 mostra o número de estações de referência ou equivalentes, considerando os anos de 2023 e 2024. É importante ressaltar que, embora alguns estados do Nordeste relatem a existência de estações de monitoramento, os dados dessas estações não estão amplamente disponíveis ao público. Isso limita a transparência e o acesso às informações sobre a qualidade do ar nessa região.

Foram contabilizadas 385 estações de referência ou equivalentes, das quais 359 estão ativas. Nesse caso, houve um acréscimo de 27 estações em relação ao ano de 2023, quando observadas as estações instaladas, independentemente de sua condição, e um acréscimo de 1 estação, se consideradas somente as ativas.

O acréscimo significativo de unidades de referência (ou equivalentes) instaladas na região Sudeste se deve, majoritariamente, à contabilização de unidades que já operavam, mas não foram reportadas no ano de 2023, localizadas no município do Rio de Janeiro (7) e no estado de Espírito Santo (9). As demais variações são decorrentes de ativação e desativação de estações já instaladas. Não foi possível contabilizar, com precisão, o quantitativo de unidades inativas e inoperantes no estado do Rio de Janeiro, dado o seu elevado número. Então, para este relatório, considerou-se apenas as estações ativas no referido estado, enquanto para todos os demais foi possível diferenciar as estações instaladas inativas e inoperantes daquelas que estão ativas.

Na região Sul, constatou-se o mesmo número de estações entre os anos de 2023 e 2024, com a presença de 37 estações de monitoramento instaladas, equivalente a 9,6% do total no país.

Na região Centro-Oeste, houve acréscimo de monitoramento no Distrito Federal (3) e no estado do Mato Grosso do Sul (1) em 2024, totalizando 12 estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas e ativas, o equivalente a 3,1% do total no país.

Na região Norte, destaca-se a baixa cobertura da rede de monitoramento, quando não considerada a rede de monitoramento com equipamentos indicativos. Foram identificadas apenas 3 unidades, todas localizadas no estado do Pará. É importante ressaltar que as estações de monitoramento de referência localizadas na região Norte representam menos de 1% do total no país.

No Nordeste, destaca-se a desativação temporária do monitoramento no estado do Ceará, em virtude de encerramento da vigência do contrato de operação dos equipamentos, e o acréscimo de 5 estações de monitoramento no Maranhão. No total, a região conta com 33 estações de monitoramento da qualidade do ar, 8,6% do total de unidades do Brasil.

A Figura 1 ilustra a distribuição espacial e o número de estações ativas e inativas no Brasil, com base no levantamento realizado no ano de 2024. A Figura 2 mostra a distribuição espacial e o número de estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, de acordo com o tipo de monitoramento (referência ou indicativa).

A rede de monitoramento da qualidade do ar de referência (ou equivalente) é predominante na região Sudeste (77,9% das estações de monitoramento instaladas no país). Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo detêm mais de metade de todo o monitoramento realizado no país, com 227 unidades de monitoramento instaladas (59,0% do total).

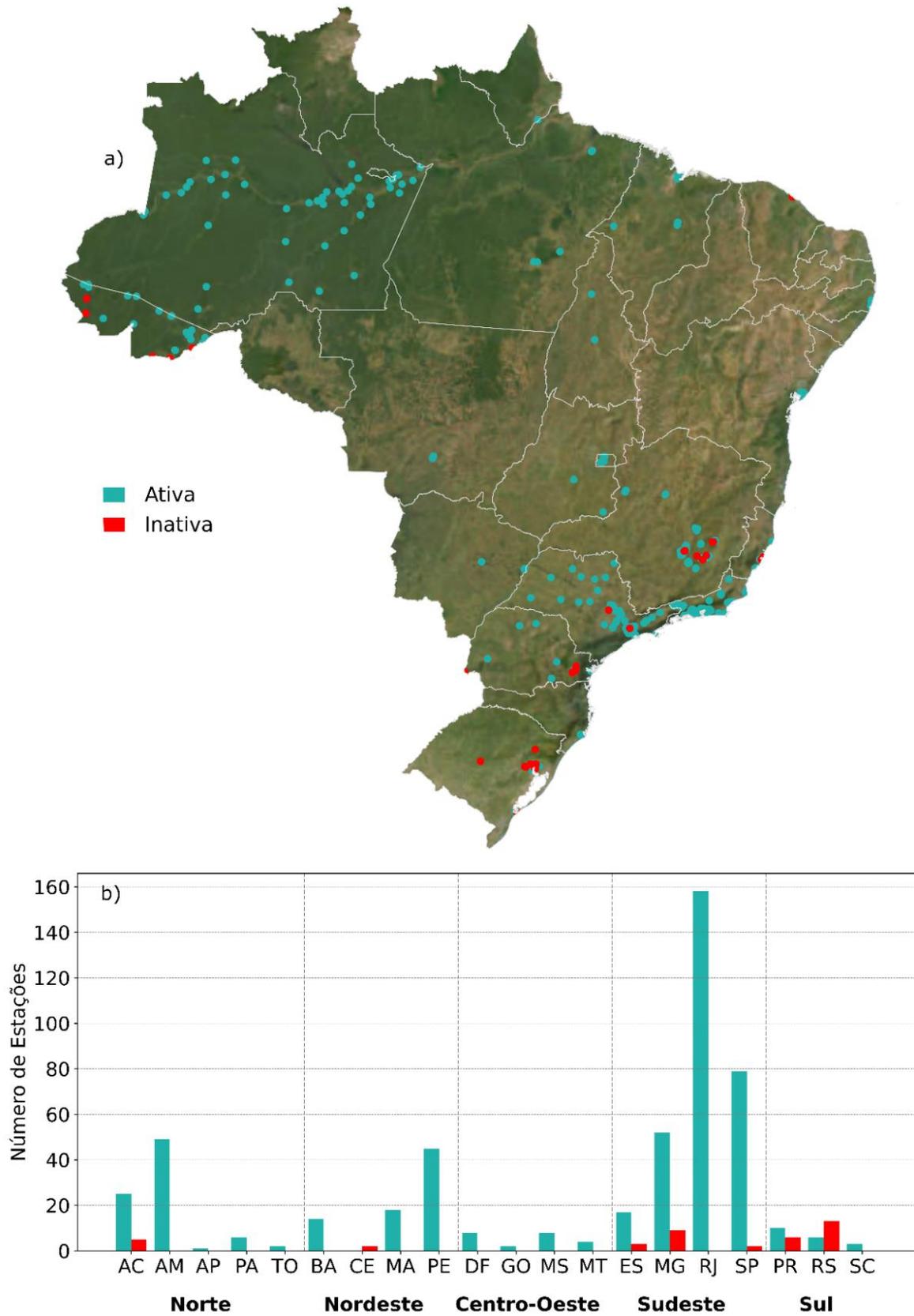
É importante destacar que a gestão das estações de monitoramento varia significativamente entre os estados. Em São Paulo, a maior parte das estações pertence ao órgão ambiental estadual, o que favorece uma gestão pública direta. Em contrapartida, em outros estados como Minas Gerais e Rio de Janeiro, muitas estações são de responsabilidade de empresas privadas, vinculadas às condicionantes das licenças ambientais. Essa configuração envolvendo estações públicas e privadas pode dificultar o planejamento e a gestão integrada da qualidade do ar em nível nacional, pois, quando uma empresa perde a licença ou a condição de operar, as estações privadas podem ser desativadas, comprometendo a continuidade do monitoramento.

Tabela 6. Número de estações de monitoramento da qualidade do ar de referência ou equivalente no Brasil. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.

UF/Região	2023	2024		Variação ³
		Instaladas	Ativas	
Norte	3	3	3	-
 Acre	-	-	-	-
 Amapá	-	-	-	-
 Amazonas	-	-	-	-
 Pará	3	3	3	-
 Rondônia	-	-	-	-
 Roraima	-	-	-	-
 Tocantins	-	-	-	-
Nordeste	27	33	31	↑ 6
 Alagoas	-	-	-	-
 Bahia	14	14	14	-
 Ceará ¹	1	2	0	↑ 1
 Maranhão	7	12	12	↑ 5
 Paraíba	-	-	-	-
 Pernambuco	5	5	5	-
 Piauí	-	-	-	-
 Rio Grande do Norte	-	-	-	-
 Sergipe	-	-	-	-
Centro-Oeste	8	12	12	↑ 4
 Distrito Federal	5	8	8	↑ 3
 Goiás	-	-	-	-
 Mato Grosso	-	-	-	-
 Mato Grosso do Sul	3	4	4	↑ 1
Sudeste	283	300	294	↑ 17
 Espírito Santo	9	18	17	↑ 9
 Minas Gerais	57	55	52	↓ 2
 Rio de Janeiro ²	140	151	151	↑ 11
 São Paulo	77	76	74	↓ 1
Sul	37	37	19	-
 Paraná	15	15	10	-
 Rio Grande do Sul	19	19	6	-
 Santa Catarina	3	3	3	-
 Total	358	385	359	↑ 27

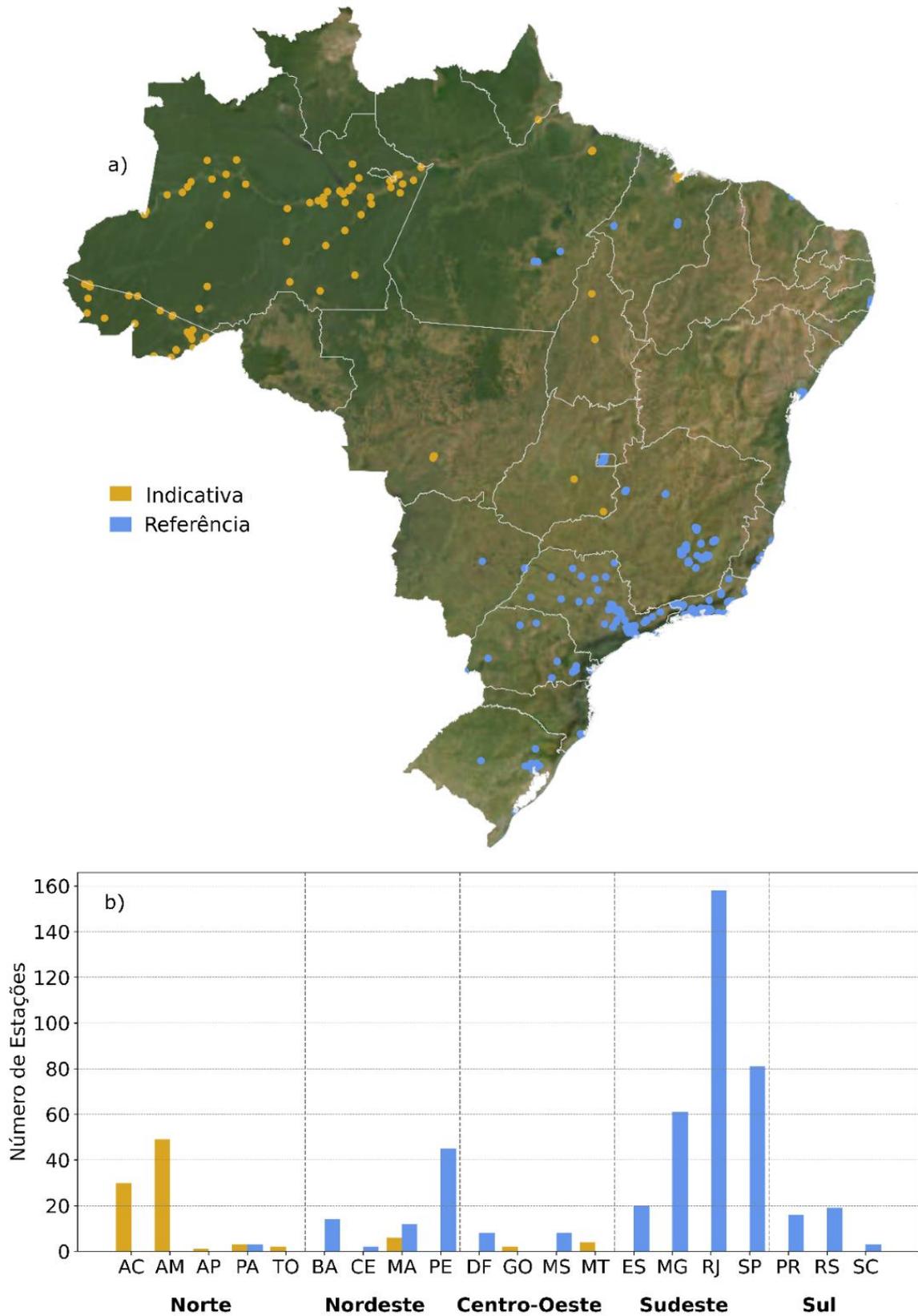
¹Monitoramento interrompido em agosto/2023. ²Devido ao alto número de estações inativas e inoperantes, foram consideradas, para este relatório, somente as estações ativas no estado do Rio de Janeiro. ³Variação em relação às estações instaladas, mas não necessariamente ativas.

