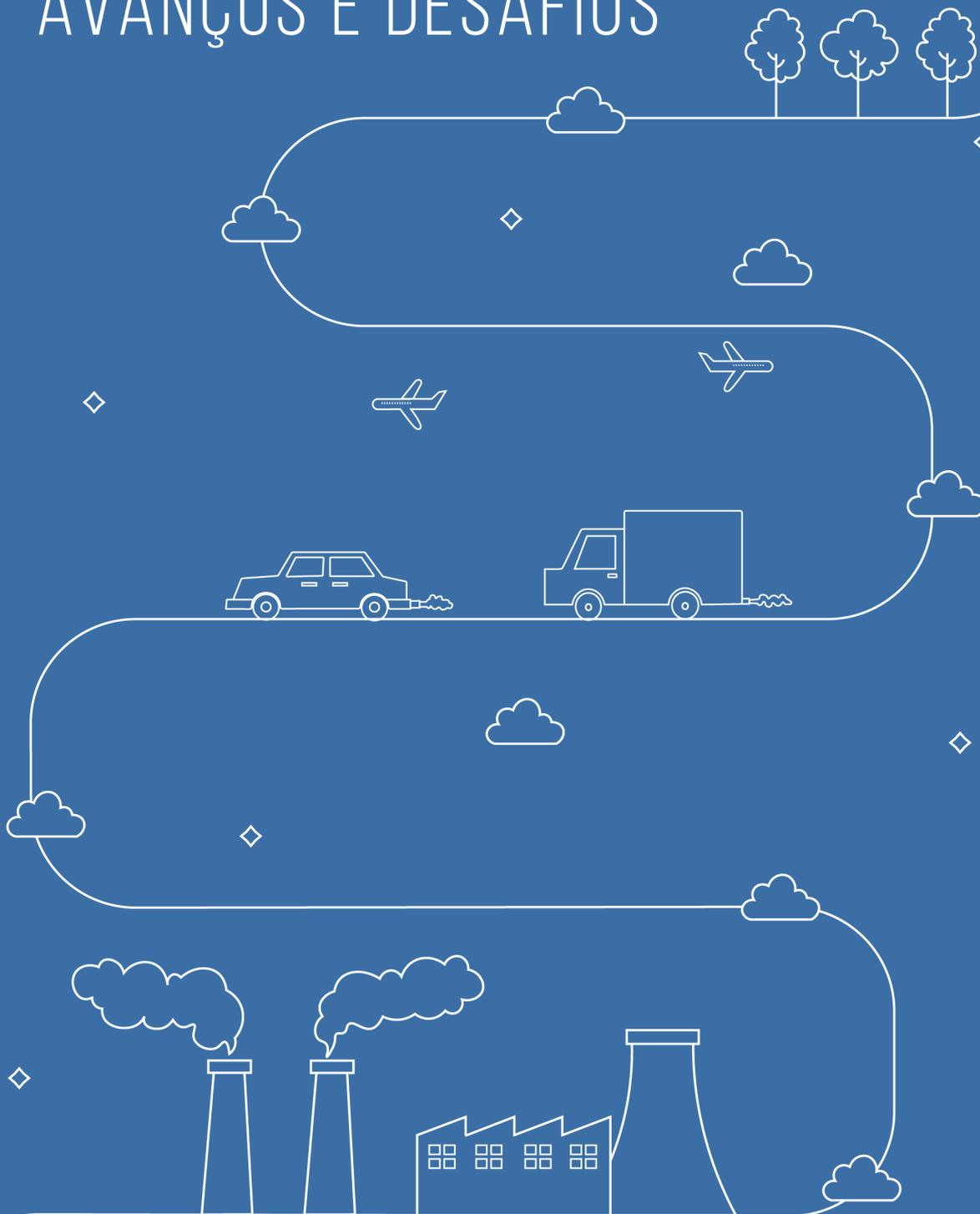


PANORAMA DA QUALIDADE DO AR NO RIO DE JANEIRO: AVANÇOS E DESAFIOS



PANORAMA DA QUALIDADE DO AR NO RIO DE JANEIRO: AVANÇOS E DESAFIOS

Estudo Técnico de Avaliação da Meta Intermediária ETAPA 2 (MI2)
(de acordo com o art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023)

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Cláudio Castro

Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE (SEAS)

Bernardo Rossi

Secretário

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA)

Renato Jordão Bussiere

Presidente

DIRETORIA DE SEGURANÇA HÍDRICA E QUALIDADE AMBIENTAL (DIRSEQ)

Cauê Bielschowsky

Diretor

Milena Alves da Silva

Diretora Adjunta

GERÊNCIA DE QUALIDADE DO AR (GERAR)

Renato Vieira da Silva

Gerente

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE

PANORAMA DA QUALIDADE DO AR NO RIO DE JANEIRO: AVANÇOS E DESAFIOS

Estudo Técnico de Avaliação da Meta Intermediária ETAPA 2 (MI2)
(de acordo com o art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023)

Equipe Técnica da GERAR

Adilson Rodrigues Penha, Alexandre Ornellas do Valle, Antônio Carlos Dias dos Santos, Arnaldo de Azevedo Santos, Breno Eraldo dos Santos, Cristiano Pontes Nobre, Daniela Pinaud de Oliveira Cunha, Dimas Edalmo Brandão, Fabrício Nascimento Lopes, Geraldo Peixoto, Gustavo Mota Rodrigues, João Anulino Franco Neto, Joel Ferreira de Assunção, José Péricles de Moraes Filho, Leonardo Abreu Jorge Justo, Luiz Fernando Ferreira da Silva, Marcos Albuquerque Zappa, Mário Ribeiro de Souza, Nathália Amarante Silva, Paulo Roberto Ferreira da Costa, Pedro Henrique Rocha Valle, Rosane Botelho Alves, Sandra Chaves Pessoa, Valmir Braga

Equipe Técnica de Apoio

André Vieira, Beatriz Pereira Miranda, Brunna da Rocha Coutinho, Camille Pinheiro Torres, Clóvis da Rosa Souza, Cristiano de Oliveira Barbosa, Isabella Mont'Alvão Pedro Irmão, Jéssica da Silva Lopes, João Pedro Gomes da Silva, Josiane Loyola da Silva, Kevin Moulin, Késia de Freitas Ferreira Nobre, Lais de Souza Rosas, Lucas da Silva Menezes, Paulo Victor de Freitas Lopes, Rafaela Sayuri Hashmoto Nogueira, Rodrigo Albernaz Pinto de Souza, Samid Adriel Costa Carvalho, Silvia Patrícia de Araujo, Thalles Barbosa de Lima Souza, Thais dos Santos Leite Sabatini, Treissy Whitney Araújo Silva, Vitor Alves de Souza Ferreira, William Luz Badin

Rio de Janeiro

Setembro, 2025

Direitos desta edição do Instituto Estadual do Ambiente (INEA).
Diretoria de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental (DIRSEQ)
Gerência de Qualidade do Ar (GERAR)
Av. Venezuela, 110 - 4º andar - Saúde
20081-312 - Rio de Janeiro - RJ

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Disponível em: www.inea.rj.gov.br > Publicações > Publicações Inea > Relatórios e Inventários

Produção Editorial

Gerência de Publicações e Acervo Técnico (GERPAT)

Coordenação Editorial

Tania Machado

Revisão

Sandro Carneiro

Maria Eduarda Mendes Laguardia

Projeto Gráfico e Diagramação

Lais de Souza Rosas

Normalização

Wellington Lira dos Santos

Como referenciar esta publicação:

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Panorama da qualidade do ar no Rio de Janeiro: avanços e desafios: Estudo Técnico de Avaliação da Meta Intermediária ETAPA 2 (MI2).** Equipe técnica da GERAR: Adilson Rodrigues Penha *et al.*; equipe técnica de apoio: André Vieira *et al.* Rio de Janeiro: INEA, 2025. 81 p.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do INEA

I59p Instituto Estadual do Ambiente (RJ).
Panorama da qualidade do ar no Rio de Janeiro :
avanços e desafios : Estudo Técnico de Avaliação da Meta
Intermediária ETAPA 2 (MI2) / Instituto Estadual do
Ambiente ; equipe técnica da GERAR: Adilson Rodrigues
Penha [...] et al. ; equipe técnica de apoio: André Vieira
[...] et al. – Rio de Janeiro, 2025.
81 p. : il. color.

Bibliografia: p. 81.

1. Qualidade do ar – Rio de Janeiro (Estado). 2. Ar –
Poluição – Rio de Janeiro (Estado). I. Título. II. Penha,
Adilson Rodrigues. III. Vieira, André.

CDU 628.395(815.3)

RESUMO

O Panorama da Qualidade do Ar no Rio de Janeiro: Avanços e Desafios, apresenta um Estudo Técnico da Avaliação da Meta Intermediária Etapa 2 (MI2) para o estado do Rio de Janeiro. Este estudo foi elaborado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em conformidade com o art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023.

Este relatório se baseia em dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia (RMQAM) do INEA para classificar os municípios do estado do Rio de Janeiro quanto ao cumprimento dos padrões intermediários e final de qualidade do ar. O estudo se destaca tanto as áreas críticas, quanto os avanços na gestão da qualidade do ar. Observou-se uma redução significativa nas concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) e uma diminuição na frequência de picos extremos em grande parte da rede de monitoramento, impulsionada por programas federais como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e iniciativas estaduais.

No entanto, o estudo aponta que o material particulado fino (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$) e o ozônio troposférico continuam a exceder os padrões de qualidade do ar em diversos pontos estratégicos, especialmente nos corredores logístico-industriais da Região Metropolitana e do Médio Paraíba. Esses poluentes são reconhecidos como poluentes climáticos de vida curta, impactando diretamente a saúde pública e contribuindo para o aquecimento global.

A análise aprofundada expõe que a poluição atmosférica é distribuída de forma desigual, afetando desproporcionalmente comunidades socioeconomicamente vulneráveis em Duque de Caxias, Itaguaí e, notavelmente, em Itaboraí, que registrou os índices mais alarmantes de ozônio.

Até mesmo áreas rurais, como Macuco, apresentam níveis preocupantes de Material Particulado Fino com diâmetro menor que $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2,5}$).

O estudo técnico não só diagnostica a situação, mas também oferece subsídios essenciais para a formulação do Plano Estadual de Gestão e Controle da Qualidade do Ar. As ações prioritárias devem ser focadas em Duque de Caxias, Itaboraí, Itaguaí, Seropédica, Barra Mansa/Volta Redonda e Macuco. O documento reflete o compromisso do INEA com um futuro onde o ar do Rio de Janeiro seja sinônimo de saúde, sustentabilidade e justiça ambiental.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos pontos monitorados por categorias e poluentes na avaliação de exposição de curto prazo no período de 2024 61

Gráfico 2 - Distribuição dos pontos monitorados por categorias e poluentes na avaliação de exposição de curto prazo no período de 2024 62

Gráfico 3 - Distribuição de pontos de monitoramento que já atenderiam ao PI-2 para exposição de curto prazo estabelecido na Resolução CONAMA nº 506/2024 63

Gráfico 4 - Distribuição de subregiões que já atenderiam ao PI-2 para exposição de longo prazo estabelecido na Resolução CONAMA nº 506/2024 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de medição dos parâmetros de qualidade do ar monitorados no ERJ	19
Tabela 2 - Critério de representatividade dos dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia do INEA	24
Tabela 3 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018	28
Tabela 4 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMRJ quanto à exposição de curto prazo	30
Tabela 5 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMP quanto à exposição de curto prazo	32
Tabela 6 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RCV quanto à exposição de curto prazo	33
Tabela 7 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RS quanto à exposição de curto prazo	34
Tabela 8 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RNF quanto à exposição de curto prazo	34
Tabela 9 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RMRJ quanto à exposição de curto prazo	35
Tabela 10 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RS quanto à exposição de curto prazo	36

Tabela 11 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RMP quanto à exposição de curto prazo	37
Tabela 12 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RNF quanto à exposição de curto prazo	38
Tabela 13 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO_2 na RMRJ quanto à exposição de curto prazo	39
Tabela 14 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO_2 na RMP quanto à exposição de curto prazo	40
Tabela 15 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO_2 na RCV quanto à exposição de curto prazo	41
Tabela 16 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO_2 na RNF quanto à exposição de curto prazo	42
Tabela 17 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O_3 na RMRJ quanto à exposição de curto prazo	43
Tabela 18 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O_3 na RMP quanto à exposição de curto prazo	45
Tabela 19 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O_3 na RCV quanto à exposição de curto prazo	46
Tabela 20 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O_3 na RS quanto à exposição de curto prazo	46
Tabela 21 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O_3 na RNF quanto à exposição de curto prazo	47

Tabela 22 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMRJ quanto à exposição de longo prazo	49
Tabela 23 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMP quanto à exposição de longo prazo	51
Tabela 24 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RCV quanto à exposição de longo prazo	52
Tabela 25 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RS quanto à exposição de longo prazo	53
Tabela 26 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RNF quanto à exposição de longo prazo	53
Tabela 27 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RMRJ e RMP quanto à exposição de longo prazo	55
Tabela 28 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO_2 no ERJ quanto à exposição de longo prazo	56
Tabela 29 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 506/2024	59
Tabela 30 - Fases de implementação do PROCONVE	68

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação e um senso de responsabilidade que apresento este Estudo Técnico de Avaliação da Meta Intermediária Etapa 2 (MI2), um documento que reflete o incansável compromisso do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) com a saúde e o bem-estar dos cidadãos do Rio de Janeiro.