Figura 1. a) Distribuição espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil por status. b) Número de estações de monitoramento ativas e inativas nas UFs do Brasil.



Fonte: ESRI World Imagery e IBGE (2022).

Figura 2. a) Distribuição espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil por tipo. b) Número de estações de monitoramento de referência e indicativas nas UF's do Brasil.



Fonte: ESRI World Imagery e IBGE (2022).

Poluentes monitorados

Além da cobertura da rede de monitoramento, foram identificados e contabilizados os poluentes monitorados por cada unidade. Foram contabilizados 26 poluentes, sendo eles: Acetaldeído (Acetal), Amônia (NH₃), Benzeno (BEN), Compostos de Enxofre Reduzido Total (ERT), Etilbenzeno (ETB), Fumaça (FMC), Hidrocarbonetos Não Metânicos (HCNM), Hidrocarbonetos Totais (HCT), Monóxido de carbono (CO), Meta e Para-xileno (M e P Xileno), Metano (CH₄), Orto-xileno (Orto Xil), Ozônio (O₃), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}), Partículas Inaláveis Ultrafinas (MP_{1,0}), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Sulfeto de hidrogênio (H₂S), Tolueno (TOL), Xileno (XIL), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Dióxido de enxofre (SO₂), Óxido nítrico (NO), Dióxido de nitrogênio (NO₂) e Óxidos de nitrogênio (NO_x).

Considerando as estações de referência ou equivalentes ativas, verifica-se que, o parâmetro mais monitorado é MP₁₀, realizado em 13 UFs (Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Pernambuco, Pará, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina). Esse parâmetro é monitorado em um total de 251 estações de referência, com predominância nos estados de Rio de Janeiro (80), São Paulo (58) e Minas Gerais (51).

O parâmetro O₃ é monitorado em 167 estações distribuídas pelo país. O monitoramento desse parâmetro também é realizado em 13 UFs (Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Pernambuco, Pará, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina), com predominância em São Paulo (52), Rio de Janeiro (51) e Minas Gerais (17).

O MP_{2,5} é monitorado continuamente em 164 estações, distribuídas em 12 UFs. Esse parâmetro é monitorado pelas mesmas UFs que monitoram MP₁₀ e O₃, com exceção do estado do Rio Grande do Sul.

O PTS é monitorado em 156 estações, distribuídas em 10 UFs; o NO₂ é monitorado em 144 estações (13 UFs); o SO₂ é monitorado em 124 estações (13 UFs); e CO é monitorado em 104 estações (13 UFs).

Os parâmetros PTS, MP_{2,5}, MP₁₀, CO, O₃, NO₂, SO₂, Fumaça e Chumbo (Pb) possuem seus padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024. Entre os poluentes regulamentados, o parâmetro Fumaça é monitorado apenas em São Paulo, em 8 estações. O parâmetro Pb não é monitorado sistematicamente em nenhum estado brasileiro. A Tabela 7 apresenta o número de estações de referência ativas e parâmetros monitorados, considerando todas as UFs no Brasil.

Considerando as estações indicativas ativas (presentes em 8 UFs), o monitoramento de MP_{2,5} e MP₁₀ é predominantemente, conforme demonstrado na Tabela 8. Também foi identificado o monitoramento de MP_{1,0} (somente no estado do Amazonas), PTS (nos estados de Goiás e Mato Grosso), SO₂, NO₂, O₃, CO (nos estados de Goiás, Maranhão e Mato Grosso) e CO (somente em Goiás) utilizando estações indicativas.

Tabela 7. Parâmetros da Resolução CONAMA nº 506/2024 monitorados no Brasil, em estações que utilizam método de referência ou equivalente, no ano de 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.

UF/Região	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO ₂	NO ₂	O ₃	FMC	CO	Pb
Norte	-	3	3	2	2	2	-	2	-
 Acre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Pará	-	3	3	2	2	2	-	2	-
 Rondônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nordeste	2	17	8	27	19	16	-	14	-
 Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Bahia	-	5	2	14	10	7	-	4	-
 Ceará	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Maranhão	2	7	5	8	5	5	-	5	-
 Paraíba	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Pernambuco	-	5	1	5	4	4	-	5	-
 Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Sergipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro-Oeste	4	11	6	4	5	5	-	4	-
 Distrito Federal	1	8	4	1	1	1	-	1	-
 Goiás	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Mato Grosso	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Mato Grosso do Sul	3	3	2	3	4	4	-	3	-
Sudeste	142	203	143	74	100	126	8	68	-
 Espírito Santo	6	14	13	10	2	6	-	9	-
 Minas Gerais	29	51	43	14	16	17	-	13	-
 Rio de Janeiro ²	100	80	47	29	42	51	-	28	-
 São Paulo	7	58	40	21	40	52	8	18	-
Sul	8	17	4	17	18	18	-	16	-
 Paraná	4	8	3	8	9	9	-	9	-
 Rio Grande do Sul	1	6	-	6	6	6	-	6	-
 Santa Catarina	3	3	1	3	3	3	-	1	-
 Total	156	251	164	124	144	167	8	104	-

Tabela 8. Monitoramento de poluentes realizados por estações indicativas no Brasil em 2024. Dados coletados no formulário aplicado pelo MMA.

UF/Região	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	MP ₁	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	VOC
Norte									
 Acre	-	-	25	-	-	-	-	-	-
 Amapá	-	-	1	-	-	-	-	-	-
 Amazonas	-	-	46	46	-	-	-	-	-
 Pará	-	-	3	-	-	-	-	-	-
 Rondônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Tocantins	-	2	2	2	-	-	-	-	-
Nordeste									
 Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Bahia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Ceará	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Maranhão	-	6	-	-	6	6	6	6	-
 Paraíba	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Pernambuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Sergipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro-Oeste									
 Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Goiás	-	2	2	-	2	2	2	2	2
 Mato Grosso	4	4	4	-	4	4	4	4	-
 Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudeste									
 Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Minas Gerais	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Rio de Janeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 São Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sul									
 Paraná	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Rio Grande do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Santa Catarina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
 Total	4	12	81	46	12	12	12	12	2

Monitoramento da qualidade do ar no Brasil: completude dos dados e violação dos padrões

Foi realizada uma avaliação da completude dos dados medidos pelas estações de monitoramento da qualidade do ar durante 2023, considerando todas as UFs do Brasil. O objetivo dessa análise foi determinar o grau de representatividade dos dados em diferentes escalas temporais, incluindo médias horárias, diárias e mensais. Os cálculos de representatividade basearam-se nos critérios definidos no guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar do MMA (BRASIL, 2021). Nesse caso, para que uma média diária seja considerada válida, pelo menos dois terços das médias horárias do dia precisam ser medidas. Da mesma forma, para uma média mensal ser considerada válida, é necessário que pelo menos dois terços das médias diárias do mês sejam válidas (BRASIL, 2021; CETESB, 2024).

Todas as tabelas com a completude dos dados em diferentes escalas temporais estão disponíveis em um repositório associado ao relatório (BRASIL, 2024c). Essas tabelas abrangem todas as estações e poluentes analisados, fornecendo uma visão detalhada da representatividade dos dados em cada local. No corpo do relatório, a Tabela 9 resume algumas informações relevantes, focando na completude dos dados em escala diária para alguns poluentes legislados, como O_3 , MP_{10} , $MP_{2,5}$ e SO_2 . A Tabela 9 apresenta a média do número de dias com dados válidos, o percentual de dias com dados válidos e o número de estações consideradas em cada UF brasileira.

Os resultados sugerem uma variação significativa na completude dos dados entre as UFs e poluentes analisados. Nas UFs do Sudeste, especialmente São Paulo e Minas Gerais, observa-se uma alta completude (média do estado superior a 80%) para todos os poluentes, mesmo com um número significativamente maior de estações consideradas na análise. Isso reflete a maior densidade da rede de monitoramento e os esforços para assegurar a coleta e controle de qualidade dos dados. Em contrapartida, estados como o Ceará, Pará e Mato Grosso apresentaram menor completude, com percentuais abaixo de 50% em alguns casos.

No caso do O_3 , os percentuais de completude variam de 41,23% (PA) a 95,62% (ES), com grandes disparidades regionais na representatividade temporal dos dados. Para o MP_{10} , a completude média varia de 61,51% (CE) a 88,49% (SC), enquanto para o $MP_{2,5}$ os percentuais variam de 62,47% (CE) a 98,63% em (SC). No caso do SO_2 , os percentuais variam de 41,23% (PA) a 85,63% (SP).

Os resultados destacam a importância de aprimorar o controle de qualidade de dados e a manutenção da rede de monitoramento em estados das regiões Norte e Nordeste. A maior completude observada nos estados do Sudeste sugere que a infraestrutura de monitoramento é mais desenvolvida nessas regiões, permitindo uma maior confiabilidade nos dados de qualidade do ar. É importante ressaltar que, com exceção do estado de São Paulo, a infraestrutura relacionada ao monitoramento da qualidade do ar não depende do governo estadual nessas regiões.

Tabela 9. Completude média das medições de qualidade do ar (escala diária) nas UFs do Brasil no ano de 2023.

UF	Poluente	Nº dias válidos	Dias válidos (%)	Nº de estações
 PA	O ₃	151	41,23	2
	MP ₁₀	202	55,43	3
	MP _{2,5}	202	55,43	3
	SO ₂	151	41,23	2
 BA	O ₃	315	86,16	2
	MP ₁₀	307	84,11	1
	SO ₂	315	86,21	3
 CE	O ₃	232	63,42	2
	MP ₁₀	225	61,51	2
	MP _{2,5}	228	62,47	1
	SO ₂	159	43,56	2
 MS	O ₃	265	72,60	3
	MP ₁₀	201	55,07	1
	SO ₂	246	67,40	1
 ES	O ₃	349	95,62	6
	MP ₁₀	250	68,62	15
	MP _{2,5}	274	75,19	13
	SO ₂	291	79,62	10
 MG	O ₃	327	89,45	16
	MP ₁₀	315	86,27	50
	MP _{2,5}	294	80,45	40
	SO ₂	307	84,19	14
 RJ	O ₃	317	86,85	5
	MP ₁₀	294	80,50	5
	SO ₂	307	84,11	1
 SP	O ₃	346	94,79	43
	MP ₁₀	317	86,80	43
	MP _{2,5}	303	82,93	25
	SO ₂	313	85,63	8
 PR	O ₃	267	73,15	5
	MP ₁₀	269	73,70	4
	MP _{2,5}	268	73,52	3
	SO ₂	274	75,00	4
 RS	MP ₁₀	239	65,37	5
 SC	O ₃	293	80,27	3
	MP ₁₀	323	88,49	3
	MP _{2,5}	360	98,63	1
	SO ₂	281	76,89	3

Uma análise do número de violações dos padrões de qualidade do ar para os principais poluentes monitorados nas estações também foi conduzida, tendo como base o ano de 2023. O objeto foi avaliar a frequência com que os níveis de poluição excederam os limites estabelecidos na legislação vigente. Os padrões de qualidade do ar definidos pela Resolução CONAMA 506/2024 (BRASIL, 2024b) foram adotados como base. A análise considerou dois padrões distintos: o Padrão Intermediário 1 (PI-1), atualmente em vigor, e o Padrão Final (PF), mais rigoroso, a ser implementado em fases futuras da legislação.

Os dados referentes ao número de violações de cada poluente em cada estação estão disponíveis em um repositório vinculado ao relatório (BRASIL, 2024c). Os poluentes analisados incluem o O₃, MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂, NO₂, CO e PTS. A avaliação foi conduzida seguindo as escalas temporais estabelecidas na legislação. O número de violações do PI-1 e PF foram comparados, permitindo avaliar o impacto potencial do restringimento dos padrões.

No corpo do relatório, a Tabela 10 resume alguns resultados, ranqueando as cinco estações com o maior número de violações para os poluentes com mais excedências, incluindo O₃, MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂. A Tabela 10 apresenta o nome das estações, o número de violações para os padrões intermediário e final, e o percentual de dados medidos e faltantes para cada estação. A inclusão dessas informações permite uma visão abrangente da representatividade dos dados e das diferenças no número de violações observadas entre os dois padrões analisados.

Os resultados sugerem um maior número de excedências nos estados do Sudeste, particularmente em São Paulo e Minas Gerais. Essa predominância pode estar associada à maior densidade de cobertura da rede próxima às fontes emissoras nessas regiões. No caso do SO₂, destacam-se também algumas estações em Santa Catarina e Pará, sugerindo a influência de fontes específicas de emissão nessas áreas. Em contraste, o padrão de CO não foi violado na grande maioria das estações, refletindo melhorias no controle de emissões desse poluente nos últimos anos. Poucas estações violaram os padrões de PTS e NO₂, com destaque para as estações Pires (MG) e Jardim Profeta (MG) no caso do PTS, e Comunidade Vila de Bom Jesus (PA) e Laranjeiras (ES) para NO₂.

A comparação entre o número de violações do PI-1 e o PF evidencia um aumento à medida que o padrão se torna mais restritivo. Por exemplo, considerando o PF para o MP_{10} e $MP_{2,5}$, ocorre um acréscimo de 250 e 200 dias de violações no ano, respectivamente.

Implementar padrões mais restritivos representa um passo fundamental para a proteção da saúde da população. Entretanto, para alcançar uma gestão uniforme, é imperativo que os esforços sejam estendidos a todos os estados. Investir na ampliação das redes de monitoramento, no quadro técnico das instituições reguladoras e no fortalecimento das políticas de controle de emissões é essencial para assegurar que os padrões de qualidade do ar sejam atendidos de forma consistente em todo o Brasil.

Tabela 10. Ranqueamento das cinco estações com o maior número de violações dos Padrões de Qualidade do Ar de O₃, MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂ no ano de 2023.

UF	Nome da Estação	Poluente	Violações PI-1	Violações PF	% dados medidos	% dados faltantes
	Lobo Leite	O ₃	37	175	94,9	5,1
	Jundiai	O ₃	29	110	96,1	3,9
	USP Ipen	O ₃	26	109	91,2	8,8
	Pico do Jaraguá	O ₃	26	96	83,5	16,5
	Pedra de Guaratiba	O ₃	6	89	99,5	0,5
	Cubatão V. Parisi	MP ₁₀	98	263	98,3	1,7
	Lobo Leite	MP ₁₀	8	244	84,9	15,1
	Jardim profeta	MP ₁₀	6	143	77,0	23,0
	FUNAM	MP ₁₀	3	185	85,4	14,6
	Centro São Jose da Lapa	MP ₁₀	1	209	82,5	17,5
	Jardim Camburi	MP _{2,5}	7	99	66,6	33,4
	Centro São José da Lapa	MP _{2,5}	1	217	88,0	12,0
	Marg. Tietê Pte. Remédios	MP _{2,5}	1	212	90,9	9,1
	Sergio Ulhoa	MP _{2,5}	1	203	42,6	57,4
	Congonhas	MP _{2,5}	1	179	92,4	7,6
	Comunidade Vila de Bom Jesus	SO ₂	11	12	99,8	0,2
	Capivari de Baixo	SO ₂	3	60	90,6	9,4
	EMQArSul 6 Anchieta	SO ₂	3	27	97,8	2,2
	Vila Moema	SO ₂	1	7	73,1	26,9
	São Bernardo	SO ₂	1	7	69,0	31,0

Adicionalmente, foram elaboradas as visualizações das séries temporais diárias dos poluentes legislados e monitorados pelas estações de qualidade do ar no Brasil em 2023. As concentrações diárias foram calculadas considerando apenas os dias com no mínimo dois terços das médias horárias válidas, de acordo com o critério de representatividade estabelecido pelo guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar do MMA (BRASIL, 2021). Esse procedimento assegura a representatividade das médias diárias, refletindo com maior precisão a variabilidade no perfil temporal dos poluentes.

As figuras no repositório deste relatório (BRASIL, 2024c) mostram as médias, máximas e mínimas diárias de MP_{10} , $MP_{2,5}$, O_3 , CO , PTS e NO_2 para todas as estações de monitoramento de referência no Brasil. O nome de cada estação e o número total de dias com dados válidos são destacados nas figuras. No corpo principal do texto, foram selecionadas figuras de algumas estações com alta completude de dados, ou seja, com alto percentual de médias diárias representativas no ano de 2023 (Figuras 3 e 4). O objetivo é apresentar um exemplo visual da coleta de dados nos estados, demonstrando os padrões diários e sazonais, variações significativas, bem como possíveis eventos críticos de poluição. Em versões futuras deste relatório, será importante avaliar as tendências e sazonalidade da concentração dos poluentes ao longo dos anos.

Figura 3. Perfil temporal das médias diárias de a) MP_{10} , b) $MP_{2.5}$ e c) O_3 nas estações Volta da Capela (Barra Longa – MG) e Vila Moema (Tubarão – SC) no ano de 2023.

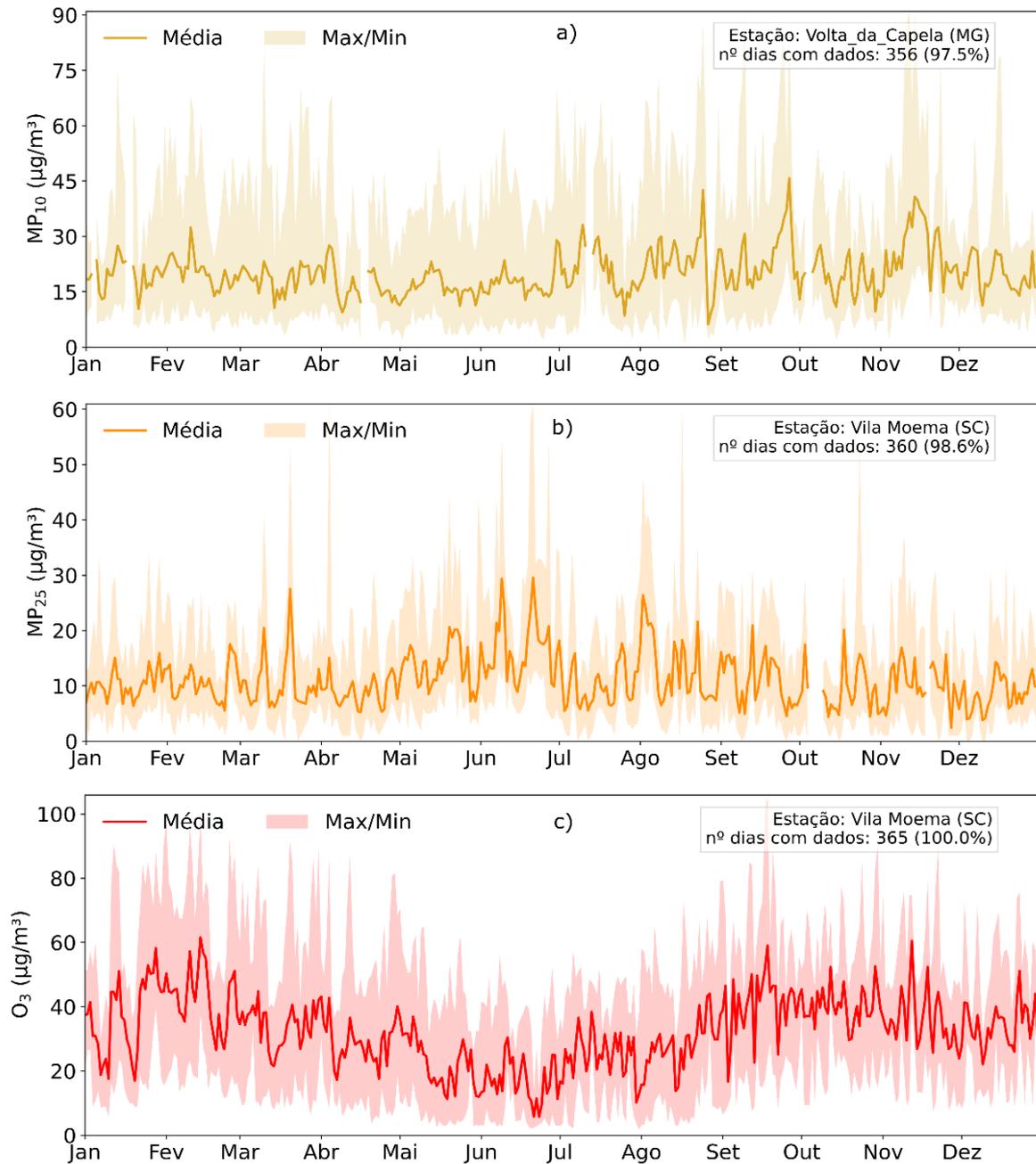
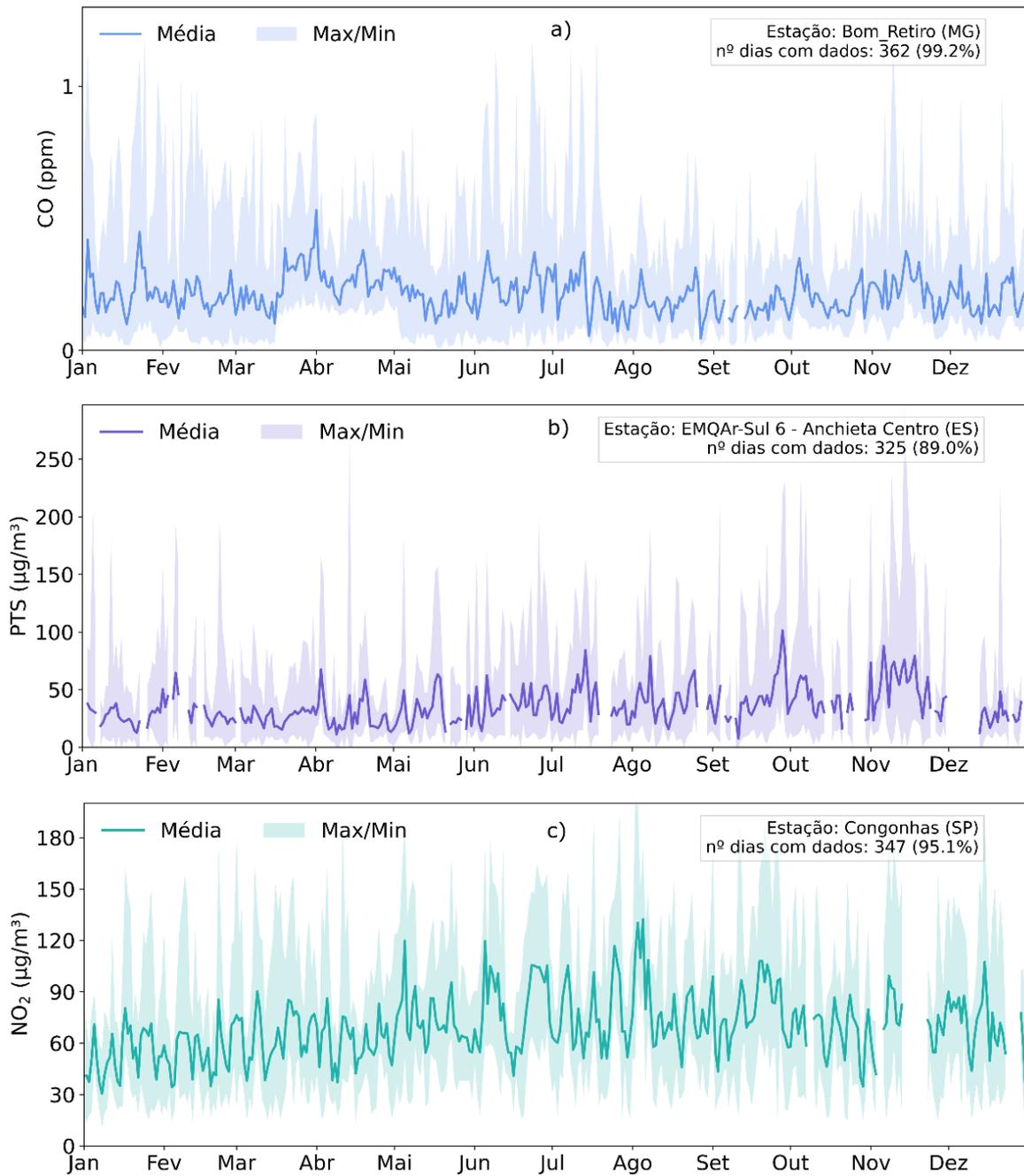


Figura 4. Perfil temporal das médias diárias de a) CO, b) PTS e c) NO₂ nas estações Bom Retiro (Ipatinga – MG), Anchieta Centro (Anchieta – ES) e Congonhas (São Paulo – SP) no ano de 2023.



Área de cobertura do monitoramento da qualidade do ar no Brasil

Foi realizada a avaliação da cobertura da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, levando em consideração dois tipos de estações: (a) estações de referência ou equivalentes e (b) estações indicativas. O objetivo dessa análise foi verificar a extensão da área coberta por essas estações em relação à área total do território brasileiro e sua área urbana.

É importante ressaltar que a cobertura da rede de monitoramento pode variar conforme a representatividade espacial de cada estação. Isso significa que a extensão da área monitorada depende de características específicas do local onde a estação está instalada. Nesta análise, a escala adotada situa-se entre as escalas de bairro e urbana, considerando um raio de 5 km para estimar a área monitorada pelas estações, sem considerar sobreposições entre elas. Segundo os critérios estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a escala de representatividade de uma estação pode ser classificada com base no número de veículos nas proximidades e na distância em relação às vias (BRASIL, 2021). Além disso, a literatura científica oferece abordagens complementares para determinar essa escala, muitas vezes utilizando métodos baseados em dados de modelagem da qualidade do ar (Piersanti et al., 2015; Su et al., 2022). Essas abordagens ajudam a identificar a representatividade espacial das medições feitas pelas estações.