Este relatório é mais do que um conjunto de dados e análises; é uma fotografia detalhada e um guia essencial para compreendermos os desafios e avanços na busca por um ar mais limpo. Ele se debruça sobre as exigências do Decreto Estadual nº 48.668/2023, avaliando, com rigor técnico, o desempenho dos nossos municípios frente aos padrões de qualidade do ar.

As páginas que se seguem detalham a metodologia de monitoramento que empregamos, assim como os critérios rigorosos de representatividade e tratamento de dados que garantem a confiabilidade de nossas conclusões. Mais importante, apresentamos uma análise aprofundada da evolução da qualidade do ar no ERJ, explorando as tendências observadas em diferentes municípios para poluentes como Material Particulado (MP_{10} e $MP_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2) e ozônio (O_3).

Os avanços são notáveis: a implementação rigorosa das fases do PROCONVE e a redução do teor de enxofre em nossos combustíveis já se traduzem em uma atmosfera com menos dióxido de enxofre e picos de poluição menos frequentes. Contudo, a persistência do material particulado fino e do ozônio troposférico em regiões estratégicas nos lembra que o caminho ainda é longo e que a vigilância deve ser constante.

Este estudo também nos convida a uma reflexão profunda sobre a justiça ambiental. As evidências aqui apresentadas demonstram que o fardo da poluição não é igualmente distribuído, recaindo com maior peso sobre as comunidades mais vulneráveis do nosso estado. É um chamado à ação para que, juntos, possamos reverter essa realidade.

As informações aqui contidas não são um fim em si mesmas, mas sim o ponto de partida para a formulação de um robusto Plano de Controle de Emissões Atmosféricas. Queremos que este documento inspire políticas públicas inovadoras, alinhadas às melhores práticas globais e que, acima de tudo, resultem em uma melhoria tangível na qualidade de vida de todos os fluminenses.

Convido a todos a mergulharem nesta leitura. Que a ciência e os dados aqui apresentados sirvam de catalisador para ações concretas e transformadoras.

Rafael Barbosa Campos

Gerente de Qualidade do Ar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	15
3. REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	17
4. METODOLOGIA DE MONITORAMENTO	19
5. REPRESENTATIVIDADE E METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS	23
6. REPRESENTATIVIDADE ESPACIAL DAS ESTAÇÕES	25
7. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO ERJ	27
7.1. Exposição de Curto Prazo	29
7.1.1. Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP ₁₀)	29
7.1.2. Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP _{2,5})	35
7.1.3. Dióxido de Enxofre (SO ₂)	38
7.1.4. Ozônio (O ₃)	43
7.2. Exposição de Longo Prazo	48
7.2.1. Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP ₁₀)	49
7.2.2. Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP _{2,5})	54
7.2.3. Dióxido de Enxofre (SO ₂)	55
7.3. Panorama Consolidado e Adequação aos Novos Padrões	58
8. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES EM FONTES ESTACIONÁRIAS	65
9. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES EM FONTES MÓVEIS	67
10. CONCLUSÃO	72
11. SUBSÍDIOS PARA A FORMULAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE GESTÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DO AR	75
REFERÊNCIAS	80
ANEXO	82

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar é um fator essencial para a garantia da saúde pública, da proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar e classificar, sob critérios técnicos, os municípios do estado do Rio de Janeiro (ERJ) quanto ao cumprimento dos padrões de qualidade do ar recém-estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023, conforme critérios dispostos em seu art. 7º.¹

Para tanto, foram utilizados dados de concentração dos principais poluentes atmosféricos monitorados pela Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar (RMQAr) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), além de informações complementares obtidas em inventários de emissões atmosféricas e relatórios anteriores de avaliação da qualidade do ar.

O processo de classificação busca aferir o nível de atendimento às Metas Intermediárias (M1, M2, M3) e à Meta Final (MF) estabelecidos no referido decreto, bem como permitir o diagnóstico detalhado das áreas com condições críticas ou insatisfatórias quanto à poluição atmosférica. Com o intuito de proteger a saúde pública, reduzir riscos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável, essa avaliação é fundamental para direcionar medidas específicas de controle e redução das emissões originadas por fontes móveis ou estacionárias.

Cabe ressaltar ainda que resultados pontuais de monitoramento podem ser influenciados por fontes externas ou

¹ Decreto Estadual nº 48.668, de 1º de setembro de 2023 - Regulamenta os padrões de qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro, tendo por base padrões nacionais e as diretrizes e recomendações da Organização Mundial de Saúde, e dá outras providências.

circunstâncias locais específicas, como a proximidade de vias não pavimentadas. Contudo, os dados apresentados neste relatório representam uma base sólida e consistente para o entendimento amplo das condições da qualidade do ar no ERJ, sendo, por isso, capazes de orientar a implementação de políticas públicas e ações concretas visando à melhoria contínua da qualidade ambiental.

Este relatório está organizado de maneira a descrever a gestão atual do monitoramento da qualidade do ar, a metodologia empregada, os critérios de representatividade dos dados e as conclusões técnicas acerca das tendências observadas nos diferentes municípios monitorados.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste relatório é, sob critérios técnicos, avaliar os municípios do ERJ e classificá-los em relação à forma como cumprem os padrões de qualidade do ar estabelecidos no art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023.

Especificamente, busca-se:

- Avaliar, com base nos dados provenientes da RMQAr, as concentrações atmosféricas dos principais poluentes regulados pela legislação vigente.
- Classificar os municípios segundo as categorias previstas na legislação (>M1, M1, M2, M3 e MF)
- Identificar áreas críticas ou regiões que apresentem risco ambiental e à saúde pública, e, a partir daí, priorizar as ações de controle e redução de emissões.
- Subsidiar tecnicamente a elaboração do Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, que deverá ser composto pelo Plano de Controle de Emissão em Fontes Estacionárias (PCEFE) e pelo Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV),

todos voltados ao alcance progressivo dos padrões estabelecidos pela resolução vigente.

- Contribuir para a formulação de políticas públicas ambientais, devendo estas serem baseadas nas melhores práticas tecnológicas disponíveis (MPTD), adaptadas à realidade regional e alinhadas aos compromissos nacionais e internacionais relativos à proteção do meio ambiente e à promoção da saúde pública.

O objetivo final é assegurar que as subregiões hoje classificadas nas categorias >M1, M1, M2 e M3 evoluam gradativamente rumo ao padrão final estabelecido na legislação vigente, contribuindo para a proteção da saúde pública e a sustentabilidade ambiental.

3. REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A gestão da qualidade do ar no ERJ é conduzida pelo INEA, por meio da sua RMQAr. Essa rede, composta por estações automáticas e semiautomáticas, monitora continuamente a concentração dos principais poluentes atmosféricos, fornecendo dados essenciais para a caracterização precisa das condições ambientais no estado.

Esses dados não só subsidiam o diagnóstico do perfil atual da qualidade do ar, mas também permitem identificar e priorizar áreas críticas, formular metas específicas e orientar políticas públicas voltadas à redução das emissões atmosféricas. Dessa forma, contribuem diretamente para o desenvolvimento sustentável e para a melhoria da qualidade de vida da população fluminense.

Além de se basear nos dados oriundos das estações próprias do INEA, o monitoramento é complementado por aqueles provenientes de redes privadas. Operadas pelos principais empreendimentos industriais e de infraestrutura com significativo potencial poluidor, essas estações são instaladas conforme exigências específicas do licenciamento ambiental estadual e auditadas continuamente pelos técnicos do Instituto.

Nos últimos anos, o INEA distribuiu estrategicamente as estações que opera, priorizando a instalação delas em áreas densamente habitadas e altamente urbanizadas, de modo que o monitoramento refletisse as condições reais do ar que a maior parte da população respira. Essa estratégia possibilita um conhecimento abrangente

das concentrações de poluentes e viabiliza ações mais direcionadas para melhorar a qualidade ambiental nas regiões mais afetadas.

A operação contínua das estações do INEA permite tanto o acompanhamento sistemático da qualidade do ar como a obtenção de informações valiosas sobre o comportamento das concentrações de poluentes a médio e longo prazos. A identificação dessas tendências, além de ser essencial para avaliar a eficácia das políticas e programas implementados, auxilia a tomada de decisões sobre ajustes e aprimoramentos necessários.

Por sua vez, as estações da rede privada, geralmente situadas em áreas sob influência direta ou indireta de fontes específicas de emissão, têm como principal objetivo monitorar as concentrações mais elevadas de poluentes esperadas naquelas regiões. A premissa adotada é a de que, em outras áreas da região monitorada, a qualidade do ar deverá ser melhor do que aquela verificada nos pontos de maior concentração, o que garante uma avaliação conservadora e protetiva das condições ambientais locais.

4. METODOLOGIA DE MONITORAMENTO

A metodologia de monitoramento da qualidade do ar no ERJ envolve a coleta sistemática, o processamento contínuo e a análise constante de dados atmosféricos obtidos por meio da RMQAr. Os métodos utilizados para medição dos diversos parâmetros amostrados pelas redes de monitoramento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Métodos de medição dos parâmetros de qualidade do ar monitorados no ERJ

Continua			
Rede	Parâmetro	Método	Legislação
Rede automática	Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Absorção de raios beta/Microbalança oscilante de elemento cônico	EPA CFR 40, Parte 50, Anexo G
	Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP ₁₀)		EPA CFR 40, Parte 50, Anexo J
	Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP _{2,5})		EPA CFR 40, Parte 50, Anexo L

Conclusão

Rede	Parâmetro	Método	Legislação
Rede automática	Dióxido de enxofre	Fluorescência de pulso (ultravioleta)	EPA CFR 40, Parte 50, Anexo A-1
	Óxidos de nitrogênio	Quimiluminescência	EPA CFR 40, Parte 50, Anexo F
	Monóxido de carbono	Infravermelho não dispersivo (GFC)	EPA CFR 40, Parte 50, Anexo C
	Ozônio	Fotometria de ultravioleta	EPA CFR 40, Parte 50, Anexo D
	Hidrocarbonetos	Ionização de chama	EPA Method TO-12*
	Compostos orgânicos voláteis		EPA Method TO-1*
Meteorologia	Precipitação pluviométrica	Pluviômetro de balança	OMM
	Pressão atmosférica	Barômetro digital	
	Radiação solar	Piranômetro (termopilha)	
	Temperatura e umidade	Termohigrômetro (termistor)	
	Velocidade e direção do vento	Anemômetros de conchas e hélice são admitidos	
Rede Semiautomática	Partículas Totais em Suspensão	Amostrador de grandes volumes	MF606; NBR 9547 MF606; NBR 9547
	Material Particulado com diâmetro < 10 µm		NBR 13412 NBR 13412
	Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm		NBR 13412 NBR 13412

*Compilado de métodos da agência de proteção ambiental americana (EPA, na sigla em inglês) para a Determinação de Compostos Orgânicos Tóxicos no Ar Ambiente.

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

A rede automática de monitoramento compreende estações que realizam medições contínuas (com frequência horária regular) de diversos poluentes atmosféricos, como gases — monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂), óxidos totais de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), hidrocarbonetos não metano, metano, compostos orgânicos voláteis (VOCs), amônia (NH₃) — e material particulado em suas diferentes frações granulométricas (PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}). As estações automáticas também monitoram, simultaneamente, os seguintes parâmetros meteorológicos: direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação pluviométrica.

Os dados obtidos pelas estações automáticas são transmitidos continuamente em tempo real ao Centro Supervisório de Qualidade do Ar do INEA, responsável pela auditoria, validação e armazenamento dessas informações em um banco de dados.

Já a rede semiautomática é composta por estações que, uma vez a cada seis dias, por 24 horas ininterruptas, fazem o monitoramento periódico das concentrações de material particulado nas frações PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}. Essas estações são visitadas semanalmente por equipes técnicas do INEA, que executam procedimentos de aferição dos equipamentos, programação das medições e substituição dos filtros amostrados.

Após a coleta, os filtros são encaminhados para pesagem no Laboratório de Qualidade do Ar do Instituto, onde as concentrações de material particulado são calculadas, e os resultados, incorporados ao banco de dados da rede semiautomática. O protocolo adotado segue a metodologia de referência internacional para apuração da concentração de PTS, MP₁₀ e MP_{2,5} e possibilita, ainda, estudos adicionais de especificação química para uma compreensão mais aprofundada da composição do ar na área monitorada.

A gestão efetiva desse sistema de monitoramento envolve, também, a análise dos dados levantados e a identificação de regiões prioritárias quanto aos impactos associados à poluição atmosférica. Tal prática orienta a implementação ou intensificação do monitoramento em locais definidos como estratégicos, assegurando um direcionamento mais preciso e eficaz das políticas de gestão ambiental e controle de emissões atmosféricas no estado.

A relação detalhada das estações e os respectivos parâmetros monitorados encontra-se disponível no Anexo deste relatório.

5. REPRESENTATIVIDADE E METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS

A aplicação rigorosa de critérios de representatividade é essencial para assegurar a precisão, a consistência e a confiabilidade dos dados coletados pelas redes de monitoramento. Ao mesmo tempo, a validação adequada das medições é crucial para evitar que eventuais falhas, erros ou inconsistências comprometam as análises realizadas, prevenindo, assim, conclusões incorretas ou a adoção de medidas inadequadas.

Além de garantir a qualidade das informações, a representatividade dos dados possibilita comparações temporais e espaciais confiáveis — até mesmo com conjuntos de dados obtidos por redes distintas —, e permite o acompanhamento de tendências relativas à qualidade do ar ao longo dos anos. Fundamentais para avaliar a efetividade das políticas ambientais implementadas, esses procedimentos também apontam áreas específicas que demandam atenção adicional.

Os critérios de representatividade adotados neste relatório seguem as normas publicadas nos documentos *Best Practices for Review and Validation of Ambient Air Monitoring Data* (EPA454/B-21-007) (USEPA, 2021) e *Standard Operating Procedures for Data Review and Validation* (AQSB SOP 610 *Third Edition*) (CARB, 2019).

A Tabela 2 sintetiza os critérios de representatividade temporal dos dados considerados válidos para a elaboração deste relatório, seguindo as diretrizes do Ministério do Meio Ambiente (2019).

Tabela 2 - Critério de representatividade dos dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia do INEA

Tipo de média	Critério de validação
Média horária	3/4 das medidas válidas na hora
Média diária	2/3 das médias horárias válidas no dia
Média mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês
Média anual	Metade das médias diárias válidas obtidas em cada quadrimestre (jan-abr; mai-ago; set-dez)

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2019).

A aplicação desses critérios torna os resultados obtidos confiáveis e garante que os dados analisados neste estudo sejam tecnicamente robustos e representativos da realidade ambiental das regiões monitoradas no ERJ.

6. REPRESENTATIVIDADE ESPACIAL DAS ESTAÇÕES

A representatividade espacial dos dados da qualidade do ar é um critério fundamental estabelecido internacionalmente, inclusive por diretrizes da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA – Environmental Protection Agency). De acordo com essas normas, as estações de monitoramento devem ser posicionadas estrategicamente, de forma a refletir, com precisão, as concentrações típicas de poluentes atmosféricos em áreas específicas, e a permitir uma caracterização abrangente e realista da qualidade do ar nas regiões monitoradas.

Os critérios para a definição da localização das estações levam em consideração diversos fatores críticos, tais como: densidade populacional, distribuição espacial e intensidade das fontes emisoras de poluentes, características meteorológicas predominantes e a topografia regional. Esses fatores são essenciais para garantir que os dados obtidos sejam efetivamente representativos da exposição média da população e dos impactos ambientais associados à qualidade do ar.

Na escolha dos locais adequados para a instalação das estações de monitoramento, busca-se minimizar influências pontuais ou interferências locais que possam distorcer os resultados coletados, como, por exemplo, obstruções físicas ou sombras

projetadas por edifícios próximos. A eliminação ou redução dessas interferências garante que as medições representem adequadamente a qualidade do ar real em determinada área.

Adicionalmente, os critérios de representatividade espacial incluem considerações práticas e de caráter operacional, como a capacidade das estações de realizarem medições contínuas e confiáveis e de serem submetidas à manutenção rotineira dos equipamentos. A garantia dessas condições operacionais permite que os dados sejam coletados de maneira consistente, confiável e a longo prazo, o que é essencial para análises robustas e políticas públicas eficazes.

A classificação quanto à representatividade espacial das estações que compõem a RMQAr está detalhada no Anexo.

7. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO ERJ

Esta seção apresenta os resultados do monitoramento da qualidade do ar realizado pelo INEA em municípios do ERJ, com base nas Metas Intermediárias (M1, M2, M3) e na Meta Final (MF) definidas pelo art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023. As análises compreendem os triênios 2019-2021 (ano de referência 2022), 2020-2022 (ano de referência 2023) e 2021-2023 (ano de referência 2024), considerando exposições de curto e longo prazo para os poluentes críticos definidos pela Resolução nº 491/2018 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), conforme definições apresentadas na Tabela 3.

Os parâmetros analisados foram Material Particulado (MP_{10} e $MP_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2) e ozônio (O_3), que apresentam maior relevância quanto ao atendimento dos padrões de qualidade do ar no ERJ. Os poluentes NO_2 e CO não foram objeto de análise detalhada, uma vez que todas as estações monitoradas já se encontram classificadas na categoria Meta Final, ou seja, atendem ao padrão final estabelecido na Resolução CONAMA nº 491/2018.

Tabela 3 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018

Poluente atmosférico	Período de referência	PI-1 ⁶	PI-2 ⁶	PI-3 ⁶	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio (O ₃)	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo (Pb) ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-
1 - Média aritmética anual						
2 - Média horária						
3 - Máxima média móvel obtida no dia						
4 - Média geométrica anual						
5 - Medido nas partículas totais em suspensão						
6 - PI - Padrão Intermediário PF - Padrão Final						

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2018).

7.1 Exposição de Curto Prazo

Para a avaliação da exposição de curto prazo, foram consideradas as estações com dados válidos, isto é, aquelas que, nos intervalos de 2019 a 2021 (ano de referência 2022), 2020 a 2022 (ano de referência 2023) e 2021 a 2023 (ano de referência 2024), registraram médias de concentração dentro dos critérios estabelecidos na seção 5 deste relatório.

A classificação seguiu as categorias e os critérios estabelecidos no art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023, a saber:

- a) Maior que M1 ($>M1$): média aritmética do quarto maior valor diário de cada um dos últimos três anos maior que o Padrão Intermediário 1 (PI-1);
- b) M1: média aritmética do quarto maior valor diário de cada um dos últimos três anos menor ou igual ao PI-1 e maior que o PI-2;
- c) M2: média aritmética do quarto maior valor diário de cada um dos últimos três anos menor ou igual ao PI-2 e maior que o PI-3;
- d) M3: média aritmética do quarto maior valor diário de cada um dos últimos três anos menor ou igual ao PI-3 e maior que o PF;
- e) MF: média aritmética do quarto maior valor diário de cada um dos últimos três anos menor ou igual ao PF.

7.1.1 Material Particulado com diâmetro $< 10 \mu\text{m}$ (MP_{10})

Na Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro (RMRJ), observou-se uma melhora da qualidade do ar no município de Seropédica, onde, na região da estação Sp-Piranema, os níveis de concentração de MP_{10} diminuíram, avançando da categoria $>M1$ para a categoria M1 em 2024 (Tabela 4).

Localizada no Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí, a estação Sp-Piranema é diretamente influenciada pelas atividades de dezenas de empresas de mineração instaladas na região. Além disso, a proximidade com a rodovia RJ-099, um dos principais acessos ao Porto de Itaguaí, expõe a estação a uma significativa ressuspensão de material particulado decorrente do intenso fluxo veicular.

Na maioria dos municípios monitorados, os níveis de concentração de MP₁₀ nos períodos avaliados mantiveram-se estáveis. Já em alguns bairros das cidades do Rio de Janeiro, Itaguaí e Duque de Caxias, os níveis pioraram, passando da classificação MF para M3.

Tabela 4 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP₁₀ na RMRJ quanto à exposição de curto prazo

Continua

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
DC - Campos Elíseos	Duque de Caxias	M1	M1	M1
DC - Jardim Primavera	Duque de Caxias	M2	M2	M2
DC - Pilar	Duque de Caxias	M2	M2	M2
DC - São Bento	Duque de Caxias	M2	M2	M2
DC - Vila São Luiz	Duque de Caxias	MF	M3	M3
Itb - Porto das Caixas	Itaboraí	M3	M3	M3
Itb - Sambaetiba	Itaboraí	M3	M3	M3
Itg - Coroa Grande	Itaguaí	MF	MF	MF
Itg - Ilha da Madeira	Itaguaí	M3	M3	M3
Itg - Monte Serrat	Itaguaí	MF	MF	M3

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Jp - Engenheiro Pedreira	Japeri	M3	M3	M3
Nl - Jardim Guandu	Nova Iguaçu	M2	M2	M2
RJ - Ilha de Paquetá	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
RJ - Ilha do Governador	Rio de Janeiro	M3	M3	M3
RJ - Manguinhos	Rio de Janeiro	-	-	M3
RJ - Adalgisa Nery	Rio de Janeiro	MF	MF	M3
RJ - Largo do Bodegão	Rio de Janeiro	MF	MF	M3
Sp - Piranema	Seropédica	> M1	> M1	M1

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na Região do Médio Paraíba (RMP), os níveis de poluição no município de Volta Redonda mantiveram-se estáveis. A exceção foi o bairro Belmonte, onde a classificação M3 mudou para M2 em 2024 (Tabela 5).

Em Barra Mansa, os níveis oscilaram: houve melhora nas regiões monitoradas pelas estações BM-Boa Sorte e BM-Sesi e piora nas regiões monitoradas pelas estações BM-Roberto Silveira e BM-Vista Alegre. Na estação BM-Bocaininha, entretanto, os níveis permaneceram estáveis ao longo do período analisado.

Tabela 5 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
VR - Belmonte	Volta Redonda	M3	M3	M2
VR - Retiro	Volta Redonda	M3	M3	M3
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	M3	M3	M3
BM - Boa Sorte	Barra Mansa	M1	M2	M3
BM - Bocaininha	Barra Mansa	M3	M3	M3
BM - Roberto Silveira	Barra Mansa	M3	M3	M2
BM - Sesi	Barra Mansa	M1	M2	M2
BM - Vista Alegre	Barra Mansa	M3	M2	M2
PR - Porto Real	Porto Real	MF	MF	MF
Qt - Bom Retiro	Quatis	MF	MF	M3
Rs - Casa da Lua	Resende	M2	M2	M2
Rs - Cidade Alegria	Resende	M3	M3	M3
Itt - Campo Alegre	Itatiaia	M3	M3	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Em Mangaratiba, na Região da Costa Verde (RCV, Tabela 6), e Cantagalo, na Região Serrana (RS, Tabela 7), os níveis de concentração permaneceram estáveis. Já em Macaé, na Região Norte Fluminense (RNF), a classificação regrediu de MF para M3 em Cabiúnas, mas permaneceu a mesma (MF) em São João da Barra.

Tabela 6 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mt - Ibicuí	Mangaratiba	MF	MF	MF
Mt - Itacuruçá	Mangaratiba	M3	M3	M3
Mt - Praia do Saco	Mangaratiba	MF	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1

M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Tabela 7 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RS quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Cg - Euclidelândia	Cantagalo	MF	MF	MF
Cg - Val Palmas	Cantagalo	M3	M3	M3
Cg - Macuco	Macuco	MF	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Tabela 8 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RNF quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mc - Cabiúnas	Macaé	MF	MF	M3

Continua

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
SJB - Fazenda Saco Dantas	São João da Barra	MF	MF	MF
SJB - Mato Escuro	São João da Barra	MF	MF	MF
SJB - Açú	São João da Barra	MF	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.1.2 Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP_{2,5})

Na RMRJ, os níveis das concentrações de MP_{2,5} permaneceram estáveis nos períodos avaliados, o que assegurou aos municípios de Itaguaí e Rio de Janeiro a classificação M3, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP₁₀ na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	Continua		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Itg - Monte Serrat	Itaguaí	-	M3	M3

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
RJ - Adalgisa Nery	Rio de Janeiro	-	M3	M3
RJ - Largo do Bodegão	Rio de Janeiro	-	M3	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RS, destaca-se a melhoria significativa nos níveis de concentração de $MP_{2,5}$ no bairro de Val Palmas, onde a classificação passou de M2 para M3 entre 2022 e 2023, registrando um novo avanço em 2024, que colocou o bairro na classificação MF (Tabela 10).