A partir dos raios de abrangência das estações, foi calculado o percentual de cobertura da rede em relação à área total do Brasil e à área urbana total, conforme apresentado na Tabela 11. A área urbana foi obtida com base no último diagnóstico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2019).

Os resultados mostram que a cobertura da rede de monitoramento em todo o território nacional é limitada, com as estações de referência cobrindo apenas 0,22% da área total, enquanto as estações indicativas cobrem 0,07%. Quando analisadas apenas as áreas urbanas no Brasil, o percentual aumenta, com uma cobertura de 38,81% pelas estações de referência e 13,14% pelas estações indicativas. Esses resultados sugerem

que, mesmo nas áreas urbanas, a rede ainda necessita de ampliação e distribuição mais uniforme das estações de monitoramento.

Tabela 11. Cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar no Brasil considerando a área total do país e a área urbana. Análise realizada utilizando dados do IBGE (IBGE, 2019; IBGE, 2022a).

	Área (km ²)	Área cobertura referência (km ²)	Área cobertura indicativa (km ²)	Cobertura referência (%)	Cobertura indicativas (%)
Área total	8,59 x 10 ⁶	1,89 x 10 ⁴	6,40 x 10 ³	0,22	0,07
Área urbana	4,87 x 10 ⁴	1,89 x 10 ⁴	6,40 x 10 ³	38,80	13,10

A mesma metodologia foi adotada para avaliar o percentual de cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar nas UFs brasileiras. A Tabela 12 mostra os percentuais de cobertura das redes de monitoramento (ativas) em relação à área total e área urbana de cada UF. A Figura 5 mostra os percentuais de cobertura das redes de monitoramento nas UFs brasileiras, considerando apenas a área urbana de cada UF. É possível verificar um baixo percentual de cobertura das redes de monitoramento em praticamente todas as UFs brasileiras, tanto no caso das estações de referência ou equivalentes, como no caso das estações indicativas.

Considerando a área total de cada UF, o Rio de Janeiro, Distrito Federal, Espírito Santo e São Paulo possuem os maiores percentuais de cobertura da rede de monitoramento de referência. Enquanto isso, o Acre e Amazonas possuem os maiores percentuais de cobertura da rede de monitoramento indicativa.

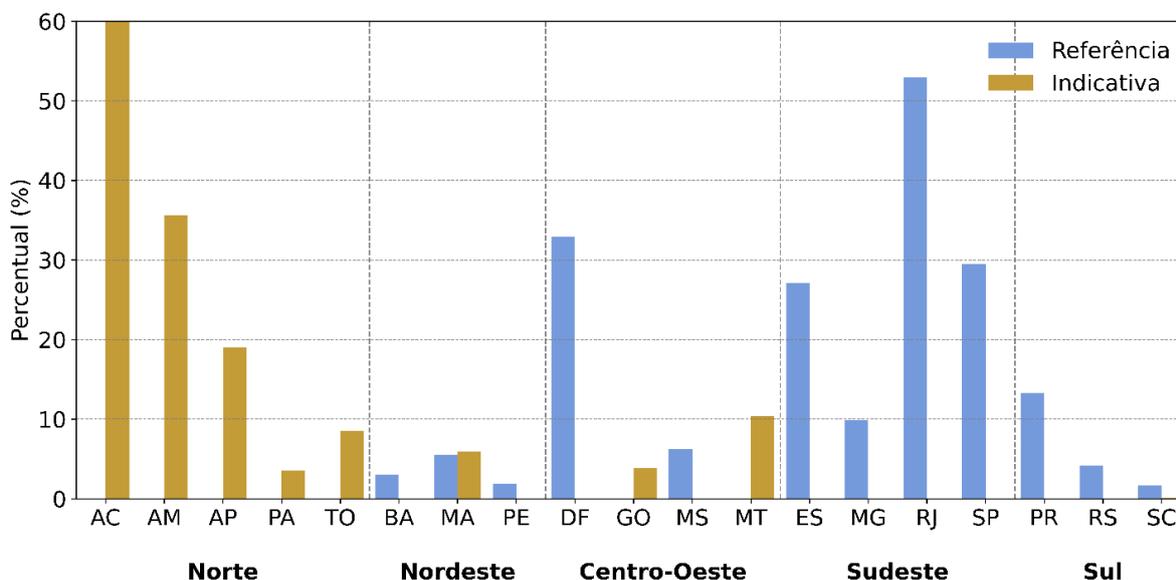
Quando considerada apenas a área urbana, as mesmas UFs possuem os maiores percentuais de cobertura das redes de referência e indicativa, no entanto, com percentuais de cobertura significativamente superior. Nesse caso, o Rio de Janeiro e Acre possuem uma cobertura superior a 50% da área urbana, considerando as estações de referência e indicativas, respectivamente.

Algumas UFs não possuem cobertura da rede de monitoramento da qualidade do ar. Essa ausência de monitoramento é notável em estados das regiões Norte e Nordeste, como Alagoas, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Roraima.

Tabela 12. Cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar nas UFs brasileiras considerando a área total e urbana de cada UF. Análise realizada utilizando dados do IBGE (2019; 2022a).

UF/Região	Área total			Área urbana		
	Área (km ²)	Cobert. referência (%)	Cobert. indicativa (%)	Área (km ²)	Cobert. referência (%)	Cobert. indicativa (%)
Norte						
 Acre	158975	-	0,89	218	-	63,36
 Amapá	142330	-	0,05	156	-	19,04
 Amazonas	1597419	-	0,22	709	-	35,66
 Pará	1250260	0,02	0,01	1848	0,01	3,51
 Rondônia	239190	-	-	553	-	-
 Roraima	226309	-	-	238	-	-
 Tocantins	278997	-	0,06	590	-	8,49
Nordeste						
 Alagoas	29010	-	-	632	-	-
 Bahia	576108	0,09	-	3091	3,06	-
 Ceará	153508	-	-	1867	-	-
 Maranhão	334196	0,17	0,12	1639	5,50	5,92
 Paraíba	58891	-	-	765	-	-
 Pernambuco	102045	0,24	-	1620	1,91	-
 Piauí	255785	-	-	1001	-	-
 Rio Grande do Norte	55676	-	-	919	-	-
 Sergipe	22922	-	-	485	-	-
Centro-Oeste						
 Distrito Federal	5835	7,62	-	597	32,95	-
 Goiás	341436	-	0,04	2099	-	3,87
 Mato Grosso	906118	-	0,02	1363	-	10,41
 Mato Grosso do Sul	357211	0,06	-	890	6,27	-
Sudeste						
 Espírito Santo	44824	1,26	-	757	27,14	-
 Minas Gerais	596515	0,40	-	5128	9,85	-
 Rio de Janeiro ²	44431	10,60	-	2905	52,96	-
 São Paulo	248600	1,68	-	8882	29,46	-
Sul						
 Paraná	199356	0,34	-	3416	13,25	-
 Rio Grande do Sul	271521	0,14	-	3675	4,17	-
 Santa Catarina	98814	0,17	-	2572	1,66	-

Figura 5. Percentual de cobertura das redes de monitoramento da qualidade do ar (ativas) nas UFs brasileiras considerando a área urbana. Análise realizada utilizando dados do IBGE (IBGE, 219; IBGE, 2022a).



Uma análise adicional foi realizada para estimar a população coberta pelo monitoramento da qualidade do ar, tanto pelas estações de referência quanto indicativas, em cada UF do Brasil. O objetivo foi avaliar o percentual da população beneficiada pela medição da qualidade do ar em suas regiões. A Tabela 13 apresenta a população coberta pelas estações de monitoramento de cada UF, sejam elas indicativas ou de referência.

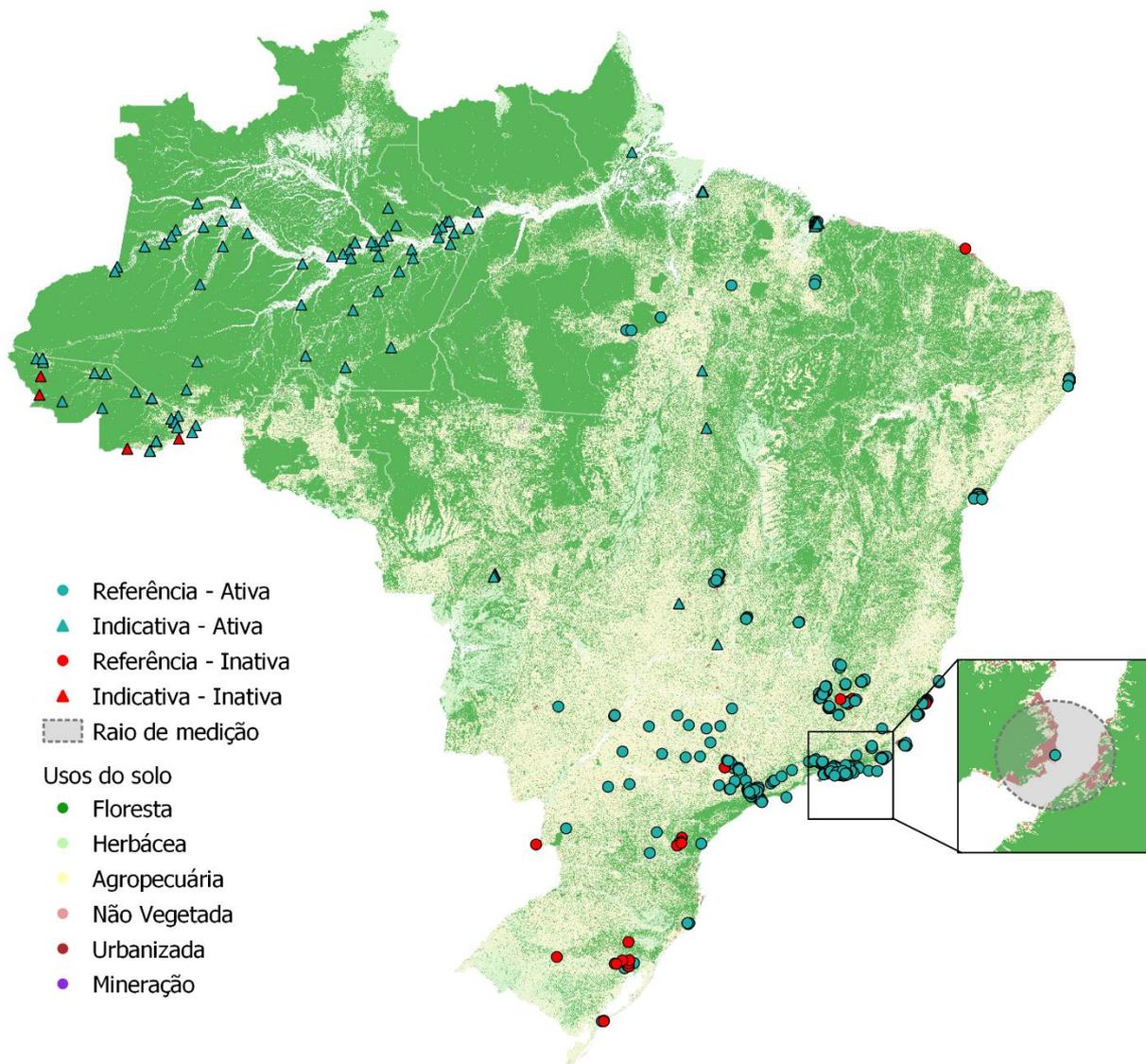
Para obter essa estimativa, a área de cobertura das estações de monitoramento foi inicialmente definida, utilizando raios de 5 km ao redor dos pontos de monitoramento. Posteriormente, foi estimado o percentual da população residente nessas áreas cobertas em relação à população total de cada UF no Brasil. A população total em cada UF no Brasil foi obtida com base no Censo Demográfico 2022 do IBGE (IBGE, 2022b). A comparação entre a população dentro dos raios e a população total forneceu uma métrica sobre a população coberta pelo monitoramento da qualidade do ar, evidenciando as diferenças regionais na distribuição das estações e a necessidade de adequação das redes de monitoramento para atender a população de forma equitativa.

Tabela 13. Estimativa da população atendida pelo monitoramento da qualidade do ar de referência (ou equivalente) e indicativo em cada UF. Análise realizada utilizando dados do IBGE (2019 ; 2022a; 2022b).