Tabela 10 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RS quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Cg - Euclidelândia	Cantagalo	M3	M3	M3
Cg - Val Palmas	Cantagalo	M2	M3	MF
Cg - Macuco	Macuco	-	-	M2

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RMP (Tabela 11) e na RNF (Tabela 12), o início do monitoramento de $MP_{2,5}$ se deu no ano de 2021. Por essa razão, são apresentados apenas resultados para o ano de referência de 2024.

No período, predominou na região a classificação MF, exceto em Belmonte (Volta Redonda), que atingiu a classificação M3.

Tabela 11 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
VR - Belmonte	Volta Redonda	-	-	M3
VR - Retiro	Volta Redonda	-	-	MF
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	-	-	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1

M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Tabela 12 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente $MP_{2,5}$ na RNF quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
SJB - Mato Escuro	São João da Barra	-	-	MF
SJB - Açú	São João da Barra	-	-	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.1.3 Dióxido de Enxofre (SO_2)

Na RMRJ, Duque de Caxias apresentou os resultados mais críticos para dióxido de enxofre, especialmente nos bairros Campos Elíseos e Pilar (Tabela 13). Campos Elíseos ficou enquadrado na classificação M1 durante todo o período avaliado. Em Pilar, a classificação passou de M2 para M1 em 2024.

Com base na análise das principais fontes de emissão de SO₂ na região, os resultados sugerem que o padrão observado pode estar associado ao tráfego intenso de veículos pesados na Rodovia Washington Luiz (BR-040) e a atividades de empreendimentos industriais em operação na região — sobretudo aqueles ligados aos setores petroquímico e de geração de energia, os que mais contribuem para as emissões de SO₂.

Outro destaque na região foi o bairro Engenheiro Pedreira, onde a classificação caiu de MF para M2 nos períodos relativos aos anos de referência de 2023 e 2024.

Tabela 13 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO₂ na RMRJ quanto à exposição de curto prazo

Continua

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
DC - Campos Elíseos	Duque de Caxias	M1	M1	M1
DC - Jardim Primavera	Duque de Caxias	-	M2	M2
DC - Pilar	Duque de Caxias	M2	M2	M1
DC - São Bento	Duque de Caxias	M3	M2	M2
DC - Vila São Luiz	Duque de Caxias	MF	M3	-
Itb - Porto das Caixas	Itaboraí	MF	MF	MF
Itb - Sambaetiba	Itaboraí	MF	MF	MF
Itg - Coroa Grande	Itaguaí	-	-	M3
Jp - Engenheiro Pedreira	Japeri	MF	M2	M2
NI - Jardim Guandu	Nova Iguaçu	MF	MF	M3

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
RJ - Ilha de Paquetá	Rio de Janeiro	MF	MF	M3
RJ - Ilha do Governador	Rio de Janeiro	MF	MF	-
RJ - Manguinhos	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
Sp - Piranema	Seropédica	-	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RMP (Tabela 14), Volta Redonda registrou melhora significativa na qualidade do ar. Nesse município, as estações atingiram a classificação MF em 2024. Nos demais, a classificação MF foi registrada durante todo o período avaliado.

Tabela 14 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO₂ na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	Continua		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
PR - Porto Real	Porto Real	MF	MF	MF

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Qt - Bom Retiro	Quatis	MF	MF	MF
Rs - Cidade Alegria	Resende	MF	MF	MF
VR - Belmonte	Volta Redonda	M3	MF	MF
VR - Retiro	Volta Redonda	M3	M3	MF
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	M3	M3	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RCV, não houve avaliação nos anos de 2022 e 2023, já que o monitoramento do poluente SO₂ teve início apenas em maio de 2021. Mangaratiba (RCV, Tabela 15) e os municípios da RNF (Tabela 16) mantiveram a classificação M3.

Tabela 15 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO₂ na RCV quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mt - Itacuruçá	Mangaratiba	-	-	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Tabela 16 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO₂ na RNF quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mc - Cabiúnas	Macaé	M3	M3	M3
SJB - Mato Escuro	São João da Barra	M3	M3	M3
SJB - Açú	São João da Barra	M3	M3	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.1.4 Ozônio (O₃)

Sobre a avaliação dos níveis de concentração de O₃ nos municípios monitorados, é relevante mencionar que, diante das complexas interações químicas e meteorológicas envolvidas na formação e transporte desse poluente, e com base nos dados obtidos pela RMQAr, não é possível determinar se os níveis de ozônio estão ligados à emissão local de seus precursores ou a condições meteorológicas capazes de influenciar o transporte advectivo (na direção preferencial dos ventos) do poluente de uma região para outra.

Na RMRJ, os maiores níveis de O₃ foram registrados em Duque de Caxias, Itaboraí e Itaguaí (no bairro de Coroa Grande), onde a classificação variou entre >M1 e M1 nos pontos mais críticos.

Tabela 17 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O₃ na RMRJ quanto à exposição de curto prazo

Continua

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
BR - São Bernardo	Belford Roxo	MF	-	-
DC - Campos Elíseos	Duque de Caxias	M1	M2	M1
DC - Jardim Primavera	Duque de Caxias	M2	M2	M2
DC - Pilar	Duque de Caxias	M3	M3	M3
DC - São Bento	Duque de Caxias	M3	MF	M3
DC - Vila São Luiz	Duque de Caxias	M3	MF	-
Itb - Porto das Caixas	Itaboraí	M1	M1	> M1

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Itb - Sambaetiba	Itaboraá	M1	M2	M1
Itg - Coroa Grande	Itaguaí	> M1	> M1	M1
Itg - Monte Serrat	Itaguaí	MF	MF	MF
Jp - Engenheiro Pedreira	Japeri	MF	MF	MF
NI - Jardim Guandu	Nova Iguaçu	M3	MF	MF
RJ - Ilha do Governador	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
RJ - Lagoa	Rio de Janeiro	MF	-	-
RJ - Manguinhos	Rio de Janeiro	MF	MF	M3
RJ - Adalgisa Nery	Rio de Janeiro	MF	M3	M3
RJ - Largo do Bodegão	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
Sp - Piranema	Seropédica	M3	MF	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RMP, os níveis das concentrações de O₃ mantiveram-se estáveis durante todo o período avaliado (Tabela 18). O município de Volta Redonda alcançou a classificação MF, enquanto Porto Real e Quatis atingiram a classificação M3. Em Resende, a qualidade do ar melhorou no período de 2022 para 2023, quando a classificação subiu de M3 para MF.

Tabela 18 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O₃ na RMP quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
PR - Porto Real	Porto Real	M3	M3	M3
Qt - Bom Retiro	Quatis	M3	M3	M3
Rs - Cidade Alegria	Resende	M3	MF	MF
VR - Belmonte	Volta Redonda	MF	MF	MF
VR - Retiro	Volta Redonda	MF	MF	MF
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	MF	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Mangaratiba (RCV, Tabela 19) melhorou sua classificação de M1 para M2, ao passo que Cantagalo (RS, Tabela 20) manteve-se predominantemente na classificação MF. A exceção foi o distrito de Euclidelândia (M3).

Tabela 19 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O₃ na RCV quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mt - Itacuruçá	Mangaratiba	M1	M2	M2

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Tabela 20 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O₃ na RS quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Cg - Euclidelândia	Cantagalo	-	-	M3
Cg - Val Palmas	Cantagalo	MF	MF	MF
Cg - Macuco	Macuco	-	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RNF, a classificação dos municípios em relação à qualidade do ar variou entre MF e M3 (Tabela 21). No município de Macaé, verificou-se estabilidade nos níveis de concentração de O₃ nas estações Mc-Fazenda Aires e Mc-Fazenda Severina. Na estação Mc-Cabiúnas, houve uma melhoria na qualidade do ar, e a classificação, que foi M3 nos períodos associados aos anos de 2022 e 2023, passou para MF em 2024. Por outro lado, na estação Mc-Pesagro, foi registrado um aumento na concentração de O₃, e a classificação, que anteriormente era MF, passou para M3 em 2024.

No município de São João da Barra, as concentrações de O₃ aumentaram ao longo dos períodos avaliados, o que fez a classificação local cair para M3 em 2024.

Tabela 21 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente O₃ na RNF quanto à exposição de curto prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mc - Cabiúnas	Macaé	M3	M3	MF

Continua

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Mc - Fazenda Aires	Macaé	MF	MF	MF
Mc - Fazenda Severina	Macaé	M3	M3	M3
Mc - Pesagro	Macaé	MF	MF	M3
SJB - Açú 5º Distrito	São João da Barra	MF	MF	M3
SJB - Mato Escuro 5º Distrito	São João da Barra	MF	M3	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.2 Exposição de Longo Prazo

Para a avaliação da exposição de longo prazo, foram consideradas as estações com pelo menos três anos de dados representativos nos últimos quatro anos. As classificações foram feitas de acordo com os critérios estabelecidos no art. 7º do Decreto nº 48.668, de 1º de dezembro de 2023, a saber:

a) > M1: média aritmética das médias anuais dos últimos três anos representativos maior que o PI-1;

b) M1: média aritmética das médias anuais dos últimos três anos representativos menor ou igual ao PI-1 e maior que o PI-2;

c) M2: média aritmética das médias anuais dos últimos três anos representativos menor ou igual ao PI-2 e maior que o PI-3;

d) M3: média aritmética das médias anuais dos últimos três anos representativos menor ou igual ao PI-3 e maior que o PF;

e) MF: média aritmética das médias anuais dos últimos três anos representativos menor ou igual ao PF.

7.2.1 Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP₁₀)

Na RMRJ, Duque de Caxias e Seropédica apresentaram classificações mais críticas (>M1), destacando-se os níveis mais elevados de MP₁₀ registrados nas estações Campos Elíseos, Jardim Primavera, Pilar e Sp-Piranema (Tabela 22).

Tabela 22 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP₁₀ na RMRJ quanto à exposição de longo prazo

Estação	Município	Continua		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
DC - Campos Elíseos	Duque de Caxias	> M1	> M1	> M1
DC - Jardim Primavera	Duque de Caxias	-	> M1	> M1
DC - Pilar	Duque de Caxias	M1	M1	> M1
DC - São Bento	Duque de Caxias	> M1	M1	M1
DC - Vila São Luiz	Duque de Caxias	M3	M3	M3

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
Itb - Porto das Caixas	Itaboraí	M3	M3	M3
Itb - Sambaetiba	Itaboraí	M3	M3	M3
Itg - Coroa Grande	Itaguaí	M3	MF	MF
Itg - Ilha da Madeira	Itaguaí	M3	M3	M3
Jp - Engenheiro Pedreira	Japeri	M2	M3	M3
NI - Jardim Guandu	Nova Iguaçu	M1	M2	M2
RJ - Ilha de Paquetá	Rio de Janeiro	-	M3	M3
RJ - Ilha do Governador	Rio de Janeiro	-	M3	M3
RJ - Adalgisa Nery	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
Sp - Piranema	Seropédica	-	-	> M1

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RMP, as classificações mais críticas aparecem associadas a bairros localizados nos municípios de Barra Mansa e Resende (Tabela 23).

Tabela 23 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP₁₀ na RMP quanto à exposição de longo prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
BM - Boa Sorte	Barra Mansa	M1	M1	-
BM – Sesi	Barra Mansa	> M1	> M1	> M1
BM - Vista Alegre	Barra Mansa	M2	M1	M1
Itt - Campo Alegre	Itatiaia	M3	M3	M3
PR - Porto Real	Porto Real	MF	MF	MF
Qt - Bom Retiro	Quatis	MF	MF	MF
Rs - Casa da Lua	Resende	-	-	M1
Rs - Cidade Alegria	Resende	M2	M2	M2
VR – Belmonte	Volta Redonda	M3	M3	M2
VR – Retiro	Volta Redonda	M3	M3	M3
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	M3	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RCV, os níveis de poluição para MP_{10} nos bairros do município de Mangaratiba mantiveram-se estáveis e majoritariamente na classificação MF, com exceção do bairro Itacuruçá, que obteve a classificação M3 (Tabela 24).

Tabela 24 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RCV quanto à exposição de longo prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mt - Ibicuí	Mangaratiba	MF	MF	MF
Mt - Itacuruçá	Mangaratiba	M3	M3	M3
Mt - Praia do Saco	Mangaratiba	-	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RS, no município de Cantagalo, observou-se um aumento nos níveis de MP_{10} em Euclidelândia, o que fez a classificação cair de MF para M3 (Tabela 25). Nas demais localidades da região, as concentrações permaneceram estáveis, tendo a classificação M3 se mantido durante todo o período avaliado.

Tabela 25 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RS quanto à exposição de longo prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Cg - Euclidelândia	Cantagalo	-	MF	M3
Cg - Val Palmas	Cantagalo	-	M3	M3
Cg - Macuco	Macuco	M3	M3	M3

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

Na RNF, os níveis de MP_{10} mantiveram-se estáveis, assim como a classificação MF. A exceção foi o bairro Ajuda de Cima, em Macaé (Tabela 26). Nessa localidade, onde está instalada a estação Mc-Cabiúnas, as concentrações aumentaram, fazendo a classificação regredir de MF para M3 em 2024.

Tabela 26 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{10} na RNF quanto à exposição de longo prazo

Continua

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Mc – Cabiúnas	Macaé	MF	MF	M3

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
SJB - Fazenda Saco Dantas	São João da Barra	MF	MF	MF
SJB - Mato Escuro	São João da Barra	MF	MF	MF
SJB – Açú	São João da Barra	MF	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.2.2 Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP_{2,5})

Com base nos critérios descritos no item 7.2 para o cálculo das médias anuais, utilizados na definição das classificações estabelecidas no art. 7º do Decreto nº 48.668/2023, apenas o período do ano de 2024 obteve a representatividade mínima de dados válidos necessária para a apresentação dos resultados.

A classificação M3 prevaleceu em quase todas as estações avaliadas, com exceção do bairro Retiro (Volta Redonda), enquadrado na categoria MF, e Macuco (RS), que alcançou a classificação >M1, possivelmente devido à influência significativa de vias não pavimentadas.

Tabela 27 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente MP_{2,5} na RMRJ e RMP quanto à exposição de longo prazo

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
Cg – Macuco	Macuco	-	-	> M1
Itg - Monte Serrat	Itaguaí	-	-	M3
RJ - Adalgisa Nery	Rio de Janeiro	-	-	M3
RJ - Largo do Bodegão	Rio de Janeiro	-	-	M3
VR – Belmonte	Volta Redonda	-	-	M3
VR – Retiro	Volta Redonda	-	-	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

7.2.3 Dióxido de Enxofre (SO₂)

A maioria dos municípios monitorados no ERJ conseguiu manter a classificação MF (Tabela 28) para SO₂. Essa classificação indica que as concentrações do poluente permaneceram dentro do limite mais restritivo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 para exposição de longo prazo, refletindo uma situação geral de conformidade com os padrões ambientais exigidos.

Esse resultado pode ser atribuído, principalmente, às últimas fases de implementação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que, além da redução gradativa do teor de enxofre nos combustíveis, estabeleceu melhorias na concepção tecnológica dos motores, forçando o aprimoramento dos sistemas de controle de emissões veiculares e reduzindo o teor de enxofre no diesel de 500 ppm (S-500), em 2006, para 10 ppm (S-10), em 2013.

Tabela 28 - Classificação dos municípios/bairros para o poluente SO₂ no ERJ quanto à exposição de longo prazo

Continua

Estação	Município	2022	2023	2024
		(2019-2021)	(2020-2022)	(2021-2023)
DC - Campos Elíseos	Duque de Caxias	M2	M2	M2
DC - Jardim Primavera	Duque de Caxias	-	-	MF
DC - Pilar	Duque de Caxias	MF	MF	MF
DC - São Bento	Duque de Caxias	MF	MF	MF
DC - Vila São Luiz	Duque de Caxias	MF	MF	MF
Itb - Porto das Caixas	Itaboraí	MF	MF	MF
Itb - Sambaetiba	Itaboraí	MF	MF	MF
Jp - Engenheiro Pedreira	Japeri	MF	MF	MF
NI - Jardim Guandu	Nova Iguaçu	MF	MF	MF
RJ - Ilha de Paquetá	Rio de Janeiro	-	MF	-
RJ - Ilha do Governador	Rio de Janeiro	-	MF	-

Estação	Município	Conclusão		
		2022 (2019-2021)	2023 (2020-2022)	2024 (2021-2023)
RJ - Manguinhos	Rio de Janeiro	MF	MF	MF
Sp - Piranema	Seropédica	-	MF	MF
PR - Porto Real	Porto Real	MF	MF	MF
Qt - Bom Retiro	Quatis	MF	MF	MF
Rs - Cidade Alegria	Resende	MF	MF	MF
VR - Belmonte	Volta Redonda	-	MF	MF
VR - Retiro	Volta Redonda	MF	MF	MF
VR - Santa Cecília	Volta Redonda	MF	MF	MF
Mc - Cabiúnas	Macaé	MF	MF	MF
SJB - Mato Escuro	São João a Barra	-	MF	MF
SJB - Açú	São João da Barra	-	MF	MF

Legenda (considerando os critérios para classificação estabelecidos no Decreto Estadual nº 48.668/2023):

> M1	Não atende ao PI-1
M1	Não atende ao PI-2 e atende ao PI-1
M2	Não atende ao PI-3 e atende ao PI-2
M3	Não atende ao PF e atende ao PI-3
MF	Atende ao PF

Fonte: GERAR/DIRSEQ (INEA).

No entanto, diferentemente do ocorrido nos demais bairros monitorados do município de Duque de Caxias, que atingiram a classificação MF, a estação de monitoramento localizada no bairro de Campos Elíseos foi a única a registrar a classificação M2. Os resultados do monitoramento indicam que o padrão observado pode estar relacionado a atividades de empreendimentos industriais instalados na região, sobretudo aqueles ligados aos setores petroquímico e de geração de energia. Esses setores concentram as maiores emissões de SO₂. Por isso, têm potencial para elevar as concentrações desse poluente a níveis acima dos padrões observados em outras regiões.

A situação em Campos Elíseos destaca a complexidade associada ao controle de emissões atmosféricas em áreas industriais, corroborando a necessidade de um monitoramento contínuo e de medidas de controle adicionais para mitigar as emissões de poluentes e possibilitar o alcance progressivo do padrão final estabelecido na legislação ambiental vigente.

7.3 Panorama consolidado e adequação aos novos padrões

Os resultados consolidados nos Gráficos 1 a 4 para o triênio 2021-2023 revelam, de maneira integrada, o cenário atual da qualidade do ar no ERJ e permitem antever o grau de esforço que será necessário para o cumprimento dos novos padrões nacionais vigentes.

Em 5 de julho de 2024, o CONAMA divulgou a Resolução nº 506, que, além de revogar a Resolução nº 491/2018, estabeleceu novos padrões nacionais de qualidade do ar e, no art. 4º, definiu as seguintes datas para a entrada deles em vigor:

- PI-1: com vigência até 31 de dezembro de 2024.
- PI-2: em vigor desde 1º de janeiro de 2025.
- PI-3: em vigor a partir de 1º de janeiro de 2033.
- PI-4: em vigor a partir de 1º de janeiro de 2044, sendo possível a antecipação ou prorrogação desta data uma única vez, por um período máximo de quatro anos, desde que observado o procedimento e verificados os requisitos previstos no art. 6º da Resolução CONAMA nº 506.
- PF: em vigor em data a ser definida em resolução do CONAMA, conforme estabelecido no art. 6º da Resolução nº 506.

Para os poluentes CO, PTS e Chumbo (Pb), o PF foi adotado no ato da publicação da Resolução nº 506. Os padrões para exposições de curto e longo prazo são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 506/2024

Continua

Poluente atmosférico	Período de referência	PI-16	PI-26	PI-36	PI-46	PF ⁶	
		µg/m ³	ppm				
Material Particulado com diâmetro < 10 µm (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado com diâmetro < 2,5 µm (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-

Conclusão

Poluente atmosférico	Período de referência	PI-16	PI-26	PI-36	PI-46	PF ⁶	
		µg/m ³	ppm				
Ozônio (O ₃)	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas ³	-	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	-	80	-
Chumbo (Pb) ⁵	Anual ¹	-	-	-	-	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							
6 - PI - Padrão Intermediário PF - Padrão Final							

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2024).

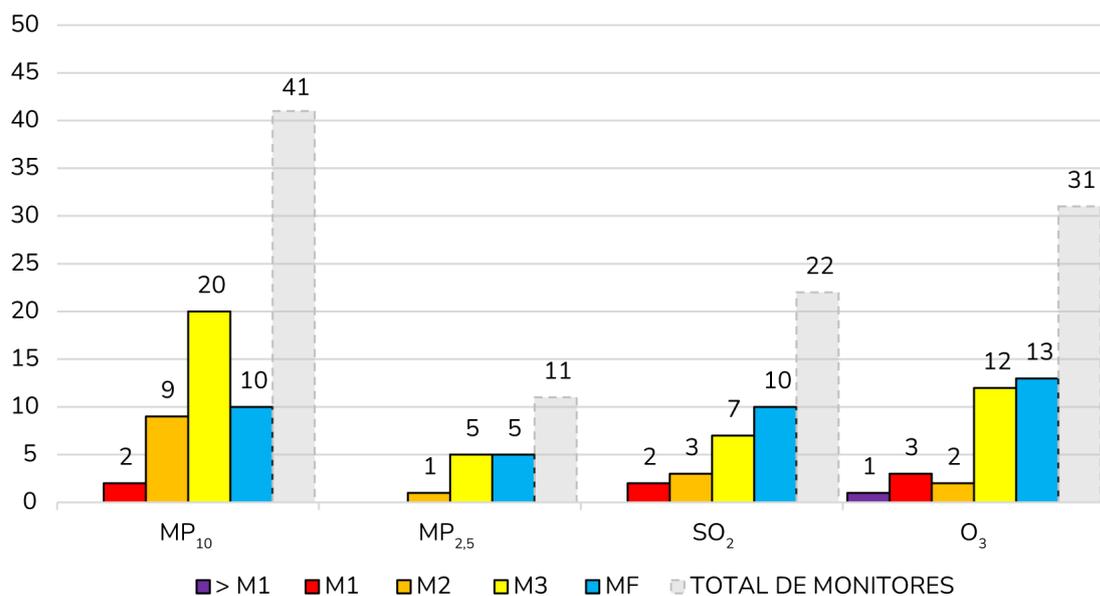
O Gráfico 1 demonstra que as violações mais severas aos padrões continuam concentradas em poucos pontos da malha de monitoramento. Entre todos os poluentes analisados, apenas o ozônio ultrapassou o PI-1, e isso ocorreu num único local: a estação de Porto das Caixas, em Itaboraí. Ainda assim, há um conjunto de estações enquadradas na classificação M1 que merece atenção:

- Duque de Caxias, que opera sob influência simultânea de concentrações elevadas de MP₁₀, SO₂ e O₃;

- Seropédica, que registra níveis de MP_{10} acima do PI-2; e
- Itaguaí, que, embora não ultrapasse o PI-1 para material particulado ou enxofre, apresenta níveis de ozônio suficientes para enquadrá-la na classificação M1.

Em todas as demais localidades, a rede já cumpre o PI-2 (classificações M2, M3 ou MF), o que indica que as medidas de controle adotadas na última década conseguiram reduzir picos extremos, mas não eliminar totalmente os *hotspots* urbano-industriais.