UF/Região	Pop. Total (hab.)	Referência		Indicativa		
		Pop. Cobert. (hab.)	Cobert. Pop. (%)	Pop. Cobert. (hab.)	Cobert. Pop. (%)	
Norte						
 Acre	804018	-	-	749105	93,17	
 Amapá	706277	-	-	442933	62,71	
 Amazonas	3931451	-	-	3309258	84,17	
 Pará	8120131	-	-	1303403	16,05	
 Rondônia	1573689	-	-	-	-	
 Roraima	636707	-	-	-	-	
 Tocantins	1511460	-	-	336925	22,29	
Nordeste						
 Alagoas	3127683	-	-	-	-	
 Bahia	14141626	371857	2,62	-	-	
 Ceará	8800339	-	-	-	-	
 Maranhão	6776699	1063453	15,69	-	-	
 Paraíba	3967297	-	-	-	-	
 Pernambuco	9055764	98932	1,09	-	-	
 Piauí	3266144	-	-	-	-	
 Rio Grande do Norte	3312959	-	-	-	-	
 Sergipe	2210004	-	-	-	-	
Centro-Oeste						
 Distrito Federal	2817381	2817381	100,00	-	-	
 Goiás	7064974	-	-	114427	1,61	
 Mato Grosso	3664000	-	-	950955	25,95	
 Mato Grosso do Sul	2746019	155302	5,65	-	-	
Sudeste						
 Espírito Santo	3805124	1174066	30,85	-	-	
 Minas Gerais	20577199	3885182	18,88	-	-	
 Rio de Janeiro	16055174	11991469	74,68	-	-	
 São Paulo	44394137	26597903	59,91	-	-	
Sul						
 Paraná	11430694	3785623	33,11	-	-	
 Rio Grande do Sul	10878795	566242	5,20	-	-	
 Santa Catarina	7585769	134063	1,76	10162	0,13	
 Brasil	203080756	52641473	25,92	7251896	3,57	

Nesta etapa, também foram analisados os tipos de uso do solo nas áreas de influência das estações de monitoramento de referência (ou equivalentes) e indicativas. A Figura 6 ilustra a distribuição dessas estações em todo o território brasileiro, considerando os tipos de uso do solo definidos conforme a convenção do MapBiomias (MAPBIOMAS, 2023). Inicialmente, utilizou-se um raio de 5 km ao redor de cada estação para mapear o uso do solo em uma escala mais ampla. Essa análise foi feita sem considerar sobreposições entre os raios, focando na distribuição dos diferentes tipos de uso do solo dentro dessas áreas de influência. A análise teve o intuito de estimar preliminarmente a cobertura do monitoramento da qualidade do ar em cada tipo de uso do solo no Brasil. Vale ressaltar que o raio de influência de 5km pode subestimar ou superestimar a representatividade espacial das estações de monitoramento, em função da meteorologia, local de instalação e disposição das fontes.

Figura 6. Distribuição das estações de monitoramento no Brasil e tipos de uso do solo conforme projeto MapBiomas (2023).



Fonte: Adaptado de MapBiomas (2023).

A Figura 7 reinterpreta o percentual dos usos do solo nas áreas de influência das estações de monitoramento para cada UF brasileira. Estas análises podem auxiliar no direcionamento da expansão da rede de monitoramento nos diferentes usos do solo nas UFs.

Observa-se que o uso do solo nas áreas de influência das estações varia consideravelmente entre as regiões do Brasil. No Norte, predomina o monitoramento em áreas de floresta, como no Amazonas (51%) e no Pará (37%). Em estados como Acre e Pará, áreas com atividade agrícolas são mais monitoradas. No Centro-Oeste, as áreas

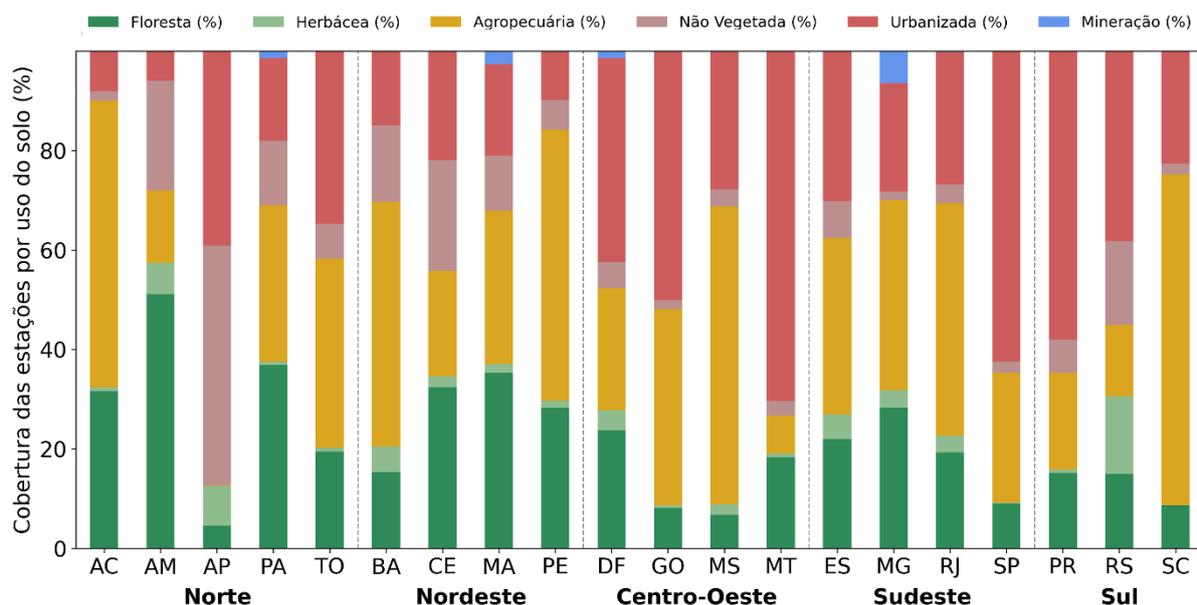
urbanizadas possuem maior cobertura da rede de monitoramento da qualidade do ar (70% no Mato Grosso e 50% em Goiás 50%), com exceção do Mato Grosso do Sul, onde o monitoramento possui maior cobertura em áreas de agropecuária (60%). Pequenas porções de áreas de mineração são monitoradas no Mato Grosso e no Distrito Federal.

No Nordeste, áreas de agropecuária possuem a maior cobertura se destacando em Pernambuco (54%) e Bahia (50%). As áreas de floresta são monitoradas principalmente nos estados do Maranhão (35%) e Ceará (32%). As áreas urbanas também têm importância no Ceará, ocupando 22% das áreas monitoradas.

No Sudeste, o monitoramento em áreas urbanizadas é dominante, especialmente em São Paulo (62%) e Espírito Santo (30%), enquanto áreas monitoradas com atividades agropecuárias se destacam no Rio de Janeiro (45%) e Minas Gerais (38%). O estado de Minas Gerais apresenta a maior área monitorada em zonas de mineração no país, com 6% de cobertura.

No Sul, o Paraná se destaca pelo monitoramento em áreas urbanizadas (58%) e Santa Catarina pela cobertura em áreas com agropecuária (67%).

Figura 7. Percentual dos usos do solo nas áreas de influência das estações de monitoramento, considerando um raio de 5 km. Classificação do uso do solo conforme projeto MapBiomias (2023).

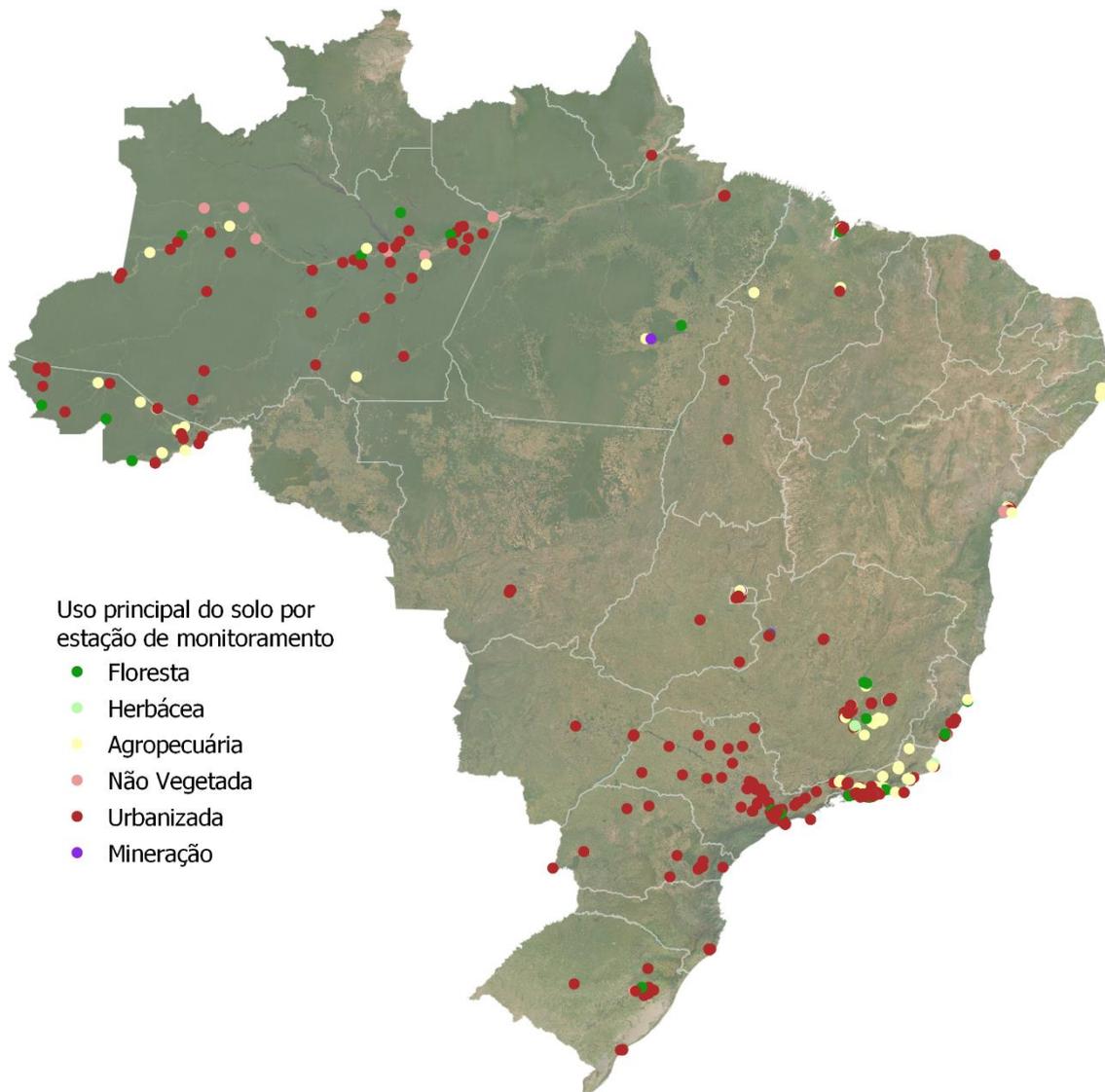


Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023).

A Figura 8 ilustra a localização das estações de monitoramento em todo o território nacional, destacando o uso predominante do solo em um raio de 1 km ao redor de cada estação. Esta análise foi realizada para mapear o uso do solo em uma região próxima do local da instalação da estação, com intuito de caracterizar preliminarmente a finalidade do monitoramento da qualidade do ar (ex: exposição da população em áreas urbanas, qualidade do ar em ambientes preservados, ambientes com alta emissão de poluentes, áreas industriais ou de mineração). Cabe ressaltar que os estados não foram questionados quanto à finalidade dos pontos de monitoramento, e este tema poderá ser explorado em versões futuras deste relatório.

A Figura 8 permite observar a predominância dos diferentes tipos de uso do solo nas áreas de influência direta das medições de poluentes. Destaca-se a concentração de estações em áreas urbanizadas, seguidas por regiões de agropecuária e florestas. Já a Tabela 14, apresenta um resumo da distribuição de estações de monitoramento por região, UF e uso do solo.

Figura 8. Distribuição das estações de monitoramento e uso predominante do solo no entorno considerando um raio de 1 km. Classificação do uso do solo conforme projeto MapBiomias (2023).



Fonte: MapBiomias (2023) e ESRI World Imagery (2022).

Tabela 14. Número de estações e uso do solo predominante em um raio de 1 km. Classificação do uso do solo e dados do projeto MapBiomias (2023).