Gráfico 1 - Distribuição dos pontos monitorados por categorias e poluentes na avaliação de exposição de curto prazo no período de 2024



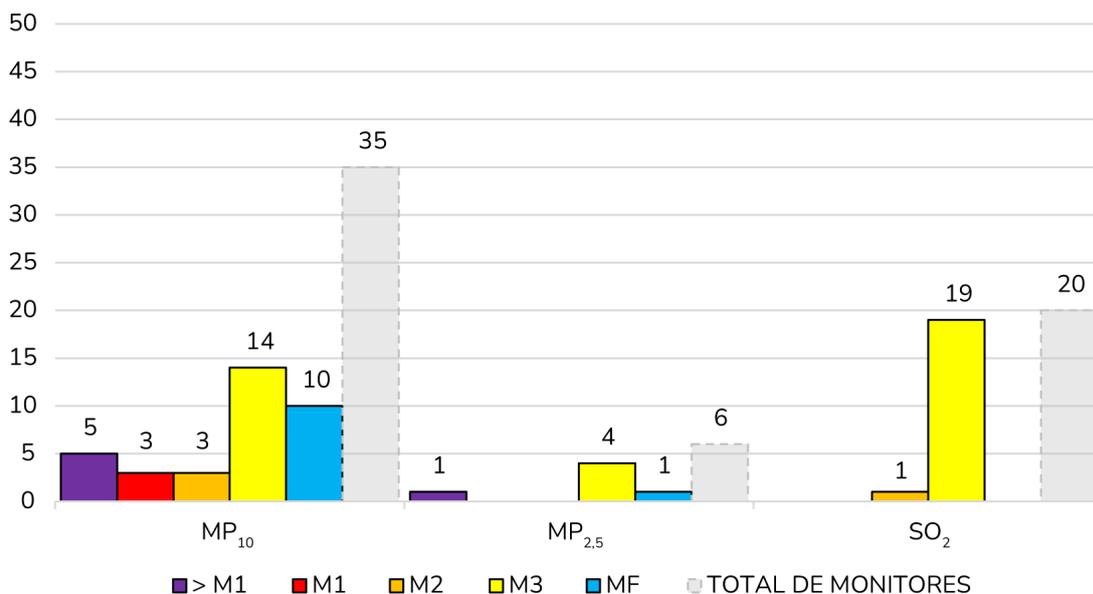
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se passar da análise dos picos diários para as médias anuais — que traduzem a exposição crônica da população (Gráfico 2) —, fica evidente a persistência de um problema estrutural com o material particulado, especialmente o MP_{10} . Cinco estações permaneceram com

níveis acima do PI-1: três em Duque de Caxias, uma em Seropédica e a quinta em Barra Mansa. Esses pontos refletem, respectivamente, a influência do polo petroquímico e das rodovias de carga na Baixada Fluminense, os efeitos da ressuspensão de poeira na Estrada de Piranema (Seropédica-Itaguaí) e o impacto das emissões do setor metalmeccânico no Médio Paraíba.

Embora os picos de partículas tenham se tornado menos frequentes, a emissão contínua de pó grosso e fino — oriunda de fontes industriais, da logística pesada ou de vias não pavimentadas — mantém a exposição anual acima dos níveis recomendados. O caso de Macuco, único a exceder o PI-1 para $MP_{2,5}$, reforça a leitura de que pequenas cidades podem abrigar fontes pontuais de grande impacto, como aquelas associadas ao beneficiamento de calcário ou à queima de biomassa.

Gráfico 2 - Distribuição dos pontos monitorados por categorias e poluentes na avaliação de exposição de curto prazo no período de 2024

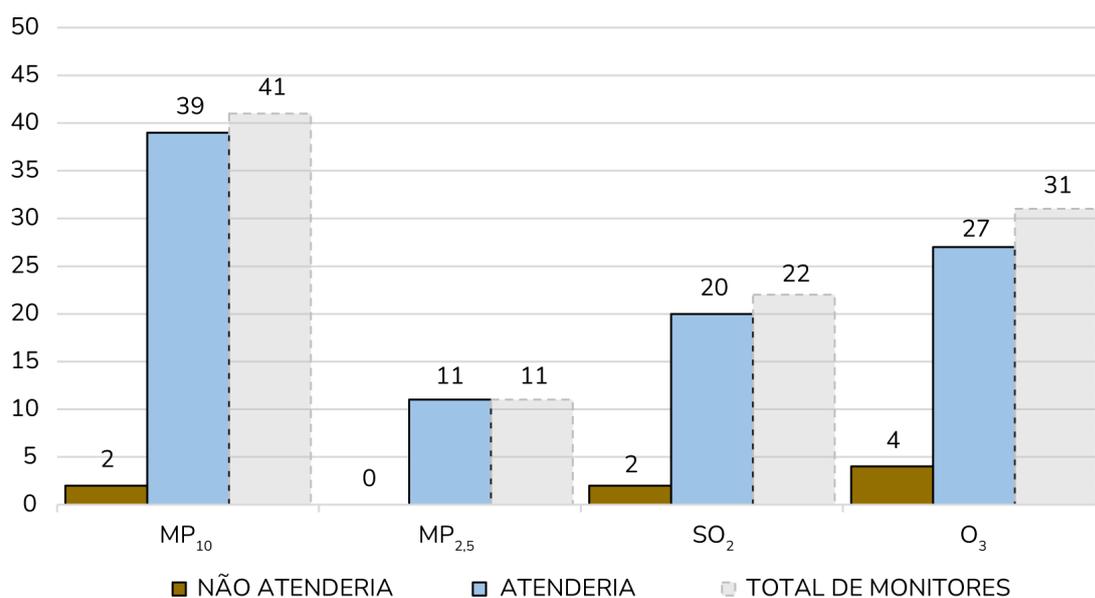


Fonte: Elaborado pelos autores.

Projetando-se essa fotografia para o novo patamar regulatório que vigora desde janeiro de 2025, os Gráficos 3 e 4 indicam que oito pontos de monitoramento (Duque de Caxias - MP_{10} , SO_2 , O_3 ; Seropédica - MP_{10} ; Itaboraí e Itaguaí - O_3) ainda não atingiram o PI-2 na avaliação de curto prazo. Por outro lado, nove estações (Duque de Caxias - 4, Seropédica - 1, Barra Mansa - 2, Resende - 1, Macuco - 1) permanecerão fora do limite para longos períodos. O material particulado aparece novamente associado à maior parte das pendências relacionadas ao atingimento das metas.

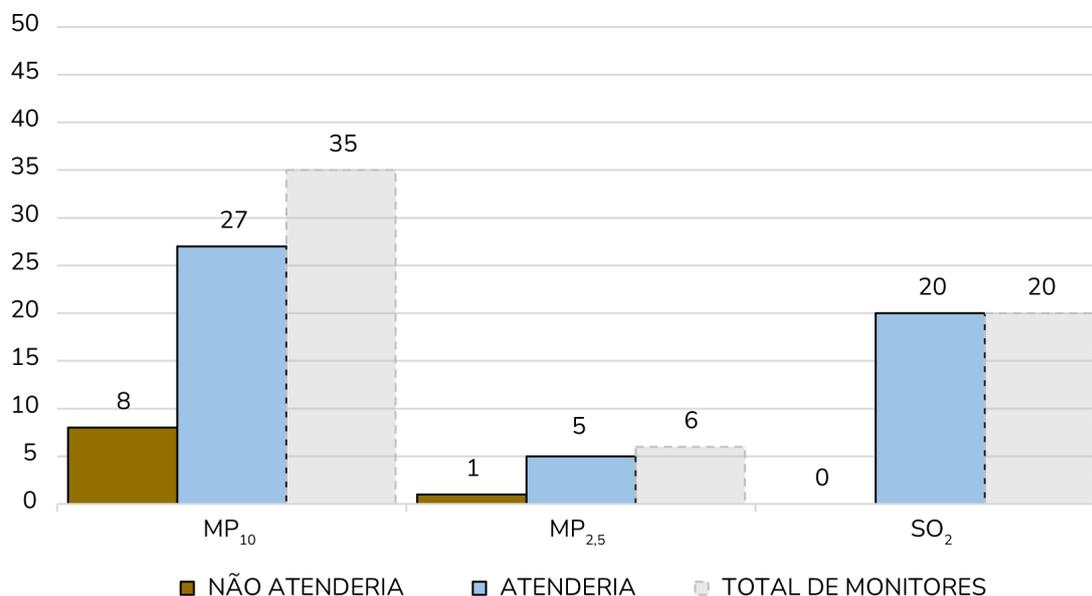
O ozônio, embora pontual, persiste onde a massa de ar já chega enriquecida por NO_x e VOC oriundos, em sua maior parte, do eixo metropolitano. As concentrações de dióxido de enxofre, por outro lado, recuaram significativamente depois da introdução do diesel S-10 e das fases mais recentes do PROCONVE. Hoje, o SO_2 preocupa, de fato, apenas em Campos Elíseos e Pilar, bairros de Duque de Caxias onde a combinação de processos industriais e tráfego pesado contribui para a manutenção de concentrações relativamente altas.

Gráfico 3 - Distribuição de pontos de monitoramento que já atenderiam ao PI-2 para exposição de curto prazo estabelecido na Resolução CONAMA nº 506/2024



Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 4 - Distribuição de subregiões que já atenderiam ao PI-2 para exposição de longo prazo estabelecido na Resolução CONAMA nº 506/2024



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em síntese, a rede aponta avanços consistentes na qualidade do ar — sobretudo na redução de picos extremos e no atendimento ao PF para SO₂, registrado em 95% das estações. Mas, também, confirma que, em termos de qualidade do ar, o material particulado continua sendo o principal desafio sanitário e regulatório do ERJ, seguido de perto pelo ozônio nas regiões de sotavento metropolitano. Além disso, pode-se inferir que a rede atual cobre bem os *hotspots*. Entretanto, a incorporação de mais analisadores de MP_{2,5} e de sensores meteorológicos de alta resolução ajudaria a refinar a atribuição de fontes.

8. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES EM FONTES ESTACIONÁRIAS

A gestão da qualidade do ar é um componente essencial da política ambiental, envolvendo práticas e políticas específicas para controlar e mitigar os efeitos adversos da poluição atmosférica sobre a saúde pública e os ecossistemas.

Nesse contexto, destaca-se o controle das emissões atmosféricas provenientes de fontes fixas, entendidas como instalações, equipamentos ou processos industriais que liberam poluentes por meio de emissões pontuais ou fugitivas. O monitoramento rigoroso e a fiscalização contínua dessas emissões são fundamentais para garantir a eficácia das medidas implementadas e promover uma gestão ambiental responsável e eficiente.

O INEA, por meio do Programa de Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas para a Atmosfera, desempenha um papel estratégico na fiscalização e controle dessas emissões no ERJ. Esse programa visa nortear e acompanhar sistematicamente as campanhas de monitoramento que os empreendimentos industriais realizam obrigatoriamente ao menos duas vezes ao ano, seguindo os critérios técnicos definidos pela Norma Operacional NOP-INEA-01, a fim de comprovar a conformidade com os limites máximos de emissão (LME) definidos pela legislação ambiental.

A revisão recente da NOP-INEA-01, aprovada pela Resolução nº 84/2018 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA), trouxe avanços expressivos, com destaque para a implementação do Sistema Integrado de Gestão da Qualidade do Ar (SIGQAr).

Este sistema digital e centralizado modernizou os procedimentos operacionais do programa, proporcionando maior transparência, agilidade na comunicação e eficiência na fiscalização ambiental.

A importância do Programa de Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas, bem como a implementação do SIGQAr para a gestão da qualidade do ar, se reflete, dentre outros, nos seguintes aspectos:

- Subsídio à formulação de políticas públicas, através do aporte de dados mais precisos e confiáveis sobre as emissões atmosféricas a decisões sobre o tema;
- Subsídio à elaboração de estratégias de controle de emissões mais eficazes, através da identificação e do monitoramento contínuo das fontes significativas de emissão;
- Garantia do cumprimento rigoroso das normas ambientais, através da otimização da fiscalização para verificar o atendimento aos Limites Máximos de Emissão e de contribuições para minimizar impactos ambientais e proteger a saúde pública;
- Fortalecimento do licenciamento e da fiscalização ambiental, através do aperfeiçoamento dos processos administrativos e técnicos do INEA e de um controle mais eficiente da poluição do ar;
- Incentivo à modernização tecnológica, através da promoção do uso de tecnologias mais limpas e processos produtivos mais eficientes e sustentáveis.

Além da fiscalização regulatória, o Programa de Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas promove uma cultura de sustentabilidade no setor produtivo, incentivando práticas operacionais aprimoradas e a adoção de tecnologias ambientalmente mais eficientes.

Dessa maneira, o controle das emissões de fontes fixas, mediado pelo programa supracitado e potencializado pelo SIGQAr, consolida-se como instrumento fundamental para a melhoria contínua da qualidade ambiental no ERJ.

9. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES EM FONTES MÓVEIS

A contribuição das fontes móveis para a poluição atmosférica no ERJ permanece significativa, sobretudo em áreas de elevada densidade populacional e intenso fluxo viário. O controle dessas emissões consolidou-se como um eixo estratégico para a redução da poluição atmosférica, especialmente em regiões metropolitanas e áreas industriais. Mas todo esse trabalho depende da combinação que se estabelece entre a regulamentação federal em vigor – capitaneada pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) – e iniciativas estaduais complementares voltadas à efetiva redução de poluentes oriundos da frota em circulação.

Em 1986, a Resolução CONAMA nº 18/1986 instituiu o PROCONVE, fixando limites progressivamente mais restritivos para monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP), estabelecendo limites e exigências tecnológicas tanto para os veículos nacionais quanto para os importados, e regulando os combustíveis comercializados no Brasil, com o intuito de reduzir as emissões de poluentes provenientes de automóveis, caminhões, ônibus, máquinas rodoviárias e agrícolas.

O PROCONVE foi implementado em fases, com limites de emissão cada vez mais rigorosos, alinhados aos padrões europeus (Euro), conforme resumido na Tabela 30.

Tabela 30 - Fases de implementação do PROCONVE

Fase	Ano chave de início	Equivalência	Redução típica em relação à fase anterior
P5	2009	Euro 3	–
P7	2012	Euro 5	-60 % (NOx) / -80 % (MP) em relação à P5
P8	2022	Euro 6	-80 % (NOx) / -50 % (MP) em relação à P7

Fonte: Elaborado pelos autores.

A fase P7 (implementada em janeiro de 2012, equivalente ao padrão Euro 5) exigiu modificações significativas nos motores e introdução de sistemas avançados de pós-tratamento de gases, além do uso de diesel de baixo teor de enxofre. As medidas resultaram em reduções de cerca de 60% nas emissões de NOx e de 80% nas de material particulado em comparação à fase anterior (P5).

A fase P8 foi regulamentada pelas Resoluções CONAMA nº 490/2018 (veículos pesados ciclo Diesel), nº 492/2018 (veículos leves Otto) e nº 493/2019 (motociclos), que demandaram tecnologias adicionais, como a combinação de Redução Catalítica Seletiva (SCR) e Recirculação de Gases de Exaustão (EGR) para motores diesel. Essa fase mira reduções da ordem de 80% em emissões de NOx e de 50% em material particulado em relação à fase P7.

Os ganhos acumulados do PROCONVE são expressivos e evidenciam a eficácia de políticas de controle veicular: em comparação aos níveis de 1986, estima-se uma diminuição superior a 96% nas emissões de materiais particulados e de 87% nas de NOx até a fase P7. Contudo, apesar desses avanços, faz-se necessário persistir com a implementação

das fases mais recentes e com o controle de veículos em uso, pois a renovação gradual da frota demanda ações locais de fiscalização e manutenção complementares, para assegurar o atendimento aos padrões de qualidade do ar.

De acordo com os dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, o Rio de Janeiro é o estado com a quinta maior frota circulante do Brasil (7.475.503 veículos automotores²) (IBGE, 2022). Embora seja composta, majoritariamente, por automóveis (4.857.398 veículos), apenas 40% dessa frota está corretamente licenciada e em condições de circular (DETRAN-RJ, 2022). Os números refletem duas situações: a baixa adesão ao licenciamento regular e a complexidade fiscalizatória sob responsabilidade das autoridades de trânsito do estado.

No ERJ, o Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV) constitui o principal instrumento de gestão da qualidade do ar voltado às fontes móveis. O PCPV integra o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) e complementa o PROCONVE em nível estadual, estabelecendo regras e medidas adicionais para minimizar emissões veiculares e incentivar o uso eficiente de combustíveis.

O primeiro PCPV foi aprovado em 2011 por meio da Resolução CONEMA nº 34/2011, em atendimento ao art. 5º da Resolução CONAMA nº 418/2009. Esse marco legal estadual definiu limites de emissão para veículos em uso e implantou procedimentos de inspeção e manutenção (I/M) periódica, conforme diretrizes nacionais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Instrução Normativa IBAMA nº 6/2010) para avaliação do estado de manutenção de veículos tanto do ciclo Otto (gasolina/álcool/GNV) quanto do ciclo Diesel.

² Todo e qualquer transporte terrestre realizado através de motor de propulsão, não se limitando, portanto, a automóveis.

Em janeiro de 2016, uma atualização do PCPV foi lançada, tornando mais rigorosos os limites de emissão aceitáveis nos programas de inspeção e elevando o padrão de exigência para veículos em circulação, conforme facultado pelo parágrafo único do art. 9º da Resolução CONAMA nº 418/2009.

Ainda sob influência da Resolução CONAMA nº 418/2009, que orienta que os PCPVs prevejam medidas especiais para veículos de uso intensivo (frotas de transporte público e de carga), incentivando sua manutenção adequada e fiscalização reforçada, o ERJ implementou instrumentos com essa finalidade.

Para alcançar as metas e objetivos do PCPV fluminense, o INEA executa dois programas principais de controle das emissões veiculares em complemento ao PROCONVE. O primeiro é o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso (Programa I/M), que realiza a verificação periódica das emissões dos veículos licenciados no ERJ. Nesse programa, os veículos passam por inspeções anuais divididas em etapas: inicialmente, é feita uma avaliação visual, que verifica a existência de fumaça visível no escapamento, a presença e integridade do catalisador, possíveis vazamentos de óleo ou combustível, e a regularidade do funcionamento do motor. Somente quando o veículo é aprovado nessa primeira inspeção visual é que se procede à segunda etapa, com medições instrumentais dos gases de escapamento (por exemplo, verificação de CO, HC e opacidade, conforme o caso) para os veículos do ciclo Otto e, quando aplicável, testes de opacidade para motores diesel.

O segundo programa é o Programa de Autocontrole de Emissão de Fumaça Preta (PROCON Fumaça Preta), que obriga as empresas de transportes de carga e passageiros movidos a diesel a realizar testes periódicos de opacidade nos veículos de suas frotas (medição da fumaça preta) e a enviar os resultados ao INEA para verificação. Esse programa

foca especialmente os veículos pesados, justamente por estes representarem uma parcela significativa das emissões de material particulado e NOx. Em ambos os casos – inspeção periódica veicular e autocontrole de fumaça preta –, o objetivo é estimular a manutenção preventiva e corretiva dos veículos em uso, de modo a assegurar que continuem atendendo aos limites de emissões ao longo de sua vida útil.

Além de executar esses programas, o ERJ registra a série histórica dos níveis de poluição atmosférica por meio de um relatório anual de emissões veiculares que, desde 2022, consolida dados sobre o consumo de combustíveis, a quantidade de emissões e as características da frota de veículos. Esses relatórios oferecem uma visão detalhada da situação das emissões e são ferramentas fundamentais para o planejamento de ações de mitigação.

A integração dessas iniciativas estaduais com as normas federais do PROCONVE permite um controle mais efetivo da poluição veicular no ERJ: enquanto o PROCONVE garante que veículos novos sejam cada vez menos poluentes na origem, os programas do PCPV visam evitar a deterioração excessiva dos veículos em circulação, retirando de uso ou obrigando a reparação daqueles em más condições de controle de emissões.

10. CONCLUSÃO

A análise da qualidade do ar no ERJ confirma avanços relevantes, mas também evidencia focos persistentes de degradação atmosférica que requerem ação imediata. Programas federais e estaduais de controle – em especial as últimas fases do PROCONVE, a redução do teor de enxofre nos combustíveis e a modernização parcial de processos industriais – reduziram concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) e a frequência dos picos extremos em boa parte da rede de monitoramento.

Entretanto, o material particulado fino (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$) e o ozônio troposférico continuam excedendo os padrões de referência em diversos pontos, sobretudo nos grandes corredores logístico-industriais da Região Metropolitana e do Médio Paraíba. Esses poluentes têm relevância não apenas local, mas também global. O ozônio no nível do solo e os aerossóis finos (especialmente o carbono negro, componente do $\text{MP}_{2,5}$ emitido por queima de combustíveis fósseis e biomassa) são reconhecidos como poluentes climáticos de vida curta. Isso significa que, além dos impactos à saúde humana, eles contribuem para o aquecimento global, apesar de terem vida relativamente curta na atmosfera (de alguns dias a algumas décadas).

O ozônio é um gás de efeito estufa indireto e o carbono negro possui alto potencial de aquecimento devido à absorção de

radiação solar. Portanto, ações focadas na melhoria da qualidade do ar – voltadas à redução de emissões oriundas de veículos e ao controle de processos de combustão industrial, por exemplo – geram um duplo benefício, melhorando a saúde pública local e, ao mesmo tempo, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Essa sinergia representa uma oportunidade estratégica para o ERJ integrar as políticas de qualidade do ar com as de redução de gases de efeito estufa (GEE).

Medidas como a adoção de transporte público limpo (veículos elétricos ou híbridos), o incentivo à mobilidade ativa e o uso de combustíveis mais limpos reduzem poluentes como o $MP_{2,5}$ e o O_3 e, também, as emissões de CO_2 e outros GEE. Assim, um planejamento ambiental unificado pode maximizar recursos e resultados, contribuindo para o alcance simultâneo de metas de ar limpo e de clima – uma agenda particularmente relevante diante dos compromissos globais e nacionais de mitigação das mudanças climáticas.

A análise espacial dos dados demonstra, ainda, que a carga de poluição encontra-se distribuída de maneira desigual, incidindo de forma desproporcional sobre comunidades vulneráveis. Bairros de menor renda situados próximos a complexos industriais e eixos de transporte pesado, como Campos Elíseos e Pilar (Duque de Caxias), mantém a classificação M1 para SO_2 e apresentam concentrações elevadas de MP_{10} . Situação análoga ocorre em Coroa Grande e no entorno do Porto de Itaguaí.

Itaboraí registrou um dos piores índices de ozônio no ERJ. O município foi o único a registrar a classificação >M1 para O_3 (ou seja, com valores excedendo até mesmo o patamar inicial de qualidade). Apesar de Itaboraí ser menos urbanizado que o núcleo metropolitano, seus habitantes enfrentam picos de poluição originados regionalmente – uma ilustração de como os efeitos da má qualidade do ar se estendem a áreas periféricas e suburbanas.

Mesmo áreas rurais, a exemplo de Macuco, podem superar o limite inicial de $MP_{2,5}$ quando próximas de fontes emissoras relevantes. Esses cenários sugerem um padrão de injustiça ambiental, em que grupos socioeconomicamente vulneráveis – com menor capacidade de mitigação ou de pressão política e sem acesso equitativo a mecanismos de proteção ou compensação – arcam com os custos da degradação ambiental. Além disso, a inadequação de padrões em comunidades rurais como Macuco sublinha a necessidade de ampliar o monitoramento para além dos centros urbanos, a fim de garantir uma cobertura abrangente e representativa.

Esses achados indicam que a gestão da qualidade do ar no ERJ demanda uma abordagem dupla, que contemple tanto a integração de políticas climáticas e de controle de poluentes – para maximizar cobenefícios – quanto ações em áreas críticas – para corrigir desigualdades ambientais.

Esse tipo de abordagem assegura ao ERJ a possibilidade de evoluir no cumprimento das metas de qualidade do ar (por meio do alcance gradativo dos padrões finais nacionais) e no atendimento de compromissos climáticos, tudo isso enquanto promove justiça ambiental e melhora a qualidade de vida das comunidades mais afetadas pela poluição atmosférica.

11. SUBSÍDIOS PARA A FORMULAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE GESTÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DO AR

De acordo com o art. 7º do Decreto Estadual nº 48.668/2023, cabe ao INEA propor ao CONEMA, conforme a vigência de cada padrão de qualidade do ar e os níveis por subregião, um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas (PCEA). Esse programa governamental deve ser composto por um Plano de Controle de Emissão em Fontes Estacionárias (PCEFE) e por um Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV) para as fontes de poluição em operação nas subregiões enquadradas nas categorias > M1, M1, M2 e M3.

A etapa inicial para a elaboração do PCEA — instrumento que, na prática, corresponderá ao Plano Estadual de Gestão da Qualidade do Ar estabelecido no art. 16 da Lei nº 14.850/2024 (Política Nacional de Qualidade do Ar) — prevê a atualização do inventário estadual de emissões atmosféricas, em conformidade com o art. 12 dessa mesma política nacional. O inventário revisado fornecerá a linha de base sobre a qual se poderá quantificar a contribuição relativa de cada setor (indústria, transporte, energia, agricultura e fontes difusas) para as concentrações de MP_{10} , $MP_{2,5}$, SO_2 e O_3 identificadas neste estudo. Somente com esse diagnóstico completo será possível dimensionar metas realistas de redução, definir prazos e selecionar as melhores técnicas disponíveis para cada grupo de fontes.