UF/Região	Flor.	Herb.	Agro.	Não Veg.	Urb.	Min.	Total
Norte	9	-	14	6	55	1	85
 Acre	4	-	8	-	18	-	30
 Amapá	-	-	-	-	1	-	1
 Amazonas	4	-	5	6	31	-	46
 Pará	1	-	1	-	3	1	6
 Rondônia	-	-	-	-	-	-	-
 Roraima	-	-	-	-	-	-	-
 Tocantins	-	-	-	-	2	-	2
Nordeste	5	6	7	6	14	1	34
 Alagoas	-	-	-	-	-	-	-
 Bahia	-	6	-	3	5	-	14
 Ceará	-	-	-	2	-	-	2
 Maranhão	5	-	3	1	8	1	18
 Paraíba	-	-	-	-	-	-	-
 Pernambuco	-	-	4	-	1	-	5
 Piauí	-	-	-	-	-	-	-
 Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-
 Sergipe	-	-	-	-	-	-	-
Centro-Oeste	-	-	3	-	10	5	18
 Distrito Federal	-	-	3	-	4	1	8
 Goiás	-	-	-	-	2	-	2
 Mato Grosso	-	-	-	-	4	-	4
 Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	4	4
Sudeste	17	4	49	1	228	1	300
 Espírito Santo	3	-	2	1	12	-	18
 Minas Gerais	6	-	13	-	35	1	55
 Rio de Janeiro	5	4	34	-	108	-	151
 São Paulo	3	-	-	-	73	-	76
Sul	2	-	-	-	19	16	37
 Paraná	-	-	-	-	15	-	15
 Rio Grande do Sul	2	-	-	-	1	16	19
 Santa Catarina	-	-	-	-	3	-	3
 Total	33	10	73	13	326	24	479

Perspectivas para ampliação da rede

As OEMAs também foram questionadas sobre suas perspectivas de curto prazo para a ampliação da rede de monitoramento em suas respectivas UFs.

Existem projetos em andamento para a ampliação da rede de monitoramento de referência ou equivalente em pelo menos 9 UFs. No Espírito Santo, pretende-se a retomada de operação de 1 estação de monitoramento inativa em Vitória, a instalação de outras 3 na Região Metropolitana de Vitória e 2 na região de Aracruz. Em Goiás, há projeto para aquisição de 1 estação móvel. Já no Mato Grosso, foi informada a aquisição de dois analisadores de material particulado, enquanto em Mato Grosso do Sul, foram iniciadas tratativas para a instalação de 1 unidade de monitoramento. Na Paraíba, a OEMA informou a aquisição de 8 analisadores de material particulado, com previsão de início de operação no primeiro trimestre de 2025. Em Pernambuco, há projeto para instalação de pelo menos 1 estação em Unidade de Conservação. No Paraná, houve a aquisição de 16 unidades de monitoramento que estarão em operação até 2025. No Rio de Janeiro, a expectativa é de reativação de 4 estações na Região Metropolitana de Rio de Janeiro. Em Santa Catarina, está previsto o início de operação de 1 estação em Florianópolis em 2024 e a instalação de 1 unidade em Otacílio Costa em 2025.

Algumas UFs que já possuem uma rede de monitoramento mais consolidada, como é o caso de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, informaram planos para a manutenção e modernização das estações existentes. O estado do Ceará informou o início de procedimentos administrativos para a retomada da operação das 2 estações existentes que estão inativas.

Outras UFs, como Bahia, Distrito Federal e Tocantins, informaram a execução de projetos e planos prévios à etapa de ampliação da rede de monitoramento.

Além disso, 8 UFs informaram possuir projetos em andamento para a aquisição e instalação de estações indicativas, como é o caso do Amazonas, que objetiva atingir uma rede com 62 sensores ativos até o final de 2024; Acre, que informou estar em execução a reativação de sensores inativos e ampliação da rede, sem especificar quantitativos; Pará, com a expectativa de instalação de 40 sensores na Região

Metropolitana de Belém; Paraíba, com aquisição de 14 sensores; Pernambuco e Maranhão, que não especificaram quantitativos, apenas intenção; Mato Grosso, com a aquisição de 20 sensores; e Goiás, com a instalação de até 50 sensores.

Caso todos os projetos informados sejam de fato executados, o Brasil ampliaria significativamente sua rede de monitoramento, com um acréscimo de 39 estações de referência ou equivalente e pelo menos outras 140 indicativas.

Estes dados revelam uma crescente preocupação das OEMAs com a avaliação da qualidade do ar, refletida em múltiplos projetos de expansão e aprimoramento das redes de monitoramento. A significativa quantidade de iniciativas, incluindo a instalação de novas estações de referência e a reativação de unidades inativas, denota um compromisso com a melhoria das capacidades de monitoramento. Ademais, a tendência de incorporar estações indicativas, embora contribua para a ampliação da cobertura e obtenção de dados em tempo real, deve ser complementada pela manutenção e expansão das estações de referência, conforme recomendado pelo Guia Técnico de Monitoramento e Avaliação de Qualidade do Ar do MMA. Essa abordagem integrada garante uma avaliação mais robusta e precisa da qualidade do ar, atendendo aos padrões técnicos e às necessidades de gestão ambiental.

Comunicação e divulgação de dados sobre poluição atmosférica nos estados Brasileiros

O presente relatório possui um repositório que disponibiliza todos os dados utilizados para sua elaboração. O repositório pode ser acessado no endereço eletrônico:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13953260>

A seguir, são discutidas as ações de comunicação e divulgação de dados sobre poluição do ar nas UFs do Brasil.

Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar

O Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar foi elaborado e publicado por 8 UFs no Brasil. Essas unidades incluem Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. No entanto, no caso da Bahia, o relatório não foi desenvolvido pela OEMA correspondente (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA). Desse modo, dentre as 27 UFs, apenas 7 possuem o relatório com abrangência estadual e desenvolvidos pela respectiva OEMA, representando apenas 25,9% do país.

São Paulo é o estado com a maior quantidade de relatórios publicados, com publicações desde 1985, seguido de Minas Gerais (publicação desde 1995), Paraná (publicação desde 2001 para a Região Metropolitana de Curitiba), Espírito Santo e Rio Grande do Sul (publicação desde 2002), Distrito Federal (publicação desde 2005) e Mato Grosso do Sul (publicação desde 2022).

Na região Sudeste, 75% dos estados possuem relatórios de avaliação da qualidade do ar publicados. Nas regiões Sul e Centro-Oeste, 66% e 50% dos estados possuem relatórios publicados. Enquanto isso, nas regiões Norte e Nordeste, nenhum estado desenvolveu o relatório até o momento. Na maioria dos estados, os relatórios são disponibilizados nas páginas eletrônicas das respectivas OEMAs.

No entanto, é importante ressaltar que, apenas São Paulo, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul elaboraram o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar referente ao ano base de 2023.

A Tabela 15 mostra as UFs que elaboraram o Relatório de Avaliação de Qualidade do Ar, cuja elaboração anual era obrigatória, conforme preconizado no art. 6º da Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Nas seções seguintes, são sintetizadas as principais informações das 4 UFs que elaboraram o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar para o ano de 2023 (Espírito Santo, São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul).

De modo geral, verificou-se que os estados apresentam os relatórios seguindo a estruturação proposta no Anexo I da Resolução CONAMA nº 491, de 23 de novembro de 2018. Ainda, foi possível observar que, o padrão intermediário I da legislação brasileira é atendido pela maioria das estações. No entanto, esta não é a realidade quando os valores são comparados com o padrão final, cuja data de vigência ainda não foi definida pelo CONAMA.

Tabela 15. UFs brasileiras que possuem Relatórios de Avaliação de Qualidade do Ar. Ano Base dos relatórios.

UF/Região	Possui?	Ano Base
Norte		
 Acre	Não	-
 Amapá	Não	-
 Amazonas	Não	-
 Pará	Não	-
 Rondônia	Não	-
 Roraima	Não	-
 Tocantins	Não	-
Nordeste		
 Alagoas	Não	-
 Bahia	Não	-
 Ceará	Não	-
 Maranhão	Não	-
 Paraíba	Não	-
 Pernambuco	Não	-
 Piauí	Não	-
 Rio Grande do Norte	Não	-
 Sergipe	Não	-
Centro-Oeste		
 Distrito Federal	Sim	2005 a 2022
 Goiás	Não	-
 Mato Grosso	Não	-
 Mato Grosso do Sul	Sim	2022 a 2023
Sudeste		
 Espírito Santo	Sim	2002 a 2023
 Minas Gerais	Sim	1995 a 2018
 Rio de Janeiro	Não	-
 São Paulo	Sim	1985 a 2023
Sul		
 Paraná	Sim	2001 a 2022
 Rio Grande do Sul	Sim	2002 a 2023
 Santa Catarina	Não	-

Espírito Santo

No estado do Espírito Santo, o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar do ano de 2023 teve como abrangência geográfica apenas a Região Metropolitana da Grande Vitória (RGV), a qual conta com uma rede operada pela própria OEMA. O documento foi estruturado conforme as diretrizes da Política Nacional da Qualidade do Ar e da Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024, contendo capítulos específicos sobre a abrangência geográfica do monitoramento os qualidade do ar, dados meteorológicos e os poluentes monitorados, com especial atenção ao detalhamento dos equipamentos utilizados, qualificação dos dados válidos, método de tratamento dos dados e avaliação da série histórica.

A avaliação da qualidade do ar levou em consideração os dados da rede de monitoramento automática (10 estações) e manual (12 estações de monitoramento de poeiras sedimentáveis) da RGV. A OEMA do Espírito Santo afirma que, em mais de 95% do tempo (considerando os dados válidos), o Índice de Qualidade do Ar foi classificado como “Bom”, conforme os critérios do Guia Técnico para a Avaliação e Monitoramento da Qualidade do Ar do MMA. Apenas uma estação foi responsável por 23 eventos de classificação “Ruim” e 1 evento de classificação “Muito ruim” (o que representa 0,27% dos dados de monitoramento), sendo este episódio de poluição causado por um evento identificado pela OEMA.

O relatório aponta o número de violações para cada estação e parâmetro monitorado, considerando os padrões vigentes da Resolução CONAMA nº 506 e os valores guia da OMS.

Não houve violação do PI-I para $MP_{2,5}$ e MP_{10} em nenhuma das 9 estações que realizam o monitoramento desses parâmetros. No entanto, considerando o valor guia da OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente), apenas 1 dos 9 pontos monitorados estaria em conformidade, o que demonstra necessidade de ampliar os esforços na redução das emissões atmosféricas. A série histórica aponta uma tendência continuada de redução dos valores destes dois parâmetros.

Não houve violação do PI-I de SO₂ em nenhuma das 6 estações que monitoram esse parâmetro. A série histórica também demonstra uma clara tendência de redução nos valores de concentração do poluente. O padrão de CO também foi atendido nas 5 estações que monitoram esse parâmetro.

Os limites do PI-I de NO₂ não foram excedidos nas 7 estações que monitoram esse parâmetro. No entanto, os limites da OMS para esse parâmetro (25 µg/m³) foram excedidos em todas as estações. Não existe uma tendência clara de redução desse poluente em todas as estações, pois algumas indicam estabilidade dos valores medidos durante o ano.

No caso do O₃, o monitoramento realizado em 4 estações indica que as concentrações deste poluente estão abaixo do limite do PI-I (140 µg/m³). Enquanto isso, considerando o critério da OMS, 1 das estações apresentaria eventos de não conformidade. A série histórica demonstra instabilidade da concentração deste poluente, alternando períodos de acréscimo e decréscimo de concentração entre os anos.

A OEMA do Espírito Santo afirma que atualizou as tecnologias de sua rede de monitoramento da qualidade do ar. De acordo com o relatório, essa atualização teve impacto na disponibilidade de dados em alguns períodos. A instalação de equipamentos mais modernos e uma manutenção preventiva e corretiva pode contribuir para a OEMA operar a rede com alta regularidade e confiabilidade de dados nos próximos anos.



São Paulo

O Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar de São Paulo (2023) foi estruturado contendo a abrangência geográfica das estações de monitoramento, a descrição das fontes de emissões, fixas e móveis, as características meteorológicas, o detalhamento da rede de monitoramento e os resultados obtidos (contendo os poluentes monitorados, os métodos utilizados pelos equipamentos de monitoramento, a qualificação dos dados válidos e o método de tratamento dos dados), além de medidas de gestão das fontes de emissões atmosféricas.

Os resultados são apresentados para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Baixada Santista e Litoral Norte e o interior do estado. A rede do estado é complexa, contendo uma ampla variedade de parâmetros monitorados em estações automáticas e manuais operados pela OEMA. Ainda, o estado possui padrões de qualidade do ar (PQAr) próprios, definidos no Decreto estadual nº 59.113, de 23 de abril de 2013, que são mais restritivos que o PI-I, vigente em nível federal.

O monitoramento de MP_{10} foi realizado em 58 estações, das quais 22 estão localizadas na RMSP e 36 nas demais localidades do estado. Das 22 estações na RMSP, 17 atingiram o critério de representatividade anual dos dados para esse parâmetro. O padrão diário de MP_{10} ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) da legislação estadual foi excedido em 2 estações, enquanto o padrão anual ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) não foi excedido para esse poluente. No litoral e no interior, 34 das 36 atingiram ao critério de representatividade anual de dados, com um total de 8 estações não atendendo ao padrão diário vigente no estado ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e 4 não atendendo ao padrão anual vigente ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Quando avaliados os resultados considerando o PF previsto na legislação brasileira, constata-se que nenhuma das estações atenderia ao padrão.

O parâmetro $MP_{2,5}$ foi monitorado em 40 estações do estado, das quais 27 estão localizadas na RMSP e o restante no interior e litoral. Os padrões diários ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de $MP_{2,5}$ foram excedidos em 10 estações na RMSP, enquanto o padrão anual ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi excedido em 2 estações localizadas nessa região. As estações do interior e litoral atenderam tanto ao padrão diário quanto anual. Ainda, verifica-se que todas as estações com dados válidos excederiam o PF anual de $MP_{2,5}$ ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

O parâmetro O₃ foi monitorado em 53 estações, das quais 23 estão localizadas na RMSP e o restante no interior e litoral. O padrão de O₃ (130 µg/m³) foi excedido em 40 estações com dados representativos. Nesse caso, apenas 1 estação localizada na RMSP não teve episódios de violação deste poluente. No dia 23 de setembro de 2023, a CETESB declarou “Estado de Atenção” em seu boletim diário de qualidade, oportunidade em que 4 estações da RMSP atingiram a classificação “Péssima” do IQAr.

O parâmetro CO foi monitorado em 15 estações no estado, sendo 12 localizadas na RMSP e 3 no interior. O padrão de qualidade do ar para este poluente (9 ppm) não foi excedido em nenhuma das estações durante o ano de 2023.

O parâmetro SO₂ foi monitorado em 14 estações, das quais 11 atenderam ao critério de representatividade anual dos dados. Foram observadas 4 excedências do padrão diário de SO₂ (40 µg/m³) apenas no município de Cubatão. Não houve violação do padrão anual (30 µg/m³ na legislação estadual). Verifica-se, ainda, o pleno atendimento do PF de SO₂ em todas as estações de São Paulo.

O parâmetro NO₂ foi monitorado em 39 estações, das quais 14 estão localizadas na RMSP e 25 no interior/litoral. Somente 1 das estações não atingiu ao critério de representatividade anual de dados. Não houve registro de violação do padrão horário (240 µg/m³) em nenhuma das estações. Já em relação ao padrão anual vigente (50 µg/m³), as estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, ambas da RMSP, apresentaram violação. Ao adotar o PF como referência para a concentração anual, verifica-se que apenas 1 estação apresentaria conformidade (10 µg/m³).

Além dos poluentes citados acima, o estado monitora uma série de outros parâmetros de maneira contínua, como Fumaça (único estado da Federação a realizar o monitoramento de forma sistemática), Enxofre Reduzido Total (ERT), Aldeídos, Benzeno, Tolueno, entre outros.

Rio Grande do Sul

O Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar do Rio Grande do Sul (2023) apresenta os resultados do monitoramento da qualidade do ar para as 6 estações existentes na região. O documento foi estruturado contendo a abrangência geográfica das estações de monitoramento, a descrição das fontes de emissões, as características meteorológicas e o detalhamento da rede de monitoramento e os resultados obtidos (contendo os poluentes monitorados, os métodos utilizados pelos equipamentos de monitoramento, a qualificação dos dados válidos e o método de tratamento dos dados).

O PI-I anual para MP_{10} ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) não foi excedido em nenhuma das 6 estações no RS, embora 3 delas não tenham atendido ao critério de representatividade no ano. No entanto, comparando os resultados com o PF ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ou valor guia da OMS, haveria excedência em 4 das 6 estações. As duas estações remanescentes que atenderiam aos limites não cumpriram o critério da representatividade. Já em relação à série histórica, verificou-se que os dados oscilaram sem uma indicação de tendência, o que sugere estabilidade das concentrações.

O PI-I para SO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) também foi atendido nas 6 estações que monitoram esse poluente. No caso desse poluente, as concentrações registradas nas 6 estações também estariam em conformidade com o PF. A série histórica dos últimos 5 anos não aponta tendência de alteração dos valores medidos, o que sugere estabilidade das concentrações ao longo do tempo.

Considerando o parâmetro NO_2 , verificou-se cenário similar: pleno atendimento do PI-I para a concentração média anual ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para as 6 estações de monitoramento, enquanto haveria extrapolação dos valores para 2 das estações se considerado o valor guia da OMS. A série histórica também indica estabilidade dos valores medidos, sem alterações significativas no período de 5 anos.

Nenhuma das 6 estações ultrapassou o PI-I de O_3 (máxima média móvel 8h de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no ano de 2023. No entanto, considerando o PF, 3 delas registrariam, no mínimo, um episódio de violação anual cada. A análise da série histórica recente demonstra que as concentrações se mantêm estáveis.

As 6 estações atenderam aos critérios de representatividade de dados e não excederam os limites de CO (9 ppm).

Os parâmetros PTS e MP_{2,5} não são monitorados automaticamente no RS. Em contrapartida, são monitorados ERT e HCT que, por sua vez, não possuem padrões na legislação atualmente vigente.

A análise do Índice de Qualidade do Ar, considerando o PI-I, demonstrou que 4 das 6 estações operaram, em mais de 90% do tempo, com a classificação “Boa”, enquanto o índice atingido nas estações localizadas em Esteio e Rio Grande foi de 87% e 73%, respectivamente. Não houve registro, em 2023, de classificação “Ruim”, “Muito ruim” ou “Péssima”.

Mato Grosso do Sul

O estado do Mato Grosso do Sul elaborou o seu primeiro Relatório de Avaliação de Qualidade do Ar em 2024, tendo como período de referência o biênio 2022-2023.

O relatório contém a abrangência geográfica das estações de monitoramento, a descrição das fontes de emissões, as características meteorológicas e o detalhamento da rede de monitoramento e os resultados obtidos (contendo os poluentes monitorados, os métodos utilizados pelos equipamentos de monitoramento, a qualificação dos dados válidos e o método de tratamento dos dados). Durante o biênio, foram operadas 3 estações automáticas de monitoramento. Dessa forma, a análise da série histórica foi prejudicada, visto se tratar do primeiro relatório de avaliação da qualidade do ar.

Somente 1 das 3 estações atingiu o critério de representatividade de dados de concentração média anual para os parâmetros PTS e MP₁₀ (estação Eldorado). No caso dessa estação, a concentração anual de MP₁₀ (29,8 µg/m³) foi significativamente inferior ao PI-I da legislação brasileira (40 µg/m³), mas está acima do limite estabelecido no PF (15 µg/m³). A concentração anual de PTS (4,3 µg/m³) foi significativamente inferior ao PF.

A mesma estação foi também a única a atingir os critérios de representatividade de dados para o parâmetro SO₂. Em 2023, a concentração média anual obtida foi de 5,7 µg/m³, significativamente inferior aos limites estabelecidos no PI-I (40 µg/m³) e para PF (20 µg/m³).

A estação EMQAR Eldorado também atendeu aos critérios de representatividade para o NO₂, com uma concentração média anual de 15,4 µg/m³, que é inferior ao PI-I (60 µg/m³), mas superior ao PF (10 µg/m³).

No que diz respeito ao parâmetro O₃, o PI-I foi excedido em duas ocasiões durante o ano de 2023, ambas na estação Petrobrás. Quando considerado o PF de O₃, também foram registradas excedências na estação Suzano, enquanto a estação Eldorado permaneceu dentro dos limites.

Em relação ao CO, não foram registradas violações do padrão de qualidade do ar em nenhuma das três estações avaliadas durante o ano de 2023. O parâmetro MP_{2,5} não

atingiu o critério de representatividade em nenhuma das estações da rede de monitoramento avaliadas no período.

Inventários de emissões atmosféricas

Os inventários de emissões atmosféricas também são instrumentos previstos na PNQA. Dentre as 27 unidades federativas, apenas 7 declararam possuir inventário de alguma fonte de emissão de poluentes atmosféricos, o que representa apenas 25,9% das UFs do país. São elas: Distrito Federal, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Os inventários estaduais abrangem diversos tipos de fontes e não seguem um padrão único, muito devido à inexistência de uma diretriz única nacional que norteie o mapeamento das emissões de poluentes atmosféricos.

Somente os estados de São Paulo, Espírito Santo, Santa Catarina e Paraná possuem inventário de emissões de fontes fixas. Em contrapartida, para fontes móveis, além dos 4 estados citados, também possuem o instrumento elaborado os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Aqui, aponta-se a posição do Distrito Federal, visto que atende parcialmente, à medida que seu inventário de fontes móveis considera apenas o transporte público.

Planos de Controle de Emissões Atmosféricas

No Brasil, apenas 3 UFs elaboraram o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas (PCEA), mesmo após 6 anos da publicação da Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018, sendo eles Minas Gerais, Paraná e São Paulo.

No caso de Minas Gerais, embora uma versão preliminar do PCEA esteja publicada, o documento não é a versão final aprovada pela OEMA, a qual aguarda a conclusão de etapas de consulta, interna e pública, para a publicação final.

O Estado de São Paulo, por sua vez, possui o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), referente ao ano de 2023-2025, publicado em 2022, e o Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias (PREFE), cuja última atualização foi realizada em 2021. O PCPV e PREFE compõem o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas estadual.

O estado do Paraná publicou o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas para o período de vigência entre 2021 e 2023. Os documentos estão disponíveis no repositório do presente relatório (BRASIL, 2024c).

Sistema MonitorAr

O Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar (MonitorAr) (<https://monitorar.mma.gov.br/>) é um dos instrumentos previstos na Política Nacional de Qualidade do Ar, em ser art. 5º, e tem como finalidade integrar e divulgar os dados gerados pelas estações estaduais e distrital de monitoramento da qualidade do ar.

O sistema é gerido pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e apresenta os resultados da avaliação da qualidade do ar mediante apresentação do Índice de Qualidade do Ar (IQAr), calculado conforme as diretrizes estabelecidas no Guia Técnico para o Monitoramento e a Avaliação da Qualidade do Ar. Podem ser integrados ao MonitorAr apenas os equipamentos que atendam as diretrizes do mesmo Guia Técnico.

É dever dos Estados e Distrito Federal assegurar a integração dos dados gerados nos monitoramentos no sistema MonitorAr, sendo esta obrigação prevista na PNQA. A PNQA prevê, ainda, que o monitoramento da qualidade do ar realizado em atendimento à condição de validade estabelecida em licenciamento ambiental também deve ser integrado ao sistema.

No ano de 2023, o sistema MonitorAr contava com a integração de 10 estados brasileiros (Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) e do Município do Rio de Janeiro, o que totalizava 174 estações automáticas de monitoramento de qualidade do ar, de referência ou equivalentes, disponibilizando informações para toda a sociedade em tempo real.

Neste ano, o Distrito Federal e o estado de Pernambuco foram integrados ao MonitorAr, totalizando 12 estados e o Município do Rio de Janeiro compartilhando informações em tempo real. Ainda, outras unidades (de UFs já integradas no sistema) foram adicionadas, o que ampliou a disponibilização de dados para 191 estações de monitoramento de qualidade do ar (um acréscimo de 17 em relação ao ano anterior), as quais acompanham 16 diferentes poluentes atmosféricos (NH₃, BEN, ERT, HCT, HCNM, CO, CH₄, O₃, MP₁₀, MP_{2,5}, PTS, H₂S, SO₂, NO, NO₂ e NO_x).

Publicações científicas em periódicos indexados sobre a poluição do ar no Brasil

Foram levantados quantitativos das publicações científicas produzidas no território nacional, visando fornecer um panorama sobre produções relacionadas ao tema poluição do ar no espaço e no tempo. Esta análise foi realizada para demonstrar o engajamento da comunidade científica na temática de poluição atmosférica. O levantamento foi realizado utilizando a base de dados de publicações científicas do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Klimapolis, desenvolvido entre 2023 e 2024. Esta base de dados utiliza informações de artigos científicos majoritariamente obtidos a partir da constelação de pesquisadores do sistema Lattes, já classificadas por tema, tipo de publicação, localidade e data de publicação. As publicações foram cuidadosamente revisadas quanto a adequação a temática poluição do ar e revistas quanto a localidade para qual foram elaboradas. Para fins de transparência, informações sobre os artigos contabilizados neste trabalho estão disponibilizadas no repositório deste relatório (BRASIL, 2024c).

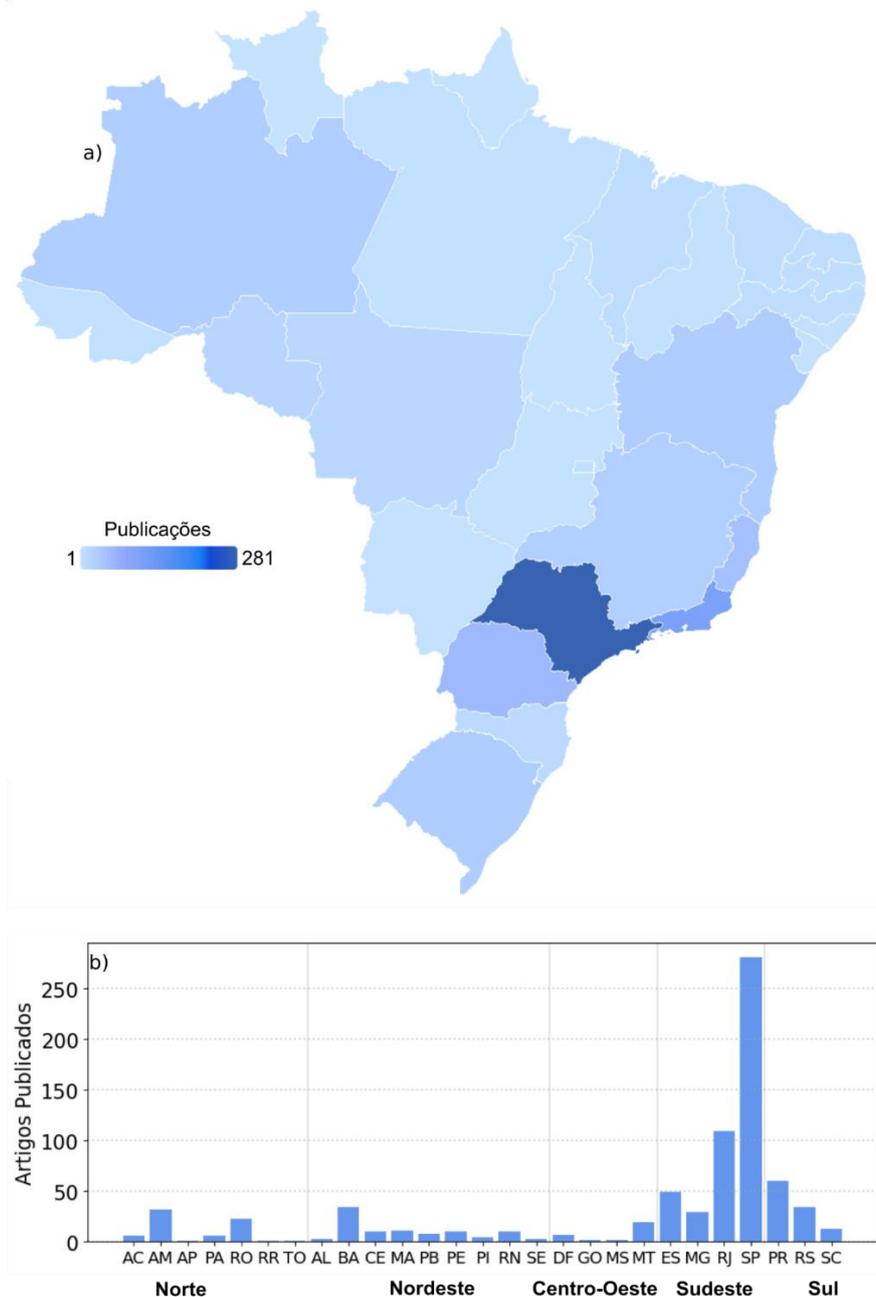
A distribuição dos artigos publicados no território nacional está disposta por unidade federativa na Figura 9. É possível identificar a predominância de estudos de caso feitos para áreas no estado de São Paulo e Rio de Janeiro (281 e 109 estudos respectivamente), destoando a região sudeste do restante do Brasil. Desta região, o estado menos estudado é Minas Gerais (29 estudos).

Na região sul, cujo quantitativo de estudos é o segundo maior entre as regiões, o estado mais estudado é Paraná (60 estudos) e o menos estudado é Santa Catarina (13 estudos). Na região nordeste, Bahia é o estado mais estudado (34 estudos), e Alagoas e Sergipe são os menos estudados (3 estudos cada). A região norte possui Amazonas como estado mais estudado (32 estudos), contraposta por Amapá, Roraima e Tocantins, estados que possuem menor quantitativo geral (1 estudo contabilizado para cada). Para o centro-oeste, região com menor quantitativo geral, Mato Grosso é o estado mais

estudado (19 estudos) e Goiás e Mato Grosso do Sul são os estados com o segundo menor quantitativo (2 estudos para cada).

A baixa quantidade de estudos para as regiões do norte e centro-oeste pode ser fruto de uma limitação da fonte de dados. Em áreas de estudo com regiões mais abrangentes, como biomas e bacias hidrográficas, não há classificação de localidade por nível de unidade federativa até a publicação do presente relatório. Tais publicações são classificadas com nível de abrangência nacional.

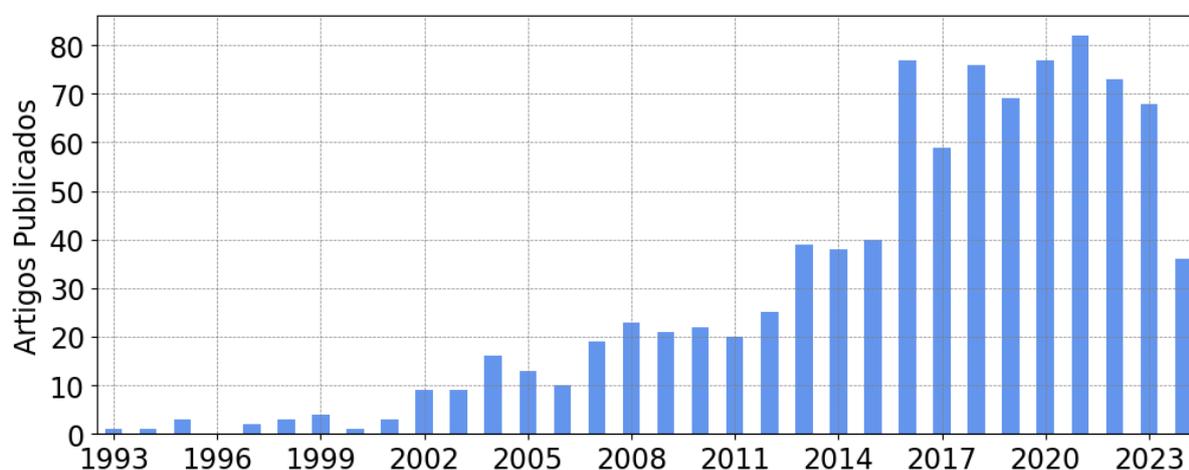
Figura 9. Distribuição das publicações por unidade federativa a) no espaço e b) quantitativos.



Fonte: Adaptado de INCT Klimapolis (2024). Delimitação geográfica (IBGE, 2019)

A evolução das publicações sobre poluição do ar ao longo dos anos está detalhada na Figura 10. Os estudos foram publicados de forma crescente até o ano de 2016, e o pico de publicações ocorreu em 2021. Após 2021, o número de publicações sobre o tema teve redução, principalmente para o ano de 2024. Esta percepção de redução de publicações em 2024 está relacionada com a incompletude dos dados para o ano, já que a atual versão da base contempla dados coletados até o fim do segundo trimestre. Também, a recorrência de atualização do currículo Lattes por pesquisadores da área é desconhecida, o que pode impactar negativamente nos números de publicações dos últimos três anos.

Figura 10. Evolução na quantidade de estudos relacionados a poluição do ar no Brasil por ano de publicação.



Fonte: Adaptado de INCT Klimapolis (2024).

Considerações finais

Este relatório apresenta a compilação de instrumentos de acompanhamento da qualidade do ar conduzidos pelos estados Brasileiros. O documento sintetiza as informações enviadas pelos estados referentes ao ano de 2023, coletadas via formulário ou em plataformas oficiais. Foram abordados temas como monitoramento da qualidade do ar, inventário de emissões, plano de controle de emissões, gestão da qualidade do ar, bem como detalhes sobre a rede de monitoramento atual, suas características, cobertura, entre outros aspectos.

Em geral, 20 unidades federativas informaram que realizam algum tipo de monitoramento da qualidade do ar, representando um acréscimo de 4 estados em relação ao último relatório. O levantamento detectou um acréscimo de 84 estações de monitoramento da qualidade do ar no Brasil em relação ao ano anterior, totalizando 479 unidades de referência, equivalentes ou indicativas. Considerando apenas equipamentos de referência (conforme o guia técnico elaborado pelo MMA), foram identificadas um total de 385 estações instaladas (um acréscimo de 27 unidades em relação ao ano anterior), das quais 358 se encontram ativas.

A ampla maioria das estações atendeu aos limites do PI-I da legislação brasileira. No entanto, quando comparados com o PF/OMS, evidencia-se um cenário com muitas excedências. Esse comportamento sugere que mais esforços precisam ser realizados para a redução das emissões de poluentes atmosféricos, reforçando a necessidade de elaboração dos Planos de Gestão da Qualidade do Ar orientados à redução progressiva das emissões.

Embora presentes na legislação brasileira, os parâmetros Fumaça e Pb são minimamente monitorados em território nacional. A Fumaça é monitorada de forma sistemática apenas no estado de São Paulo, enquanto o Pb não é monitorado em nenhuma UF do Brasil.

A Resolução CONAMA nº 491 destaca uma série de instrumentos de gestão da qualidade do ar obrigatórios. Nesse contexto, após 6 anos da implementação da lei, poucos estados elaboraram o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar (somente 7

UFs) e o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas (somente 3 UFs). Esse cenário pode estar associado à carência de recursos nas OEMAs, tanto humanos quanto financeiros, para realizar a adequada gestão da qualidade do ar.

Entre os instrumentos da gestão da qualidade do ar, o sistema MonitorAr representa uma ferramenta nacional integrada, que disponibiliza dados em tempo real de 191 estações automáticas de monitoramento. Em relação ao relatório de 2023, foi observado um acréscimo de 17 unidades integradas ao MonitorAr.

O relatório revela um desafio complexo que envolve a necessidade de expansão das redes de monitoramento em áreas estratégicas, garantindo uma cobertura equitativa em todas as regiões do Brasil.

Por fim, existe uma demanda latente de padronização e armazenamento adequado dos dados e informações para a gestão da qualidade do ar. Entre as recomendações para possíveis melhorias das próximas versões deste relatório estão:

- Levantamento da tipologia/finalidade de cada estação de monitoramento;
- Levantamento do projeto e design das redes de monitoramento nos estados;
- Utilização da série completa de dados para determinar tendências das concentrações de poluentes;
- Montagem da base de dados consolidada incluindo procedimentos de filtragem de medições espúrias;
- Levantamento de frequência de calibração e sistema de análise de qualidade dos dados utilizado pelos estados;
- Determinação da área de representatividade das estações com base nas condições atmosféricas, emissões e local de instalação;
- Levantamento da marca e método de medição dos equipamentos;
- Levantamento do limite de detecção e incerteza dos equipamentos;
- Utilização de modelagem para complementar os dados coletados pela rede de monitoramento;
- Abordar a influência da meteorologia e dispersão, incluindo o transporte de longo alcance dos poluentes;
- Abordar as principais fontes emissoras em cada região.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei nº 14.850, de 02 de maio de 2024**. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 03 mai. 2024a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 506, de 05 de julho de 2024**. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 09 jul. 2024b, p. 133. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=827. Acesso em: 17 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Repositório do Relatório anual de acompanhamento da qualidade do ar - 2024**. 18 out. 2024c. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.13953260>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 21 nov. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Relatório Anual de Acompanhamento da Qualidade do Ar 2023**. Brasília, 2023. 58 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/qualidade-ambiental-e-meio-ambiente-urbano/qualidade-do-ar/relatorio-anual-2023/relatorio-anual-da-qualidade-do-ar-2023.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. Brasília: 2021. 136 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/ar-puro/guia-tecnico-para-qualidade-do-ar>. Acesso em: 18 out. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2023**. São Paulo: CETESB, 2024. 162 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2024/08/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2023.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

ESRI. **World Imagery** [recurso eletrônico]. 2022. Disponível em: https://server.arcgisonline.com/arcgis/rest/services/World_Imagery/MapServer. Acesso em: 15 out. 2024.

IBGE. **Bases de dados e tabelas: Áreas Urbanizadas 2019 – Brasil (shapefile)**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes->

[geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto). Acesso em: 18 out. 2024

IBGE. **Malhas territoriais** [recurso eletrônico]. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 15 out. 2024.

IBGE. **Censo Demográfico 2022**. 2022b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/inicial>. Acesso em: 22 out. 2024.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, Coleção 7**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 01 out. 2024.

OMS. **Air pollution**. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Acesso em: 15 out. 2024.

OMS. **Ambient (outdoor) air pollution**. 2024. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 15 out. 2024.

PIERSANTI, Antonio *et al.* Spatial representativeness of air quality monitoring stations: a grid model based approach. **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 6, n. 6, p. 953-960, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2015.04.005>.

SIDRA. **Censo Demográfico 2022: População por Idade e Sexo – Resultados do Universo**. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-por-idade-e-sexo>. Acesso em: 18 out. 2024

SU, Ling *et al.* Understanding the spatial representativeness of air quality monitoring network and its application to PM2.5 in the mainland China. **Geoscience Frontiers**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 101370, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101370>.