Os achados do presente relatório já indicam que as maiores violações aos padrões de qualidade do ar se concentram

em polos industriais e logísticos que reúnem emissões estacionárias de grande porte, tráfego intenso de veículos pesados e populações socioeconomicamente vulneráveis. Entretanto, a ausência de um inventário atualizado impossibilita a apuração fina da contribuição de cada fonte e o cálculo de cenários de abatimento custo-efetivo. O levantamento revisado — estruturado por setores, frotas, combustíveis e processos, com fatores de emissão localmente validados — preencherá essa lacuna, permitindo, inclusive, estimar cobenefícios climáticos associados à mitigação de poluentes de vida curta, como ozônio e carbono negro.

Com base nos dados deste estudo e no inventário, as seguintes regiões devem ser priorizadas no novo PCEA:

- Duque de Caxias (Campos Elíseos, Pilar e adjacências) - Área com níveis críticos de MP_{10} e SO_2 , tanto em termos de médias diárias quanto de médias anuais, que frequentemente excede os padrões intermediários mais rigorosos (classificação M1). Também apresenta episódios de níveis significativos de O_3 (responsáveis pela classificação M1 para ozônio). Devido à combinação de indústria e transporte, Duque de Caxias desponta como um município de prioridade máxima para ações de controle, exigindo esforços integrados de mitigação de emissões industriais e veiculares e o monitoramento reforçado da qualidade do ar nos bairros mais impactados. É prioritário ainda ampliar o monitoramento de $MP_{2,5}$, SO_2 e O_3 nos demais municípios da Baixada Fluminense, para que se avalie se o cenário percebido em Duque de Caxias se repete em áreas menos monitoradas e com similaridades territoriais e socioeconômicas.

- Itaboraí (especialmente a região de Porto das Caixas) - Município que se destacou por registrar as maiores concentrações de ozônio no período avaliado, incluindo ocorrências acima do nível M1. Esse dado sugere que Itaboraí sofre influência do transporte de poluentes e da

formação fotoquímica regional de ozônio, possivelmente por estar a sotavento do eixo metropolitano e de fontes industriais. Mesmo não tendo apresentado violações relevantes para MP_{10} ou SO_2 nos últimos anos, a criticidade dos níveis de O_3 justifica uma atenção prioritária. Medidas voltadas à redução de precursores de ozônio (NO_x e VOCs) na RMRJ beneficiarão diretamente Itaboraí. Adicionalmente, o monitoramento em Itaboraí deve ser mantido e ampliado para que as autoridades competentes possam verificar tendências e subsidiar eventuais medidas locais à medida que novas atividades industriais entrem em operação.

- Itaguaí (Coroa Grande e entorno industrial) - Área que combina emissões portuárias, industriais e veiculares e que apresentou ozônio em nível M1 em 2024, além de potencial contribuição para cargas de MP_{10} regionais. Itaguaí encontra-se no extremo oeste da RMRJ. Além do porto de Sepetiba, o município abriga terminais de minério e fica próximo ao Distrito Industrial de Santa Cruz, fontes que emitem material particulado e precursores gasosos. Sendo o ozônio um poluente secundário, as ações em Itaguaí deverão ser coordenadas com iniciativas voltadas à redução das emissões em municípios vizinhos (incluindo a cidade do Rio de Janeiro e a região da Baixada), de modo que seja possível controlar a formação regional de O_3 que afeta a região costeira sudoeste.

- Seropédica (região de Piranema e Via Dutra) - Localizada em um município de perfil mais rural, a estação SP-Piranema, a cerca de 50 m da Estrada de Piranema (RJ-099), detecta níveis de MP_{10} que a enquadram nas categorias M1 (24 h) e >M1 (anual). A via – um dos principais acessos rodoviários ao Porto de Itaguaí – é parcialmente pavimentada, sem acostamentos em grande parte da sua extensão e com intensa circulação de caminhões. Medidas urgentes incluem: pavimentação completa e manutenção úmida da pista, varrição mecanizada, limitação de velocidade e fiscalização rigorosa das cargas e coberturas.

- Barra Mansa/Volta Redonda (Médio Paraíba) - Esta região industrial tem registrado violações nos níveis anuais de MP_{10} (classificação >M1), atribuíveis, principalmente, às emissões do setor metalomecânico instalado na região e, também, possivelmente, a outras fontes industriais e de tráfego urbano. Devido à presença na região de fontes de enxofre (coqueria, termoelétricas) e de queima de combustíveis fósseis em escala significativa, considera-se relevante ampliar a rede de monitoramento no Médio Paraíba, de forma a garantir o acompanhamento contínuo dos níveis de SO_2 e $MP_{2,5}$.

- Macuco (Região Serrana) - Apesar de pequeno, Macuco é o único município em todo o estado com um ponto de monitoramento enquadrado na categoria >M1 para $MP_{2,5}$ anual. Esse dado sugere uma fonte local ou regional significativa de partículas finas. Macuco está inserido em uma região com atividades de beneficiamento de calcário e, possivelmente, queima de biomassa, o que pode explicar os níveis anômalos de $MP_{2,5}$. Dada a gravidade relativa desse indicador – violação ao padrão anual inicial de $MP_{2,5}$, poluente intimamente ligado a riscos à saúde –, o município deve ser incluído entre as áreas de atenção prioritária no novo plano. A recomendação para Macuco é investigar detalhadamente as fontes emissoras na região (por exemplo, mapeando indústrias de materiais de construção, caldeiras a biomassa ou outras atividades potencialmente poluidoras) e, a partir daí, implementar medidas de controle direcionadas. A prioridade aqui é assegurar que mesmo comunidades de menor população, como Macuco, alcancem padrões adequados de ar limpo e que fontes pontuais de elevada emissão não passem despercebidas no contexto estadual.

Em síntese, os dados empíricos guiaram a identificação dessas áreas prioritárias, todas elas associadas aos poluentes críticos destacados

pelo estudo (MP_{10} , $MP_{2,5}$, SO_2 , O_3). A elaboração do Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, ancorada em um inventário atualizado e em evidências técnicas, representará um marco na gestão ambiental do ERJ. Ao direcionar esforços para áreas críticas e integrar políticas setoriais, o Rio de Janeiro avançará não apenas no cumprimento de metas de qualidade do ar, mas também na redução de desigualdades socioambientais e no alinhamento aos compromissos climáticos nacionais.

A execução eficaz do plano vai requerer cooperação interinstitucional, alocação de recursos específicos e revisão periódica do seu conteúdo. Dessa forma, será possível assegurar adaptações a novas demandas científicas e regulatórias e criar as bases para que, no longo prazo, os padrões finais nacionais sejam alcançados em todo o ERJ de maneira sustentável e justa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. Brasília, DF: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf>. Acesso em: 30 out. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 506, de 5 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, ano 162, n. 130, p. 133, 9 jul. 2024. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=827. Acesso em: 30 out. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 223, p. 155, 21 nov. 2018. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766. Acesso em: 30 out. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Frota de veículos**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-dejaneiro/pesquisa/22/28120?tipo=ranking&ano=2022>. Acesso em: 01 ago. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Inventário de emissões veiculares**: ano base 2022. Rio de Janeiro: INEA, 2023a.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Plano de Controle da Poluição Veicular 2025-2027**. Rio de Janeiro: INEA, 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Relatório de emissões veiculares**: 2011-2022. Rio de Janeiro: INEA, 2023b.

RIO DE JANEIRO (Estado). Departamento de Trânsito. **Frota Licenciada do Estado do Rio de Janeiro, 2022**. Destinatário: Detran RJ. [Rio de Janeiro], 2022. 1 mensagem eletrônica.

ANEXO

Representatividade Espacial das Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar

Continua

Região	Município	Estação	MP ₁₀	MP _{2,5}	O ₃	SO ₂
RCV	Mangaratiba	Mt - Ibicuí	Urbana	NM	NM	NM
	Mangaratiba	Mt - Itacuruçá	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Mangaratiba	Mt - Praia do Saco	Urbana	NM	NM	NM
RMP	Barra Mansa	BM - Boa Sorte	Mesoescala	NM	NM	NM
	Barra Mansa	BM - Bocaininha	Bairro	NM	NM	NM
	Barra Mansa	BM - Roberto Silveira	Bairro	NM	NM	NM
	Barra Mansa	BM - Sesi	Mesoescala	NM	NM	NM
	Barra Mansa	BM - Vista Alegre	Bairro	NM	NM	NM
	Itatiaia	Itt - Campo Alegre	Bairro	NM	NM	NM
	Porto Real	PR - Porto Real	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Quatis	Qt - Bom Retiro	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Resende	Rs - Casa da Lua	Bairro	NM	NM	NM
	Resende	Rs - Cidade Alegria	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Volta Redonda	VR - Belmonte	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Volta Redonda	VR - Nossa Sra. das Graças (Van)	Bairro	NM	NM	Bairro
	Volta Redonda	VR - Retiro	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Volta Redonda	VR - Santa Cecília	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
RMRJ	Belford Roxo	BR - São Bernardo	NM	NM	Bairro	NM

Continua

Região	Município	Estação	MP ₁₀	MP _{2,5}	O ₃	SO ₂
RMRJ	Duque de Caxias	DC - Campos Elíseos	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Duque de Caxias	DC - Jardim Primavera	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Duque de Caxias	DC - Pilar	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Duque de Caxias	DC - São Bento	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Itaboraí	Itb - Porto das Caixas	Mesoescala	NM	Bairro	Bairro
	Itaboraí	Itb - Sambaetiba	Mesoescala	Mesoescala	Bairro	Bairro
	Itaguaí	Itg - Coroa Grande	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Itaguaí	Itg - Ilha da Madeira	Urbana	NM	NM	NM
	Itaguaí	Itg - Monte Serrat	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Japeri	Jp - Engenheiro Pedreira	Urbana	NM	Urbana	Urbana
	Nova Iguaçu	NI - Jardim Guandu	Urbana	NM	Urbana	Urbana
	Nova Iguaçu	NI - Monteiro Lobato	NM	NM	Bairro	NM
	Niterói	Nit - Caio Martins	NM	NM	NM	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Adalgisa Nery	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Rio de Janeiro	RJ - Campo dos Afonsos	NM	NM	Bairro	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Centro	NM	NM	Bairro	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Engenhão	NM	NM	NM	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Gericinó	NM	NM	Bairro	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Ilha de Paquetá	Urbana	NM	Urbana	Urbana
	Rio de Janeiro	RJ - Ilha do Governador	Mesoescala	NM	Mesoescala	Mesoescala
Rio de Janeiro	RJ - Lab. INEA	NM	NM	Bairro	NM	

Conclusão

Região	Município	Estação	MP ₁₀	MP _{2,5}	O ₃	SO ₂
RMRJ	Rio de Janeiro	RJ - Lagoa	NM	NM	Bairro	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Largo do Bodegão	Bairro	Bairro	Bairro	Bairro
	Rio de Janeiro	RJ - Lourenço Jorge	NM	NM	NM	Mesoescala
	Rio de Janeiro	RJ - Manguinhos	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
	Rio de Janeiro	RJ - Maracanã	NM	NM	Bairro	NM
	Rio de Janeiro	RJ - Taquara	NM	NM	NM	Bairro
	Rio de Janeiro	RJ - Urca	NM	NM	Bairro	NM
	São Gonçalo	SG - UERJ	NM	NM	Bairro	NM
	Seropédica	Sp - Piranema	Urbana	NM	Urbana	Urbana
RNF	Macaé	Mc - Cabiúnas	Bairro	NM	Bairro	Bairro
	Macaé	Mc - Fazenda Airis	NM	NM	Urbana	NM
	Macaé	Mc - Fazenda Severina	NM	NM	Bairro	NM
	Macaé	Mc - Imboassica	NM	NM	Urbana	NM
	Macaé	Mc - Pesagro	NM	NM	Bairro	NM
	São João da Barra	SJB - Açú 5º Distrito	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
	São João da Barra	SJB - Fazenda Saco Dantas	Urbana	NM	NM	NM
	São João da Barra	SJB - Mato Escuro 5º Distrito	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
RS	Cantagalo	Cg - Euclidelândia	Bairro	Bairro	Bairro	NM
	Cantagalo	Cg - Macuco	Urbana	Urbana	Urbana	NM
		Cg - Val Palmas	Mesoescala	Mesoescala	Bairro	NM

NM - não monitorado na estação / RCV - Região da Costa Verde / RMP - Região Médio Paraíba / RMRJ - Região Metropolitana do Rio de Janeiro / RNF - Região Norte Fluminense / RS - Região Serrana

inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO