



SÉRIE RELATÓRIOS

QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO 2021



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

Governo do Estado de São Paulo
Rodrigo Garcia - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
Fernando Chucre - Secretário de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Patrícia Iglecias - Diretora-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa
Aruntho Savastano Neto - Diretor

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Gláucio Attorre Penna - Diretor

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Domenico Tremaroli - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Carlos Roberto dos Santos - Diretor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO



QUALIDADE DO AR

NO ESTADO DE SÃO PAULO

CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2021
SÉRIE RELATÓRIOS

São Paulo ■ 2022

Dados Internacionais de Catalogação
(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418q CETESB (São Paulo)
Qualidade do ar no estado de São Paulo 2021 [recurso eletrônico] / CETESB ;
Coordenação geral Maria Lúcia Gonçalves Guardani ; Coordenação técnica Dirce
Maria Pellegatti Franco ; Equipe técnica Almir Oliveira da Silva ... [et al.] ; Mapas
Thiago De Russi Colella. -- São Paulo : CETESB, 2022.
1 arquivo de texto (228 p.) : il. color., PDF ; 29 MB. -- (Série Relatórios / CETESB,
ISSN 0103-4103)

Publicado anteriormente como: Qualidade do ar na região metropolitana de São e
em Cubatão; Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em
Cubatão; e Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo.
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>.
ISBN 978-65-5577-035-3.

1. Ar – qualidade – controle 2. Ar – poluição 3. São Paulo (BR) I. Título.
II. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 363.739 263 816 1 CDU (2.ed. Port.) 502.175:614.71/.72 (815.6)

Catalogação na fonte: Margot Terada - CRB 8.4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização.
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2022.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

FICHA TÉCNICA

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Eng. Carlos Roberto dos Santos
Diretor

Departamento de Qualidade Ambiental

Quím. Maria Helena R. B. Martins
Gerente

Coordenação Geral

Quím. Maria Lucia Gonçalves Guardani
Gerente da Divisão de Qualidade do Ar

Coordenação Técnica

Met. Dirce Maria Pellegatti Franco
Gerente do Setor de Meteorologia

Equipe Técnica

Eng. Almir Oliveira da Silva	Téc. Amb. Regina Giudici
Met. Clarice Aico Muramoto	Est. Rosana Curilov
Quím. Cristiane F. Fernandes Lopes	Fís. Thiago De Russi Colella
Quím. Daniele Patrícia R. de Carvalho	Quím. Viviane A. de Oliveira Ferreira
Met. Dirce Maria P. Franco	Est. Yoshio Yanagi
Téc. Amb. Israel Azevedo Anastacio	Met. Carlos Ibsen Vianna Lacava
Quím. Jesuino Romano	Quím. Claudio Darwin Alonso
Quím. Maria Cristina N. de Oliveira	Eng. Cristiane Dias
Quím. Maria Lucia Gonçalves Guardani	Eng. Marcelo Pereira Bales
Téc. Amb. Orlando Ferreira Filho	

Coleta de Amostras, Análise e Aquisição de Dados

Setor de Amostragem e Análise do Ar
Setor de Meteorologia
Setor de Telemetria
Departamento de Apoio Operacional
Setor de Avaliação de Emissões Veiculares
Divisão de Avaliação do Ar, Ruído e Vibração
Departamento de Laboratórios Descentralizados
Departamento de Gestão Ambiental I
Departamento de Gestão Ambiental II
Departamento de Gestão Ambiental III
Departamento de Gestão Ambiental IV
Departamento de Gestão Ambiental V
Setor de Planejamento Estatístico

Mapas

Thiago De Russi Colella

Projeto Gráfico

Vera Severo

Revisão de Texto

Maria Cristina de Souza Leite

Editoração

Feeling Propaganda

Impressão e Distribuição

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros Tel. 3133.3000 - CEP 05459-900 - São Paulo/SP - Brasil
Este relatório está também disponível na página da CETESB: <cetesb.sp.gov.br>

Apresentação

Uma das responsabilidades institucionais na preservação ambiental é a de motivar a população a compartilhar as ações necessárias para alcançar tal desiderato. Divulgar a situação da qualidade ambiental em seus diferentes aspectos é uma forma de permitir o acompanhamento de cidadãs e cidadãos e estimular que participem dos cuidados com o meio ambiente. Por essa razão, há mais de 40 anos, a CETESB torna públicos, de forma regular e transparente, os Relatórios de Qualidade Ambiental.

Esses importantes documentos sintetizam os resultados obtidos pelas redes de monitoramento da qualidade ambiental da CETESB, que foram ampliadas, ao longo do tempo, tanto na sua abrangência territorial quanto em relação aos parâmetros avaliados, permitindo um diagnóstico amplo, de forma a orientar e subsidiar o aprimoramento dos programas de controle ambiental e o planejamento e gestão do meio ambiente no Estado.

Vale destacar que o monitoramento ambiental tem um papel essencial na elaboração e no balizamento das políticas que são desenvolvidas pela CETESB, a principal agência ambiental brasileira e referência em proteção ambiental na América Latina, contribuindo de maneira decisiva para a melhoria da qualidade ambiental e da proteção à saúde da população paulista.

E em 2021 a companhia enfrentou um desafio adicional com a continuidade da pandemia da COVID-19 que se refletiu na operação das redes de monitoramento de qualidade ambiental, tanto na coleta, quanto na análise das amostras. Gradativamente, e graças às equipes dedicadas e experientes, os obstáculos foram sendo superados, caminhando para uma situação de normalidade na operação.

Assim, este ano estão disponíveis, na página da CETESB na internet, as seguintes publicações relacionadas à avaliação da qualidade ambiental: Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas, de Qualidade das Águas Interiores, de Qualidade das Águas Costeiras, Qualidade das Águas Subterrâneas e de Qualidade do Ar. Esses relatórios apresentam, entre outras informações, os dados de medição, comparações com os valores legais e principais tendências de comportamento dos poluentes.

Todo este trabalho está em sintonia com a visão estratégica da CETESB de aprimorar a excelência na gestão ambiental e nos serviços prestados aos(as) usuários(as) e à população em geral, assegurando a atuação da companhia como centro de referência nacional e internacional no campo ambiental e na proteção da saúde pública.

Com certeza, novos desafios serão enfrentados em 2022 e serão superados com esforço e inovação que são características da CETESB.

Boa leitura!

Patrícia Iglecias
Diretora-Presidente da CETESB

Listas

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes regulamentados na atmosfera.....	41
Tabela 2.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes não regulamentados na atmosfera.....	42
Tabela 2.3 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar	44
Tabela 2.4 – Critérios para episódios críticos de poluição do ar	45
Tabela 2.5 – Índice Geral.....	48
Tabela 2.6 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde.....	49
Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2021.....	52
Tabela 3.2 – Configuração da Rede Manual – 2021.....	57
Tabela 3.3 – Métodos de medição dos parâmetros.....	60
Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2020	65
Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo	68
Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2020	74
Tabela 4.4 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2020	76
Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2020	77
Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2021.....	85
Tabela 6.1 – MP ₁₀ - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP	92
Tabela 6.2 – MP ₁₀ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática.....	97
Tabela 6.3 – MP ₁₀ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior - Rede Automática	101
Tabela 6.4 – MP _{2,5} - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP - Rede Automática.....	106
Tabela 6.5 – MP _{2,5} - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática.....	106
Tabela 6.6 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP	111
Tabela 6.7 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral.....	112
Tabela 6.8 – MP _{2,5} – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP, Interior e Baixada Santista	113
Tabela 6.9 – O ₃ - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP	116
Tabela 6.10 – O ₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP	118
Tabela 6.11 – O ₃ – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – RMSP	120
Tabela 6.12 – O ₃ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática	121
Tabela 6.13 – O ₃ – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – Baixada Santista e Litoral Norte	122
Tabela 6.14 – O ₃ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior - Rede Automática.....	123
Tabela 6.15 – O ₃ – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – Interior	125
Tabela 6.16 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP.....	126
Tabela 6.17 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral	127
Tabela 6.18 – NO ₂ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – RMSP - Rede Automática	128
Tabela 6.19 – SO ₂ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática.....	135
Tabela 6.20 – SO ₂ – Evolução do teor de enxofre no diesel	137
Tabela 7.1 – PCPV 2020-2022 – Ações, metas e indicadores (continua)	150

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Relação entre a concentração de curto prazo, índice e classificação da qualidade do ar	47
Gráfico 4.1 – Evolução das emissões de poluentes veiculares no estado de São Paulo	66
Gráfico 4.2 – Evolução das emissões de poluentes veiculares nas Regiões Metropolitanas.....	67
Gráfico 4.3 – Emissões relativas por tipo de fonte – RMSP.....	78
Gráfico 5.1 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes – RMSP	83
Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP - (maio a setembro – Mirante de Santana).....	84
Gráfico 6.1 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2021	91
Gráfico 6.2 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais RMSP – 2021	93
Gráfico 6.3 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	95
Gráfico 6.4 – MP ₁₀ – Evolução das médias móveis – RMSP	95
Gráfico 6.5 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2021	96
Gráfico 6.6 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte – 2021	97
Gráfico 6.7 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista.....	98
Gráfico 6.8 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Interior – 2021	100
Gráfico 6.9 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Interior – 2021	102
Gráfico 6.10 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior - UGRHs 2 e 10.....	103
Gráfico 6.11 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior - UGRH 5	104
Gráfico 6.12 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior - UGRHs 4, 13, 15, 19, 21 e 22.....	104
Gráfico 6.13 – MP _{2,5} – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021	105
Gráfico 6.14 – MP _{2,5} – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021.....	107
Gráfico 6.15 – MP _{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	108
Gráfico 6.16 – MP _{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Interior	108
Gráfico 6.17 – FMC – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP.....	114
Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP.....	115
Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2021	115
Gráfico 6.20 – O ₃ – Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual e do número de estações de monitoramento – RMSP	117
Gráfico 6.21 – O ₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – 2021.....	119
Gráfico 6.22 – O ₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP.....	121
Gráfico 6.23 – O ₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8h – Interior – 2021	124
Gráfico 6.24 – NO ₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2021	129
Gráfico 6.25 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala	130
Gráfico 6.26 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas.....	130
Gráfico 6.27 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP - Microescala.....	132
Gráfico 6.28 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas.....	132
Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP	133
Gráfico 6.30 – SO ₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021	134
Gráfico 6.31 – SO ₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021	136
Gráfico 6.32 – SO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP.....	137
Gráfico 6.33 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2021.....	138
Gráfico 6.34 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2021	139
Gráfico 6.35 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Santo André-Capuava – 2021	140
Gráfico 6.36 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021	141
Gráfico 6.37 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021	141
Gráfico 6.38 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021	142
Gráfico 6.39 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021	142

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Localização das estações da Rede Automática - 2021	55
Mapa 3.2 – Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual – 2021	58
Mapa 4.1 – Regiões metropolitanas no estado de São Paulo	70
Mapa 4.2 – Loc. das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2021.....	73
Mapa 7.1 – Municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021	148

Lista de Abreviaturas e Siglas

ARLA	Agente Redutor Líquido Automotivo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CEPDEC	Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
MI	Meta Intermediária
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PF	Padrão Final
OMS	Organização Mundial da Saúde
PQAr	Padrão de Qualidade do Ar
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
PCPV	Plano de Controle de Poluição Veicular no Estado de São Paulo
QUALAR	Sistema de Informações de Qualidade do Ar
RMBS	Região Metropolitana da Baixada Santista
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RMJU	Região Metropolitana de Jundiaí
RMPI	Região Metropolitana de Piracicaba
RMRP	Região Metropolitana de Ribeirão Preto
RMSO	Região Metropolitana de Sorocaba
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RMSJRP	Região Metropolitana de São José do Rio Preto
RMVP	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

Sumário

Resumo Executivo.....	15
1 • Introdução.....	37
2 • Parâmetros, Padrões e Índices.....	39
2.1 Poluentes.....	39
2.2 Padrões de Qualidade do Ar.....	43
2.2.1 Divulgação e Índices de Qualidade do Ar.....	45
3 • Redes de Monitoramento.....	51
3.1 As Redes.....	51
3.1.1 Rede Automática.....	51
3.1.2 Rede Manual.....	56
3.1.3 Avaliação Meteorológica Relacionada à Poluição.....	59
3.2 Metodologia de Monitoramento.....	59
3.3 Metodologia de Tratamento dos Dados.....	60
3.3.1 Representatividade de Dados.....	60
3.3.2 Representatividade espacial das estações.....	61
3.3.3 Observações sobre o monitoramento.....	62
4 • Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo.....	63
4.1 Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias.....	63
4.2 Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo.....	64
4.3 Fontes de Poluição do Ar na RMSP	74
5 • Redes de Monitoramento.....	79
5.1 Aspectos Climáticos no Estado de São Paulo.....	79
5.2 Aspectos Meteorológicos no Estado de São Paulo em 2021.....	80
5.3 Aspectos Meteorológicos na Poluição do Ar no Estado de São Paulo.....	83
5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2021.....	83
5.3.2 Condições Meteorológicas para Formação de Ozônio – 2021	87
6 • Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.....	89
6.1 Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar.....	89
6.2 Resultados.....	90
6.2.1 Material Particulado.....	90
6.2.1.1 Partículas Inaláveis - MP_{10}	91
6.2.1.2 Partículas Inaláveis Finas – $MP_{2,5}$	105
6.2.1.3 Fumaça - FMC.....	114
6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS.....	116
6.2.2 Ozônio – O_3	116
6.2.3 Dióxido de Nitrogênio – NO_2	128
6.2.4 Monóxido de Carbono – CO	131
6.2.5 Dióxido de Enxofre – SO_2	134

6.2.6 Outros Poluentes	138
6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT	138
6.2.6.2 Aldeídos.....	139
6.2.6.3 Benzeno e Tolueno.....	140
6.2.7 Estudos Especiais	143
6.2.7.1 Avaliação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na atmosfera do município de São Paulo (Pinheiros).....	143
6.2.7.2 Pandemia de Covid-19: Reflexos na poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo.....	144
6.2.8 Síntese das Observações da Qualidade do Ar.....	145
7 • Medidas de Gestão das Fontes de Poluição Atmosférica.....	147
7.1 Fontes Estacionárias.....	147
7.2 Fontes Móveis.....	149
Considerações Gerais.....	151
RMSP.....	151
Cubatão.....	153
Polo Cerâmico de Santa Gertrudes.....	154
Referências.....	155

Resumo Executivo

O Resumo Executivo deste relatório foi reestruturado e apresenta de maneira simples e objetiva a qualidade do ar verificada no estado de São Paulo em 2021. Inova ao utilizar caixas de texto e material gráfico de simples visualização. Atende aos propósitos de Resumo Executivo e permite fácil divulgação aos interessados na forma de um Boletim Anual, complementando os Boletins Mensais (<https://cetesb.sp.gov.br/ar/boletim-mensal/>) anteriormente lançados e de grande aceitação. Apresenta o diagnóstico da qualidade do ar no estado de São Paulo, a partir dos dados das redes de monitoramento da CETESB e informações sobre condições meteorológicas.

A rede de amostragem de qualidade do ar teve início de operação em 1972, modernizou-se e expandiu-se, cobrindo uma gama de cidades cuja frota veicular, ou parque industrial, merecem atenção uma vez que eles afetam significativamente a qualidade do ar. A CETESB monitora não só as regiões metropolitanas, mas também outras cidades com fontes de emissões relevantes.

O comportamento dos poluentes é apresentado em itens individualizados ao fim dos quais, em um quadro próprio, é feito um comentário geral sobre o comportamento observado.

Ressalte-se que a pandemia ainda esteve presente em 2021, com reduções de atividades e consequente diminuição de tráfego, principalmente em grandes centros urbanos, fato que influencia a condição da poluição atmosférica.

Também em 2021, o Conselho Estadual do Meio Ambiente alterou os padrões de qualidade do ar vigentes, para valores mais restritos, com vigência a partir de janeiro de 2022, conforme preconiza o decreto que define diretrizes para o gerenciamento da qualidade do ar no estado.

Poluição e Padrões de Qualidade do Ar

Dentre os impactos que a atividade humana causa à saúde humana, destaca-se a poluição do ar. Entretanto, mesmo com a crescente melhoria na qualidade do ar, o peso das doenças relacionadas com este tipo de poluição aumenta à medida que as populações crescem, envelhecem e se tornam mais susceptíveis a doenças relacionadas com o problema.

Poluição

A poluição do ar é um fenômeno tipicamente urbano industrial.

Industrial visto que as indústrias, via de regra, lançam poluentes à atmosfera.

Urbano porque, principalmente devido à necessidade de deslocamento de grande número de pessoas, são utilizados vários meios de transporte e a maioria lança poluentes à atmosfera.

Fonte: IBGE – Estimativa de população em 01/07/2021

População do Estado em 2021 Número de municípios por faixa populacional

Até 100.000: 564 municípios.

De 100.000 a 400.000: 64 municípios.

De 400.000 a 1.000.000: 14 municípios.

Acima de 1.000.000: 3 municípios.

Total do Estado: 645 municípios com 46.649.132 hab.

Região Metropolitana de São Paulo (RMSP): 39 municípios com 22.048.504 hab.

São Paulo Capital: 12.396.372 hab.

Padrões

Saúde - Tanto a legislação federal como a estadual estabelecem os níveis máximos de poluentes na atmosfera que não devem ser ultrapassados para que a saúde da população seja protegida. São os assim chamados "Padrões de Qualidade do Ar".

Metas - Dado o grau de degradação atingido no passado, em algumas regiões do estado, a legislação paulista estabelece que a melhoria da qualidade do ar vai se dar gradativamente, por meio de "METAS INTERMEDIÁRIAS" sucessivas para finalmente atingir aos "PADRÕES FINAIS". Essa orientação faz parte das diretrizes da OMS.

Critério de Saúde - A CETESB divulga em tempo real as concentrações de poluentes medidos no ar. Esses dados são classificados de acordo com efeitos sobre a saúde.

Poluentes regulamentados pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013

MP₁₀: Partículas menores que 10 µm.

MP_{2,5}: Partículas menores que 2,5 µm.

NO₂: Dióxido de nitrogênio.

O₃: Ozônio.

CO: Monóxido de carbono.

SO₂: Dióxido de enxofre.

Pb: Chumbo.

Parâmetros auxiliares:

PTS: Poeira total em suspensão.

FMC: Fumaça.

Saúde

Os efeitos à saúde dependem do tipo de poluente, do nível dele na atmosfera e do tempo de exposição. Na tabela a seguir estão apresentados os efeitos à saúde relacionados à classificação da qualidade do ar, expressa como um índice, para exposição de curto prazo. A qualificação da qualidade do ar está vinculada à norma legal (Resolução CONAMA nº 491/2018) e independe do padrão de qualidade/meta intermediária em vigor, visto que está associada aos efeitos à saúde humana.

Classificação da qualidade do ar e efeitos à saúde – Exposição de curto prazo		
Qualidade	Índice	Significado
N1 - BOA	0 - 40	
N2 – MODERADA	41-80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 – RUIM	81-120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 – MUITO RUIM	121-200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 – PÉSSIMA	>200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

De maneira geral, exposições de curto prazo a elevados níveis de poluição são responsáveis por efeitos agudos à saúde, ao passo que exposições de longo prazo, mesmo a níveis menores, estão associadas a efeitos crônicos. A exposição de longo prazo será avaliada a partir da comparação com os padrões anuais de qualidade do ar, vigentes em 2021.

Redes de Medição da Qualidade do Ar

Rede - Refere-se ao conjunto de equipamentos de medição de qualidade do ar colocados em várias cidades e em locais específicos. Cumprem atingir principalmente dois objetivos. Um deles é verificar as concentrações de poluentes que a população respira. O outro é permitir a análise dos dados históricos, obtidos ao longo dos anos, de modo a orientar as ações de controle. São gerados mensalmente cerca de 500.000 dados nas diferentes redes existentes. Um exemplo de estações automática e manual pode ser visto abaixo.



Medição de Poluentes - Cada poluente é monitorado por equipamento específico. Na REDE AUTOMÁTICA, o ar é amostrado, analisado e os dados são enviados à central localizada na sede da CETESB o que permite divulgação, em tempo real, à população. Há também estações que possuem equipamentos que coletam amostras que são enviadas ao laboratório da CETESB para análise e constituem a denominada REDE MANUAL.

Meteorologia - Faz parte da rede a obtenção de dados meteorológicos, visto que a concentração dos poluentes é afetada não só pelos poluentes ali lançados, mas também pelo grau de dispersão das substâncias liberadas ao ambiente, destacando-se como agentes importantes os ventos, a chuva e a inversão térmica de baixa altitude.

População Atendida - Cidades populosas ou de alta industrialização são prioritariamente monitoradas, pois a qualidade do ar é verificada nos locais onde há emissões mais elevadas, sejam veiculares ou industriais. Redes de monitoramento manuais ou automáticas requerem recursos expressivos, tanto na aquisição dos equipamentos como na sua operação.

Cidades monitoradas pela CETESB	Número de estações (manuais e automáticas)	População atendida	% do Estado
42	85	27,6 milhões	59%

Fonte: IBGE - Estimativa de população em 01/07/21

Condições Meteorológicas

O ano de 2021 foi muito seco, pois, com exceção do mês de outubro, nos demais meses as precipitações ficaram abaixo das respectivas médias climatológicas na maioria das regiões do estado de São Paulo.

O período de maio a setembro é, geralmente, o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo. Em 2021, houve 32 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes, correspondendo a 21% do período, ficando na média dos últimos dez anos. Nesse período, além do total mensal de chuvas ter ficado abaixo das médias mensais, essas chuvas se concentraram em poucos dias, com exceção do mês de junho. Destaca-se a ocorrência de eventos de focos de queimada e de ressuspensão de poeira do solo ocasionados por fortes ventos, em diversas localidades do interior paulista, principalmente nos meses de agosto e setembro. Essas condições influenciaram o comportamento dos poluentes primários, principalmente o material particulado.

O ozônio apresenta, ao longo do ano, uma distribuição de episódios totalmente distinta dos poluentes primários, uma vez que é formado na atmosfera por meio de reações fotoquímicas que dependem da incidência de radiação solar, dentre outros fatores. De maneira geral, no estado de São Paulo, as maiores concentrações de ozônio são observadas no período de primavera e verão. Em 2021, houve vários dias com condições meteorológicas propícias à formação desse poluente, sendo que as maiores ocorrências de ultrapassagens do padrão se deram nos meses de março, agosto, setembro e novembro, não sendo observadas ultrapassagens em janeiro, abril, maio, junho e julho. Essas ocorrências de maior concentração de ozônio estiveram associadas principalmente a dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar. Destaca-se o mês de setembro, com 18 dias propícios à formação de altas concentrações de ozônio, em diversas localidades no estado, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), em razão das altas temperaturas registradas.

Dados de Qualidade do Ar

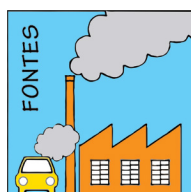
Inicialmente são apresentadas as características próprias do poluente. Em seguida, apresentam-se as tabelas com a “Distribuição Percentual da Qualidade do Ar” que são obtidas a partir dos valores diários de curto prazo. Juntamente, para os poluentes com padrões de longo prazo, são apresentadas as médias de concentração anuais. Os valores das faixas de concentração e as respectivas qualidades são sempre apresentados no topo das tabelas. Para os dados gerados na rede automática, que são contínuos, são apresentadas as distribuições das qualidades associadas aos efeitos à saúde, para os valores de curto prazo. No caso de longo prazo, são comparados com os padrões anuais. Já para os dados gerados em equipamentos manuais, como as amostragens são feitas a cada 6 dias, durante 24h, eles são comparados com os padrões anuais.

Os dados gerados em cada estação da RMSP são apresentados individualmente e também de forma global, uma vez que, devido à dimensão e complexidade da Região, há que se considerar o comportamento da poluição na RMSP como um todo, apesar de as estações estarem alocadas em locais com diferentes características de uso e ocupação do solo.

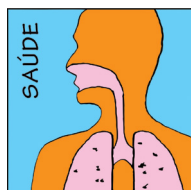
Ozônio O₃



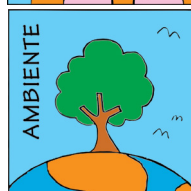
É um gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais. É o principal componente de um conjunto de poluentes que compõem a névoa fotoquímica, também chamados de oxidantes fotoquímicos.



O ozônio não é emitido por nenhuma fonte de poluição do ar. Ele se forma na atmosfera sob a ação da radiação solar incidente em poluentes emitidos principalmente na queima de combustíveis, tanto pelas indústrias como pelos veículos. Por não ser de emissão direta, é chamado de poluente secundário, e por ser formado necessariamente na presença de luz, é chamado de fotoquímico. Os componentes responsáveis por essa formação são os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis.



Em concentrações elevadas o ozônio provoca problemas respiratórios, acentuando as crises de asma, diminuição das funções pulmonares ou mesmo causando o surgimento de problemas respiratórios.



Reduz o rendimento de culturas agrícolas por interferir na fotossíntese. Degrada materiais de construção, agride borrachas.

Historicamente as concentrações mais elevadas ocorrem com maior frequência no período de primavera/verão, época em que a incidência da radiação solar é mais intensa e as temperaturas são mais elevadas. A apresentação dos dados é feita em percentagem de dias em que a concentração observada se situa em uma das faixas de classificação associadas aos efeitos sobre a saúde.

Ozônio (O ₃) - 2021						
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar					NU
	(Máxima média móvel de 8h)					
	Boa 0 - 100 µg/m ³	Moderada >100 - 130 µg/m ³	Ruim >130 - 160 µg/m ³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m ³	Péssima >200 µg/m ³	
RMSP	86,20%	11,16%	2,22%	0,42%		41
Capão Redondo	94,5%	5,5%				0
Carapicuíba	95,1%	4,7%	0,3%			0
Cid. Universitária-USP-Ipen	67,0%	20,6%	9,1%	3,2%		29
Diadema	90,8%	8,0%	0,6%			1
Grajaú-Parelheiros	96,4%	3,6%				0
Guarulhos-Paço Municipal	88,5%	10,7%	0,8%			0
Guarulhos-Pimentas	90,4%	8,8%	0,8%			0
Ibirapuera	78,7%	16,2%	4,8%	0,3%		11
Interlagos	84,0%	14,1%	1,8%			4
Itaim Paulista	90,1%	9,3%	0,5%			1
Itaquera	75,7%	19,1%	5,1%			3
Mauá	94,4%	4,8%	0,8%			1
Mooca	87,0%	12,2%	1,4%			2
Nossa Senhora do Ó	86,8%	12,3%	0,9%			0
Parque D. Pedro II	89,0%	10,3%	1,4%			2
Perus	74,7%	15,6%	7,4%	2,4%		18
Pico do Jaraguá	75,6%	14,8%	7,2%	2,4%		22
Pinheiros	93,4%	5,8%	0,8%			0
S. André-Capuava	90,8%	8,9%	0,3%			0
S. Bernardo-Centro	83,0%	15,1%	2,5%			5
Santana	87,2%	12,3%	0,6%			2
Santo Amaro	96,3%	2,8%	0,9%			0
São Caetano do Sul	90,9%	8,3%	0,9%			0

NU – Número de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 140 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Ozônio (O ₃) - 2021							
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar					NU
		(Máxima média móvel de 8h)					
		Boa 0 - 100 µg/m ³	Moderada >100 - 130 µg/m ³	Ruim >130 - 160 µg/m ³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m ³	Péssima >200 µg/m ³	
Litoral	Cubatão-Centro	96,7%	3,0%		0,3%		1
	Cubatão-Vale do Mogi	100,0%					0
	Santos	96,2%	3,0%	0,8%			0
	Santos-Ponta da Praia	99,7%	0,3%				0
	São Sebastião	99,3%	0,7%				0
Interior do Estado	Americana	72,4%	22,4%	4,7%	0,6%		6
	Araçatuba	98,7%	1,3%				0
	Araraquara	78,7%	17,2%	3,0%	0,6%		6
	Bauru	98,1%	1,9%				0
	Campinas-Taquaral	80,6%	15,2%	3,9%	0,3%		4
	Campinas-V.União	98,0%	2,3%	0,3%			0
	Catanduva	90,9%	7,7%	1,4%			0
	Guaratinguetá	98,0%	2,0%				0
	Jacarei	97,0%	3,2%	0,4%			0
	Jaú	98,7%	1,3%				0
	Jundiá	80,3%	17,0%	3,3%			6
	Limeira	86,2%	12,1%	1,7%			1
	Marília	92,2%	6,0%	1,8%			1
	Paulínia	88,9%	9,1%	2,0%			3
	Paulínia-Sta Terezinha	84,6%	13,2%	2,2%			2
	Piracicaba	91,0%	9,3%	0,3%			0
	Presidente Prudente	93,4%	5,5%	1,1%			1
	Ribeirão Preto	79,4%	16,8%	3,8%			3
	Rio Claro-Jd.Guanabara	88,4%	10,5%	1,1%			0
	S.José Campos	93,6%	6,4%				0
	S.José Campos-Jd.Satélite	95,1%	4,9%				0
	São José do Rio Preto	100,0%					0
	Sorocaba	97,7%	2,0%	0,3%			0
	Tatuí	91,5%	7,7%	0,8%			1
	Taubaté	96,0%	4,0%				0

NU – Número de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 140 µg/m³.

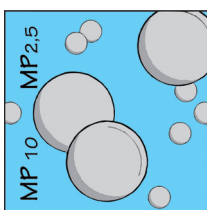
Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

O monitoramento de ozônio foi realizado em 53 estações automáticas sendo 23 na RMSP e 30 no interior/litoral. A referência para o ozônio é a máxima média de 8 horas ocorrida em um dia. Considera-se apenas as estações com dados representativos. A qualidade "RUIM" foi atingida em 67% das estações do interior/litoral em contraposição aos 100% da RMSP. A qualidade "MUITO RUIM" foi atingida em 21% das estações na RMSP e em 17% no interior/litoral. Quanto ao PQAr, destaca-se a estação alocada na Cidade Universitária, com 29 dias com ultrapassagem, enquanto nas estações do interior, o maior número de eventos foi de seis dias, em Americana, Araraquara e em Jundiaí. Verifica-se assim que o ozônio é bem mais presente na RMSP, quando se compara com o interior/litoral. A RMSP apresenta um alto potencial de formação de ozônio, uma vez que há grande emissão de seus precursores, principalmente de origem veicular. Em 2021, ocorreram 41 dias de ultrapassagem de padrão na RMSP, frente a 52 dias em 2020. No entanto, não há uma tendência de comportamento definida no caso desse poluente.

Material Particulado – MP



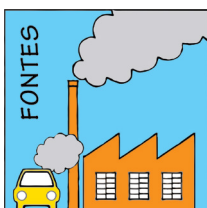
Constituído de pequenas partículas, sólidas ou líquidas, que pelo seu pequeno tamanho se mantêm suspensas na atmosfera. Não possui característica química única, mas a sua composição é definida pelas fontes de emissão. A agressividade à saúde se dá não apenas pela toxicidade de alguns de seus componentes, mas também está associada ao tamanho das partículas.



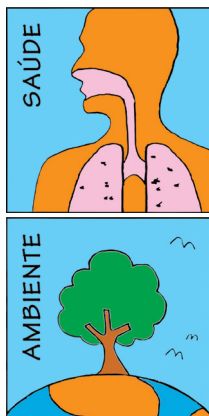
Dada a importância do tamanho da partícula na agressividade à saúde, as concentrações são medidas em vários tamanhos, destacando-se o MP_{10} e o $MP_{2,5}$.

$MP_{2,5}$ Partículas com diâmetros inferiores a 2,5 μm . Penetram profundamente no aparelho respiratório atingindo os alvéolos.

MP_{10} Partículas com diâmetro inferior a 10 μm , portanto, também englobam as com diâmetros inferiores a 2,5 μm . As de tamanho compreendido entre 2,5 e 10 μm penetram no trato respiratório e parcela delas é retida nas vias aéreas superiores



Processos de combustão de veículos, principalmente os movidos a diesel, processos industriais, solo ressuspenso, além de partículas que se formam na atmosfera pela reação de gases, (partículas ou aerossóis secundários).



Irritação e alteração da função respiratória. A exposição crônica a elevadas concentrações é associada a um aumento de mortalidade, devido ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias.

Provocam a sujidade em residências, edifícios e monumentos de arte alocados em praças e jardins, causando, além da deterioração do patrimônio cultural, danos à vegetação e redução da visibilidade. Além disso, ao se depositarem, podem contaminar as águas e o solo.

Resultados MP₁₀

São estabelecidos dois padrões, um de curto prazo, que se refere às médias de 24 horas, e um segundo, de longo prazo, indicando a exposição no período de um ano. O comportamento em relação a esses dois padrões e a distribuição da qualidade são apresentados nos quadros a seguir.

Rede Automática

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2021							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m³)
	(média de 24h)						
	Boa 0 - 50 µg/m³	Moderada >50 - 100 µg/m³	Ruim >100 - 150 µg/m³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m³	Péssima >250 µg/m³		
RMSP	90,60%	8,94%	0,41%	0,06%		4	27
Capão Redondo	93,0%	6,1%	0,9%			1	23
Carapicuíba	90,4%	8,7%	0,8%			0	26
Cerqueira César	93,1%	6,9%				0	25
Congonhas	91,7%	8,3%				0	28
Diadema	96,5%	3,5%				0	23
Grajaú-Parelheiros	88,0%	10,9%	0,6%			0	28
Guarulhos-Paço Municipal	90,1%	9,9%				0	26
Guarulhos-Pimentas	86,9%	12,8%	0,3%			0	30
Interlagos	94,5%	5,5%				0	22
Itaim Paulista	87,0%	12,7%	0,3%			0	29
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	87,8%	11,0%	1,2%			2	30
Mauá	76,9%	23,1%				0	38
Nossa Senhora do Ó	92,1%	7,9%				0	26
Osasco	84,5%	13,0%	1,7%	0,8%		4	37
Parque D.Pedro II	85,8%	13,0%	0,6%			0	29
Perus	90,0%	10,0%	0,4%	0,4%		2	30
Pinheiros	90,8%	8,0%	0,7%			0	26
S.André-Capuava	90,9%	9,1%				0	28
S.Bernardo-Paulicéia	93,5%	6,5%				0	24
Santo Amaro	95,1%	4,6%	0,3%			0	21
São Caetano do Sul	91,4%	8,6%				0	27
Taboão da Serra	89,1%	10,0%	0,9%			0	28

(1) PQAr anual = 40 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 120 µg/m³. No valor totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2021								
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m³)
		(média de 24h)						
		Boa 0 - 50 µg/m³	Moderada >50 - 100 µg/m³	Ruim >100 - 150 µg/m³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m³	Péssima >250 µg/m³		
Litoral	Cubatão-Centro	98,4%	1,6%				0	23
	Cubatão-Vale do Mogi	90,6%	9,1%		0,3%		1	31
	Cubatão-Vila Parisi	39,6%	46,1%	11,2%	3,1%		31	65
	Santos	100,0%					0	20
	Santos-Ponta da Praia	94,9%	5,1%				0	25
	São Sebastião	100,0%					0	17
Interior do Estado	Americana	82,8%	16,1%	1,1%			0	32
	Araçatuba	85,1%	14,3%	0,6%			0	29
	Araraquara	84,5%	13,6%	1,0%	0,3%		2	32
	Bauru	88,4%	11,6%				0	27
	Campinas-Centro	98,6%	1,4%				0	25
	Campinas-Taquaral	96,5%	3,5%				0	22
	Catanduva	74,8%	21,6%	3,3%	0,3%		3	37
	Guaratinguetá	100,0%					0	15
	Jacareí	98,7%	1,3%				0	18
	Jaú	93,2%	7,0%	0,3%			0	25
	Jundiaí	95,8%	4,2%				0	23
	Limeira	80,9%	18,0%	0,9%	0,3%		2	35
	Marília	94,1%	5,9%				0	22
	Paulínia	86,6%	13,2%	0,3%			0	31
	Paulínia-Sta Terezinha	96,8%	3,2%				0	29
	Piracicaba	83,8%	15,1%	1,1%			1	34
	Presidente Prudente	100,0%					0	16
	Ribeirão Preto	75,5%	17,3%	4,3%	2,9%		15	39
	Rio Claro-Jd. Guanabara	71,1%	25,0%	3,6%	0,3%		2	42
	S. José Campos	98,9%	1,1%				0	21
	S. José Campos-Jd. Satélite	97,0%	3,0%				0	23
	Santa Gertrudes	57,3%	36,0%	6,3%	0,9%		13	52
	São José do Rio Preto	78,5%	20,0%	1,5%			2	34
	Sorocaba	95,9%	4,1%				0	21
	Tatui	94,0%	4,8%	0,6%			0	20
	Taubaté	98,1%	1,9%				0	20

(1) PQAr anual = 40 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 120 µg/m³. No valor totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Rede Manual

São apresentados os dados de concentração média anual e as quatro primeiras máximas do ano.

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2021								
Estação		N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)			
					1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Interior do Estado	Cordeirópolis - Módolo	46	43	S	120	90	88	85
	Santa Gertrudes - Jd. Luciana	45	60	S	147	133	129	119
	Guarujá - Vicente de Carvalho	40	35	S	153	107	97	75
	Franca - Cidade Nova	47	30	S	211	137	76	75
	Jaboticabal - Jd. Kennedy	21	30	N	76	55	54	48

(1) PQAr anual = 40 µg/m³. Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

N = Número de dias de amostragens válidas

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não)

Cor cinza claro indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Considerando os dados de MP_{10} de ambas as redes, com representatividade anual, observa-se uma preponderância de violações aos padrões nas cidades do interior, tanto os índices diários como o padrão anual. Assim, na RMSP, das 21 estações de monitoramento, 4 não respeitaram o valor do padrão diário ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Já no litoral, 3 dentre 5 estações, e no interior, 10 dentre 27, violaram o padrão diário. Situação similar é verificada em relação ao padrão anual. Das 21 estações da RMSP, observa-se que o padrão anual vigente ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi atendido em todas. Em contraposição, no interior/litoral, o padrão anual foi desobedecido em 5 estações, principalmente em áreas com maior atividade industrial.

A média de MP_{10} na RMSP em 2021 foi de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, igual à observada em 2020.

Em 2021, destaca-se a ocorrência de 79 dias de altas das concentrações de material particulado (qualidade do ar RUIM ou MUITO RUIM) no estado. Esses dias ocorreram principalmente nos meses do inverno, em razão das condições meteorológicas de estabilidade atmosférica, com condições que propiciaram a ocorrência de focos de queimadas. Além disso, dias com ocorrências de ventos fortes, principalmente em algumas localidades do interior do estado, provocaram ressuspensão de poeira do solo, atingindo as qualidades RUIM e MUITO RUIM pelo MP_{10} e $MP_{2,5}$.

Resultados $MP_{2,5}$

Rede Automática

Os dados de $MP_{2,5}$ obtidos na rede automática são apresentados de maneira similar aos demais poluentes.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2021							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m³)
	(média de 24h)						
	Boa 0 - 25 µg/m³	Moderada >25 - 50 µg/m³	Ruim >50 - 75 µg/m³	Muito Ruim >75 - 125 µg/m³	Péssima >125 µg/m³		
RMSP	86,75%	12,32%	0,82%	0,09%	0,02%	9	16
Cid.Universitária-USP-Ipen	88,5%	10,0%	0,9%			1	14
Congonhas	86,7%	13,3%				0	17
Grajaú-Parelheiros	87,0%	12,0%	0,9%			0	14
Guarulhos-Paço Municipal	87,2%	12,8%				0	16
Guarulhos-Pimentas	84,6%	14,5%	0,9%			1	16
Ibirapuera	89,2%	10,8%				0	16
Itaim Paulista	85,3%	13,9%	0,9%			0	16
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	82,0%	12,8%	4,0%	0,6%		4	19
Mauá	88,9%	11,1%				0	14
Mooca	89,9%	10,1%				0	15
Osasco	77,3%	18,3%	3,6%	0,8%		8	21
Parque D.Pedro II	83,9%	15,4%	0,6%			0	17
Perus	87,9%	10,9%	0,8%		0,4%	2	16
Pico do Jaraguá	98,0%	2,0%				0	11
Pinheiros	80,0%	18,4%	1,6%			0	17
S.Bernardo-Centro	91,5%	8,5%				0	14
Santana	84,2%	15,2%	0,6%			0	17
São Caetano do Sul	87,8%	12,2%				0	15

(1) PQAr anual = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No valor totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2021								
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
		Boa 0 - 25 µg/m ³	Moderada >25 - 50 µg/m ³	Ruim >50 - 75 µg/m ³	Muito Ruim >75 - 125 µg/m ³	Péssima >125 µg/m ³		
Interior e Litoral do Estado	Campinas-V. União	85,8%	14,2%				0	16
	Guaratinguetá	96,0%	4,0%				0	12
	Jundiaí	92,7%	7,0%	0,3%			0	13
	Limeira	96,4%	3,6%				0	11
	Paulínia-Sta Terezinha	79,1%	21,0%	0,4%			0	19
	Piracicaba	91,8%	7,9%	0,3%			0	13
	Ribeirão Preto	76,0%	17,0%	4,3%	3,2%		16	21
	Rio Claro-Jd. Guanabara	79,2%	20,1%	0,6%			0	17
	S. José Campos-Jd. Satélite	100,0%					0	8
	Santa Gertrudes	78,0%	19,8%	1,7%			1	18
	Santos-Ponta da Praia	96,3%	3,7%				0	12
	São José do Rio Preto	86,8%	12,8%		0,4%		1	16
	São Sebastião	100,0%					0	6
	Taubaté	98,1%	1,9%				0	11

(1) PQAr = 20 µg/m³. Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 60 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Rede Manual

A obtenção de dados pela rede manual é efetuada a cada seis dias. Estes possuem aderência estatística principalmente para a verificação das médias anuais e comparação com o respectivo padrão.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2021								
Estação		N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)			
					1ª	2ª	3ª	4ª
RMSP	Cerqueira César	56	13	S	35	33	30	30
	Santo Amaro	51	12	S	46	43	38	28
	Santo André - Capuava	56	14	S	39	39	96	34

(1) PQAr anual = 20 µg/m³

N = Número de dias de amostragens válidas

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não)

Na RMSP, com 21 estações, foram observadas violações de padrão diário (60 µg/m³) em cinco delas. No interior, das 11 estações com dados representativos, observou-se descumprimento do padrão diário em duas delas. Infere-se disso que as poeiras mais finas são mais presentes na RMSP, em contraposição às poeiras mais grossas, ressaltadas na análise do MP₁₀.

Em relação ao padrão anual, apenas uma estação na RMSP e uma no litoral/interior tiveram o padrão anual (20 µg/m³) ultrapassados.

Além das condições meteorológicas já relatadas no item do MP₁₀, associadas aos valores mais elevados de material particulado, destaca-se a ocorrência de um incêndio de grandes proporções que atingiu o Parque do Juquery, localizado na RMSP, ocasionando qualidade PÉSSIMA, em 23/08/2021, na estação de Perus.

Resultados Fumaça

Parâmetro auxiliar. Um bom indicador dos processos de combustão na composição da poluição atmosférica. Medido uma vez a cada 6 dias.

FUMAÇA - 2021								
Estação		N	Média Anual ⁽¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Repres.	Máximas 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
					1ª	2ª	3ª	4ª
RMSP	Campos Elíseos	51	17	S	50	46	44	44
	Cerqueira César	53	13	S	47	43	33	30
	Ibirapuera	46	9	S	35	35	31	21
	Pinheiros	56	12	S	76	39	39	37
	Tatuapé	53	14	S	55	40	37	37
Interior do Estado	Jundiaí	34	13	N	32	26	25	23
	Salto	36	12	N	28	23	21	20
	Itú	40	7	S	18	45	13	12
	Sorocaba	26	11	N	21	19	18	18

(1) PQAr anual = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

N = Número de dias de amostragens válidas

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não)

Cor cinza claro indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Em 2021, não houve ultrapassagem do padrão anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nem do padrão diário ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nas estações da RMSP e do interior.

Resultados de Partículas Totais em Suspensão

A PTS expressa as medições do conjunto das partículas que se mantêm suspensas na atmosfera, desde as menores que $10 \mu\text{m}$ (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$) até as com cerca de $50 \mu\text{m}$. Embora uma parte dessas partículas seja inalável, elas são medidas principalmente para se avaliar o grau de sujeidade presente em áreas específicas.

Partículas Totais em Suspensão (PTS) - 2021								
Estação		N	Média Anual ⁽¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Repres.	Máximas 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
					1ª	2ª	3ª	4ª
RMSP	Cerqueira César	38	40	S	103	94	94	86
	Osasco	39	71	S	216	186	145	140
	Pinheiros	33	39	N	135	103	91	84
	Santo Amaro	37	33	S	119	93	87	85
	Santo André - Capuava	39	38	S	94	90	75	72
	São Bernardo do Campo	37	40	S	126	99	86	83
LITORAL	Cubatão - Vila Parisi	30	147	N	506	497	355	308

(1) PQAr anual = $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média geométrica).

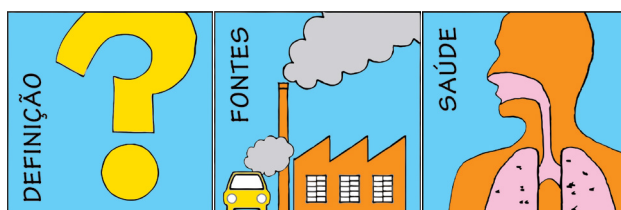
N = Número de dias de amostragens válidas

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não)

Cor cinza claro indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Em 2021, o monitoramento de PTS foi realizado em 7 estações manuais, e houve representatividade de dados em cinco delas. Na RMSP não foram observadas ultrapassagens do padrão anual, nem do padrão diário. Na estação de Cubatão-Vila Parisi, mesmo não atendendo ao critério de representatividade anual dos dados, foram observadas ultrapassagens do PQAr diário de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Monóxido de Carbono - CO



É um gás incolor e inodoro. Emitido em processos de combustão. Os veículos são responsáveis por 95% das emissões na RMSP. Combina com a hemoglobina do sangue dificultando o transporte de oxigênio.

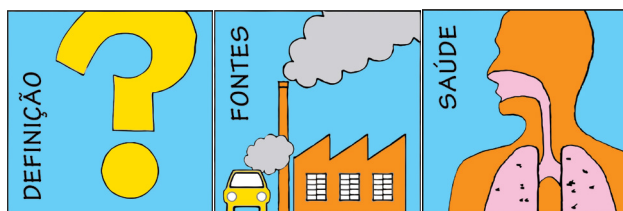
Monóxido de Carbono (CO) - 2021						
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar (máxima média móvel de 8h)				
		Boa 0 - 9 ppm	Moderada >9 - 11 ppm	Ruim >11 - 13 ppm	Muito Ruim >13 - 15 ppm	Péssima >15 ppm
RMSP	Carapicuíba	100%				0
	Cerqueira César	100%				0
	Congonhas	100%				0
	Grajaú-Parelheiros	100%				0
	Guarulhos-Pimentas	100%				0
	Ibirapuera	100%				0
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100%				0
	Mooca	100%				0
	Osasco	100%				0
	Parque D. Pedro II	100%				0
	Pinheiros	100%				0
	S. Bernardo-Centro	100%				0
	Santo Amaro	100%				0
	São Caetano do Sul	100%				0
	Taboão da Serra	100%				0
Interior do Estado	Campinas-Centro	100%				0
	Ribeirão Preto	100%				0
	S. José Campos-Jd. Satélite	100%				0

NU – Números de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 9 ppm.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

No passado o poluente CO foi um grande problema, provocando inclusive a adoção de rodízio ambiental na RMSP. Desde 2008 os resultados obtidos nas estações medidoras respeitam os padrões de qualidade do ar (9 ppm). As concentrações desse poluente sofreram redução gradual ao longo do tempo devido à diminuição das emissões dos veículos leves novos, que incorporaram avançada tecnologia de controle de emissões, associada à renovação da frota existente.

Dióxido de Enxofre - SO₂



É um gás incolor, resultante principalmente da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. É agressivo ao trato respiratório. É precursor da chuva ácida e, reagindo com outros compostos na atmosfera, transforma-se no material particulado na forma de sulfato.

Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2021								
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
		Boa 0 - 20 µg/m ³	Moderada >20 - 40 µg/m ³	Ruim >40 - 365 µg/m ³	Muito Ruim >365 - 800 µg/m ³	Péssima >800 µg/m ³		
RMSP	Cerqueira César	100,0%					0	2
	Congonhas	100,0%					0	2
	Guarulhos-Pimentas	100,0%					0	2
	Interlagos	100,0%					0	2
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100,0%					0	2
	Osasco	100,0%					0	2
	S.André-Capuava	100,0%					0	3
	São Caetano do Sul	100,0%					0	2
Interior e Litoral do Estado	Cubatão-Centro	97,5%	2,5%				0	6
	Cubatão-Vale do Mogi	99,4%	0,3%	0,3%			1	7
	Cubatão-Vila Parisi	96,4%	3,2%	0,3%			0	5
	Paulínia	100,0%					0	3
	Paulínia-Sta Terezinha	99,4%	0,6%				0	5
	S.José Campos	100,0%					0	2
	Santos-Ponta da Praia	100,0%					0	2

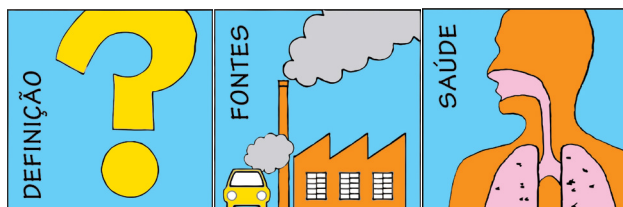
(1) PQAr anual = 40 µg/m³

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas – 60 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Poluente que também no passado foi de grande preocupação, as concentrações sofreram redução sensível ao longo dos anos, como resultado, principalmente, da redução do teor de enxofre nos combustíveis fósseis, tanto industrial como automotivo. A maioria dos valores obtidos está abaixo dos padrões de qualidade do ar, tanto de curto prazo quanto de longo prazo. Em destaque, a violação do padrão diário (60 µg/m³) na região industrial de Cubatão Vila Parisi. No entanto, o padrão anual (40 µg/m³) está sendo respeitado em todas as estações medidoras.

Dióxido de Nitrogênio - NO₂



Os óxidos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) são lançados na atmosfera por qualquer processo de combustão, destacando-se os veículos pesados como principal fonte nas áreas urbanas. O NO_2 é monitorado, pois afeta a saúde, provocando irritação no sistema respiratório. Sob a ação da radiação solar, participa na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. É precursor da chuva ácida. Forma material particulado na atmosfera, na forma de nitratos.

Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) - 2021							
Estação		Distribuição percentual da qualidade do ar (máxima média de 1h)					Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
		Boa 0 - 200 µg/m ³	Moderada >200 - 240 µg/m ³	Ruim >240 - 320 µg/m ³	Muito Ruim >320 - 1130 µg/m ³	Péssima >1130 µg/m ³	
RMSP	Cerqueira César	100,0%					33
	Congonhas	99,4%	0,6%				62
	Guarulhos-Pimentas	100,0%					23
	Ibirapuera	100,0%					24
	Interlagos	100,0%					19
	Itaim Paulista	100,0%					20
	Marg. Tietê-Ponte dos Remédios	100,0%					49
	Osasco	99,7%	0,3%				46
	Parque D. Pedro II	100,0%					36
	Pico do Jaraguá	100,0%					15
	Pinheiros	100,0%					32
	S. André-Capuava	100,0%					26
	S. Bernardo-Centro	100,0%					23
Interior e Litoral do Estado	São Caetano do Sul	99,7%	0,3%				27
	Araraquara	100,0%					15
	Bauru	100,0%					15
	Campinas-Taquaral	100,0%					14
	Catanduva	100,0%					14
	Cubatão-Centro	100,0%					32
	Cubatão-Vale do Mogi	100,0%					32
	Cubatão-Vila Parisi	100,0%					46
	Guaratinguetá	100,0%					12
	Jacaré	100,0%					10
	Jaú	100,0%					13
	Jundiaí	100,0%					23
	Limeira	100,0%					21
	Marília	100,0%					9
	Paulínia	100,0%					18
	Paulínia-Sta Terezinha	100,0%					19
	Piracicaba	100,0%					17
	Presidente Prudente	100,0%					10
	Ribeirão Preto	100,0%					8
	S. José Campos	100,0%					19
	S. José Campos-Jd. Satélite	100,0%					19
	Santa Gertrudes	100,0%					35
	Santos-Ponta da Praia	100,0%					25
	São José do Rio Preto	100,0%					12
	Sorocaba	100,0%					16
	Tatui	100,0%					7
	Taubaté	100,0%					14

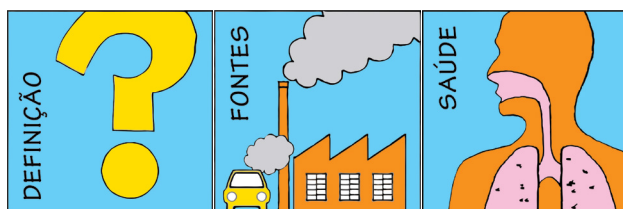
(1) PQAr anual = 60 µg/m³

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 1 hora – 260 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Não houve ultrapassagem do padrão horário ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sendo o padrão anual ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) excedido em um único local, em Congonhas na RMSP. De maneira geral, na RMSP, observam-se níveis maiores nas estações próximas de vias de tráfego do que nas estações mais distantes. Nas estações do interior do estado, as concentrações médias anuais têm sido semelhantes nos últimos anos.

Compostos de Enxofre Reduzido Total (ERT)



Os compostos de enxofre reduzido mais frequentes e abundantes são sulfeto de hidrogênio (H_2S) e sulfetos orgânicos. São emitidos por processos industriais diretamente para a atmosfera, e também resultado da degradação anaeróbica de matéria orgânica em corpos hídricos poluídos. Esses compostos se caracterizam pela sensação de odor desagradável, mesmo em baixa concentração. Podem assim ocasionar incômodos à população. São medidos como Enxofre Reduzido Total (ERT).

No Brasil não há padrão de qualidade do ar para ERT, mas relata-se o limite de percepção de odor para H_2S de 5 ppb.

Enxofre Reduzido Total (ERT) - 2021								
Estação		Faixa de concentração (média horária)					Nh	Repr.
		< 5 ppb	>5 – 30 ppb	>30 – 100 ppb	>100 – 200 ppb	>200 ppb		
RMSP	Marginal Tietê-Ponte dos Remédios	95,07%	4,67%	0,26%			2290	N
Interior	Americana	89,19%	9,44%	1,29%	0,08%		7678	S

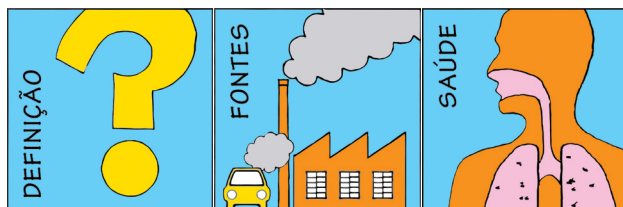
Nh = Número de medidas horárias válidas

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual

Verifica-se que a maior parte do tempo as concentrações estão abaixo de 5 ppb. Na faixa de 5 a 30 ppb é notável a persistência do componente, e ainda valores acima de 30 e de 100 ppb foram verificados.

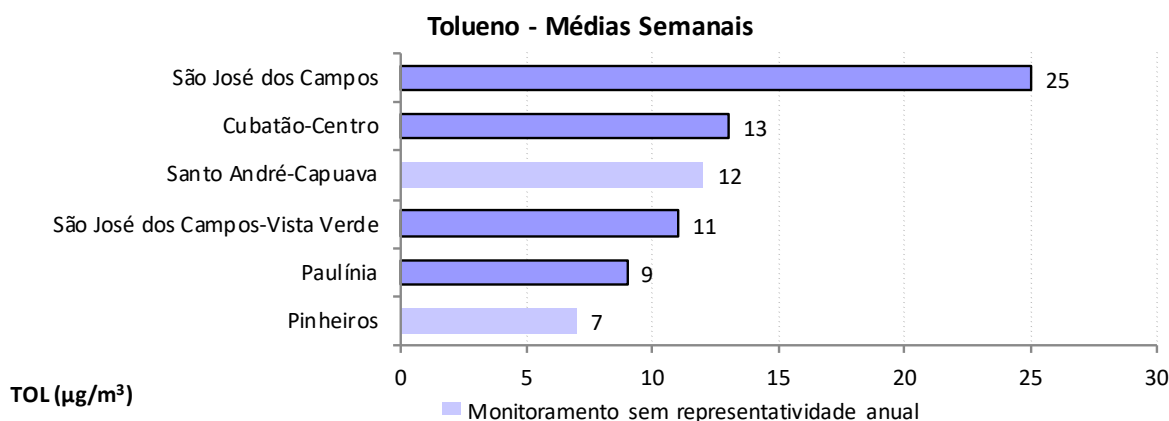
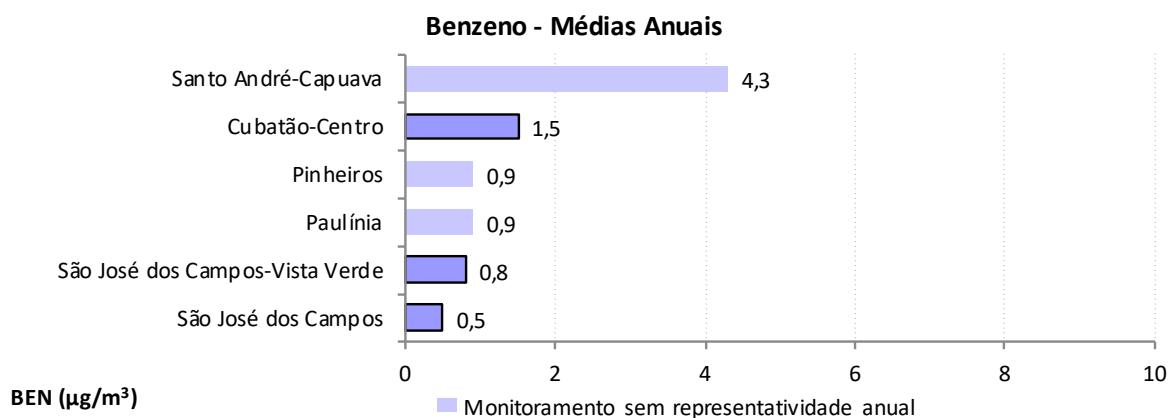
Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Benzeno e Tolueno



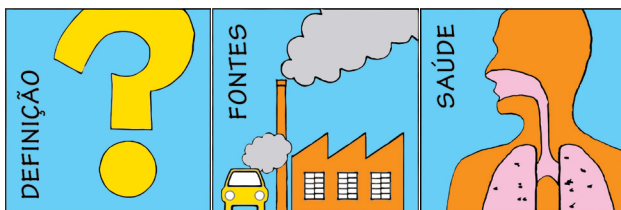
O benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis classificados como perigosos, sendo as principais fontes de emissão os veículos a gasolina, quer pela emissão pelo escapamento, quer pela evaporação em diferentes partes do veículo e, de maneira indireta, pelos processos de distribuição de combustível. São emitidos também por instalações industriais, como refinarias de petróleo e instalações de armazenamento da indústria petroquímica.

O Brasil não possui padrão de qualidade do ar para esses poluentes. A União Europeia adota o valor de referência para o benzeno de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média aritmética anual, enquanto a OMS indica o valor-guia de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de tolueno, média semanal, para a proteção à saúde da população.



No caso do benzeno não houve ultrapassagem do valor de referência adotado pela União Europeia ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média anual). Quanto ao tolueno, a máxima concentração média semanal ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), foi observada na estação São José dos Campos.

Aldeídos



Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por diversas fontes, das quais destacam-se os veículos automotores e processos industriais, e podem também ser formados na atmosfera por meio de reações químicas. São também precursores de ozônio. Não há padrão nacional de qualidade do ar para os aldeídos.

Aldeídos - 2021							
Estação Santo André-Capuava (RMSP)	N	Média Anual (ppb)	Repres.	Máximas 24 h (ppb)			
				1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Acetaldeído	40	2	S	5	5	4	4
Formaldeído	40	3	S	6	6	6	6

N = Número de dias de amostragens válidas

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não)

Comentários Finais

Uma vez apresentado o comportamento individual dos poluentes, é importante uma síntese do que foi observado em termos de poluição do ar no estado de São Paulo.

1 - Os poluentes gasosos primários SO_2 , NO_2 e CO encontram-se, no geral, dentro dos padrões exigidos por lei.

- **CO** - desde 2008 obedece a valores menores que os estabelecidos como Padrão Final. Por ser um poluente majoritariamente emitido por veículos leves, nos quais se utiliza avançada tecnologia de controle, é um poluente para o qual a maior preocupação é manterem-se os baixos níveis já alcançados.

- **SO₂** - ainda merece atenção em áreas específicas, nomeadamente Cubatão, ou seja, em áreas industriais. As reduções do teor de enxofre nos combustíveis, e forte redução no próprio óleo diesel e na gasolina, apontam o caminho seguido e mantido.

- **NO₂** - embora apresente níveis dentro dos padrões vigentes, sempre merece atenção, visto que, além de restrições em termos de saúde pública, deve ser sempre controlado por ser formador dos oxidantes fotoquímicos, tipicamente o ozônio.

2 - Ozônio - De formação secundária, é presente tanto na RMSP como no interior. Os veículos estão entre os principais responsáveis pela emissão de seus precursores, os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis (COVs). Com ocorrência menor no interior/litoral, são elevadas as concentrações na RMSP por consequência de sua grande frota. Porém, a variabilidade de ocorrência desse poluente está relacionada, sobretudo, às variações das condições meteorológicas, já que de ano para ano não costuma haver variação significativa na emissão dos precursores. É no processo de diluição e dispersão que as reações de formação do ozônio ocorrem. Por essa propriedade, a alocação de estações medidoras ocorre em locais mais distantes das fontes emissoras. Não é surpreendente que o local em que foram observadas as maiores concentrações na RMSP, em 2021, foi a Cidade Universitária, local de tráfego veicular menor, quando se compara com o tráfego de toda a região. Finalmente, há que se considerar que na formação de oxidantes fotoquímicos também ocorre a formação de material carbonáceo secundário, motivo a mais para que se controlem as emissões causadoras dessas reações.

3 - Material Particulado - Poluente de maior importância, que merece atenção em todo o mundo. No estado de São Paulo, mede-se na atmosfera material particulado em diferentes tamanhos.

As partículas totais em suspensão (PTS), com tamanho de até 50 micra, indicam o grau de sujeira da região. É um parâmetro auxiliar e somente foram observados valores elevados em Cubatão/Vila Parisi.

Os padrões de MP₁₀ (com tamanho até 10 micras) e MP_{2,5} (com tamanho até 2,5 micras) são ultrapassados em várias localidades do estado. Observação importante é a diferença de comportamento entre o MP₁₀ e o MP_{2,5} no estado. O MP₁₀ é preponderante no interior/litoral, sobretudo em áreas com maior atividade industrial. No caso do MP_{2,5}, há um comportamento mais igualitário entre a RMSP e o interior.

4 - Nota - Para as áreas em que os padrões de qualidade vigentes não são atendidos, conforme preconizado no Decreto Estadual nº 59.113/2013, está em vigor o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, composto do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE) e do Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), visando a redução das emissões dos poluentes em desconformidade e, consequentemente, o atendimento aos padrões de qualidade do ar.

1 • Introdução

O objetivo principal deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar no Estado de São Paulo a partir das redes de monitoramento da CETESB. Os resultados obtidos são apresentados com análises de tendência de comportamento para os poluentes, além de informações relativas às principais fontes de emissão nas regiões de maior interesse.

O Estado de São Paulo possui áreas com diferentes características físicas e atividades econômicas que demandam formas diferenciadas de monitoramento e controle da poluição. Desde a década de 1970, a CETESB mantém redes de monitoramento da qualidade do ar para avaliar os níveis de poluição atmosférica em diferentes escalas de abrangência. Inicialmente, o monitoramento era efetuado exclusivamente por estações manuais, as quais são utilizadas até hoje. Em 1981, foi iniciado o monitoramento automático que, além de ampliar o número de poluentes medidos, permitiu o acompanhamento dos resultados em tempo real. A expansão da rede automática, que ocorreu de maneira mais significativa a partir de 2008, levou à configuração, em 2021, de 63 estações automáticas, além de 22 manuais, totalizando 85 estações, localizadas em 42 municípios.

Em 1985, a CETESB iniciou a série de relatórios anuais “Qualidade do Ar no Estado de São Paulo”, consolidando os dados do monitoramento no Estado. Esses relatórios têm passado constantemente por modificações, incorporando dentre as melhorias seu acesso eletrônico. Ao longo dos anos, a qualidade do ar passou a ser divulgada em tempo real, inclusive com um aplicativo para fácil acesso por celular. Mais recentemente foi lançado um boletim mensal eletrônico.

Importante ressaltar, de imediato, dois fatos importantes ocorridos em 2021:

- O primeiro diz respeito à continuidade da pandemia e a consequente redução de atividades, com reflexos na redução do tráfego e influência sobre a qualidade do ar;
- O segundo, de caráter administrativo, foi a decisão do Conselho Estadual do Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2021) que tornou os padrões de qualidade do ar mais restritos, com vigência a partir de janeiro de 2022. Tal fato não atinge, portanto, as análises efetuadas neste relatório, mas já foi incorporado ao Sistema de Informações da Qualidade do Ar – QUALAR, em 2022.

2 • Parâmetros, Padrões e Índices

2.1 Poluentes

Poluente atmosférico é "qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade" (BRASIL, 2018a).

Em relação à sua origem, os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários, conforme quadro abaixo:

Poluentes Primários	Emitidos diretamente por fontes móveis ou fixas.
Poluentes Secundários	Formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários, até mesmo por componentes emitidos pela natureza.

A contaminação atmosférica se dá conforme esquema a seguir:



Uma descrição mais detalhada desse mecanismo é apresentada a seguir:

Fontes de Poluição	Fontes móveis: Todos os tipos de veículos. Sendo que as emissões são efetuadas ao longo do percurso.	Fontes fixas: • Chaminés. • Pilhas de material seco. • Vias públicas (pavimentadas ou não).
Processos Atmosféricos	Físicos: • Diluição e transporte pela ação de ventos. • Remoção pela ação das chuvas. • Deposição seca.	Químicos: • Reação direta entre poluentes. • Reações fotoquímicas (necessitam radiação solar).
Receptores	Ambientais: • Pessoas. • Fauna e Flora. • Edifícios, monumentos e obras de arte.	Monitores: Aparelhos que medem as concentrações ambientais em determinado local.

Assim, quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, medem-se os níveis de poluição dos receptores/monitores que, de alguma forma, estão associados à exposição da população. Essa concentração é o resultado final do processo de lançamento do poluente na atmosfera pelas fontes de emissão e suas interações, já na atmosfera, tanto do ponto de vista físico como químico.

Importante ressaltar que, mesmo mantidas as emissões das fontes, as concentrações atmosféricas variam muito, em razão das condições meteorológicas.

É muito grande a variedade de substâncias que pode ser encontrada na atmosfera. Assim, são adotados como critérios de medição, a importância do componente em relação aos danos à saúde, a frequência de ocorrência e a disponibilidade de equipamentos e métodos que permitam a medição na forma e periodicidade que o monitoramento requer. A CETESB monitora os poluentes que possuem a característica de indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente. A legislação deve explicitar quais limites máximos podem ser admitidos na atmosfera, os assim denominados "Padrões de Qualidade", permitindo que os órgãos de controle tenham ações efetivas. Por serem estabelecidos em lei, são denominados de "POLUENTES REGULAMENTADOS". Uma caracterização desses poluentes é apresentada na **Tabela 2.1**.

O poluente “Material Particulado” merece uma descrição pormenorizada por possuir características muito diferentes dos outros, sendo de especial importância em termos de saúde. Sob a denominação geral de Material Particulado encontra-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido ou líquido que se mantém suspensos na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho. Ao contrário dos outros poluentes, não possui característica química definida, podendo ir desde o branco gesso, um composto de cálcio, até as fumaças pretas emitidas por veículos movidos a óleo diesel, os compostos de carbono.

Tabela 2.1 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes regulamentados na atmosfera

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
PTS Partículas Totais em Suspensão	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 50 micra.	Processos industriais e veículos motorizados, poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais como pólen e aerossol marinho.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade, contaminação do solo e da água por deposição e provocam a sujidade em residências, edifícios e monumentos de arte.
MP ₁₀ Partículas Inaláveis e FMC Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos), outros processos industriais, solo ressuspensão, e aerossóis secundários (partículas que se formam na atmosfera pela reação de gases).	Irritação e alteração da função respiratória e cardiovascular. Danos à vegetação e redução de visibilidade.
MP _{2,5} Partículas Inaláveis Finas	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 2,5 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos), outros processos industriais, processos industriais, e aerossóis secundários formados na atmosfera por reação de gases.	Penetram profundamente no aparelho respiratório atingindo os alvéolos, alterando as funções respiratórias. Provocam redução de visibilidade.
SO ₂ Dióxido de Enxofre	Gás incolor, com forte odor, oxida-se a SO ₃ facilmente dando origem ao ácido sulfúrico. Reagem formando partículas como os sulfatos secundários.	Resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina.	É agressivo ao trato respiratório, sendo um dos componentes da chuva ácida. Reduz a visibilidade ao se transformar em sulfato.
CO Monóxido de Carbono	Gás incolor e inodoro e inodoro.	Resulta da queima incompleta de combustíveis, sendo a principal a queima de combustíveis automotores.	Combina com a hemoglobina do sangue dificultando o transporte do oxigênio.
O ₃ Ozônio "	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais.	Não é emitido diretamente para atmosfera. Produzido fotoquimicamente pela reação de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos na presença de luz solar.	É agressivo ao sistema respiratório. Provoca danos à vegetação.
Pb Chumbo	Metal que quando presente na atmosfera externa se encontra na forma de material particulado.	Principal fonte são as reprocessadoras de chumbo que fornecem matéria prima para o fabrico de baterias de automóveis.	O chumbo é um componente tóxico, com atuação principalmente no sistema nervoso central.
NO ₂ Dióxido de Nitrogênio	Gás marrom avermelhado com forte odor.	Formado em todos os processos de combustão. Destaca-se a queima de combustível em veículos pesados e também proveniente de processos industriais.	Afeta a saúde provocando irritação no sistema respiratório. Forma ácido nítrico componente da chuva ácida. Forma nitratos secundários, particulado. Reage com compostos orgânicos e é fundamental em processos fotoquímicos formando o ozônio.

Fonte: CETESB (2022)

A **Tabela 2.2** apresenta a caracterização dos poluentes não regulamentados que são medidos nas redes de monitoramento da CETESB.

Tabela 2.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes não regulamentados na atmosfera

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
ERT Enxofre Reduzido Total	Sob este título genérico encontram-se na atmosfera principalmente o sulfeto de hidrogênio, metil-mercaptana, dimetil-sulfeto, dimetil-dissulfeto.	Principais fontes: refinarias de petróleo, fábricas de celulose e de rayon®, viscose, plantas de tratamento de esgoto, os rios poluídos e naturalmente em ambientes similares aos pântanos.	Produzem odor desagradável semelhante ao de ovo podre ou repolho, mesmo em baixas concentrações, causando incômodo à população exposta.
COVs Compostos Orgânicos Voláteis	Compostos de carbono principalmente os hidrocarbonetos, aromáticos e alifáticos, assim como alguns compostos oxigenados.	Principal origem é a queima incompleta de combustíveis assim como estocagem e transferências de combustível.	Os aromáticos monocíclicos são precursores do ozônio e alguns podem causar efeitos adversos à saúde. Os terpenos, exalados por árvores que participam das reações fotoquímicas, além de aldeídos que também participam dos processos fotoquímicos.

Fonte: CETESB (2022)

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Conceito:

Padrões de qualidade do ar são os máximos valores de concentração associados a um tempo de exposição de um determinado poluente, permitidos por lei, de forma a preservar a saúde.

Histórico:

Com base em conhecimentos científicos de saúde, o Estado de São Paulo estabeleceu seus **PADRÕES DE QUALIDADE DO AR** pelo Decreto Estadual nº 8468/76. Na esfera federal, tais padrões foram estabelecidos pelo IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA nº 03/90). No ano de 2005, com a evolução dos conhecimentos de efeitos sobre a saúde, Organização Mundial de Saúde – OMS publicou documento indicando novos valores-guia para os poluentes atmosféricos.

A OMS, ao publicar valores-guia e não padrão de qualidade do ar, deixa claro que a adoção de padrões pelos diferentes países deve levar em conta a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. Reconhece ainda que os governos, ao formularem políticas de qualidade do ar, devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores-guia propostos como padrões nacionais. O processo de estabelecimento de padrões visa atingir as menores concentrações possíveis no contexto de limitações locais, capacidade técnica e prioridades em termos de saúde pública.

Seguindo as recomendações da OMS, o Estado de São Paulo revisou suas legislações anteriores e estabeleceu os padrões ora vigentes pelo Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013 (SÃO PAULO, 2013).

Da mesma maneira, no âmbito federal, o CONAMA revogou a Resolução nº 03/1990 (BRASIL, 1990) substituída pela Resolução nº 491/2018 (BRASIL, 2018a). Os padrões estabelecidos por esta Resolução são iguais aos vigentes no Estado de São Paulo (2021), à exceção dos padrões de curto prazo para dióxido de enxofre.

O Decreto Estadual nº 59.113/2013, preconiza que a administração da qualidade do ar no território do estado de São Paulo será efetuada por meio de etapas progressivas denominadas metas intermediárias. A meta intermediária em vigência é considerada o Padrão de Qualidade do Ar (PQAr).

- Metas Intermediárias - (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável.

- As MI devem ser atendidas em três etapas até que se alcancem os valores dos padrões finais.

- Padrões Finais (PF). São os valores-guia indicados pela OMS-2005 para a proteção da saúde das pessoas.

MI1 - Valores de concentração poluentes atmosféricos vigentes de 24/04/2013 a 31/12/2021.

MI2 - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, vigentes a partir de 01/01/2022 por Decisão CONSEMA nº 04/2021 de 19/05/2021 (SÃO PAULO, 2021).

MI3 - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, com seu prazo de duração definido pelo CONSEMA, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

PF - Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

A **Tabela 2.3** apresenta as metas intermediárias estabelecidas no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), sendo que os padrões vigentes em 2021 estão assinalados em vermelho. O mesmo decreto estabelece critérios para episódios críticos de poluição do ar, apresentados na **Tabela 2.4**.

Tabela 2.3 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 (µg/m³)	MI 2 (µg/m³)	MI 3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
partículas inaláveis (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

Fonte: CETESB (2022) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

Nota 1:

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

Nota 2: Padrões vigentes em vermelho.

Nota 3:

Padrões Nacionais (BRASIL, 2018a) = Padrões Estaduais (SÃO PAULO, 2013), exceto para o padrão de curto prazo para SO₂

Padrão nacional de curto prazo para SO₂ (BRASIL, 2018a): PI1=125 µg/m³, PI2=50 µg/m³, PI3=30 µg/m³ e PF=20 µg/m³

A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência, além dos níveis de concentração excedidos, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Tabela 2.4 – Critérios para episódios críticos de poluição do ar

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

Fonte: CETESB (2022) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

Valores de referência internacionais são apresentados no **Apêndice 1**, especificamente os padrões adotados pela Agência Ambiental Americana (ESTADOS UNIDOS, 2017), os valores-guia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005) para os principais poluentes; e os valores de referência adotados pela Comunidade Europeia (EUROPA, 2008).

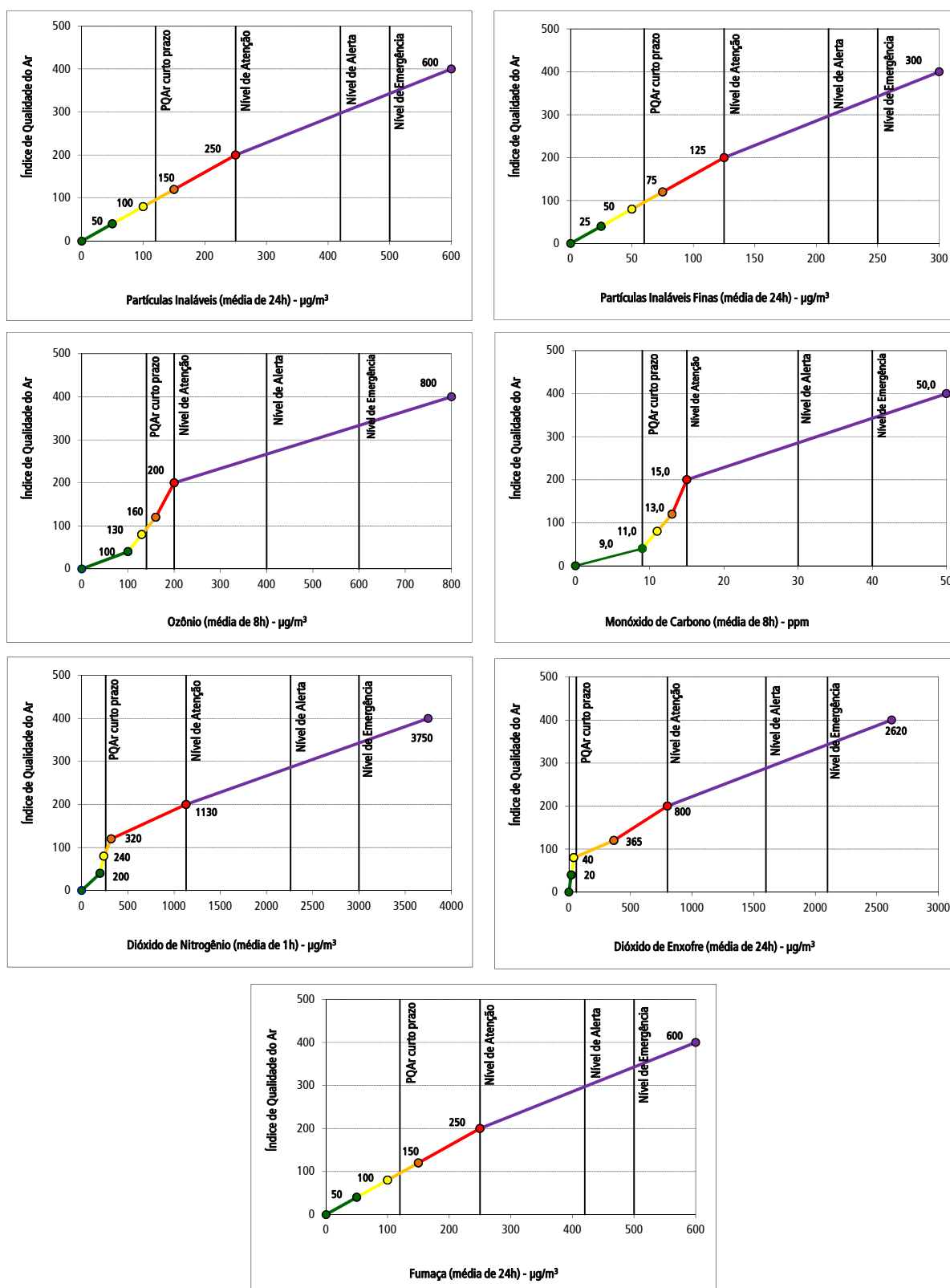
2.2.1 Divulgação e Índices de Qualidade do Ar

A CETESB divulga, no endereço eletrônico <https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/>, os dados de qualidade do ar em tempo real gerados, na rede automática. Associados a eles, também é divulgada uma classificação da qualidade do ar, com informações de prevenção de riscos à saúde. Diariamente também é divulgado o Boletim de Qualidade do Ar (<https://cetesb.sp.gov.br/ar/boletim-diario/>), contendo um resumo do acontecido nas 24 horas anteriores. Por celular, é possível ter acesso aos dados através de aplicativo específico.

Há cuidado especial na divulgação da qualidade do ar, pois ela deve ser compreendida pela população em geral. Como os padrões para cada poluente têm valores diferenciados por possuírem agressividade diferenciada, torna-se difícil para a população em geral entender por que, por exemplo, a concentração média de 24 horas de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do poluente $\text{MP}_{2,5}$ é classificada como MUITO RUIM, enquanto um valor de MP_{10} de $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indica qualidade MODERADA. Dessa maneira, a exemplo de outros países foi elaborado um Índice de Qualidade do Ar. O índice é constituído de forma que os poluentes tenham um valor de referência igual,

facilitando a divulgação e a compreensão dos dados por todos. Considerando-se as medições de curto prazo, para cada poluente medido é calculado um índice, que é obtido através de uma função linear segmentada, que relaciona a concentração do poluente com o valor do índice, resultando um número adimensional. Assim, atribui-se o valor aleatório de 40 para todos os poluentes cujas concentrações sejam iguais ao valor estabelecido pela legislação como Padrões Finais. Nesta faixa de índice, de 0 a 40, a classificação é considerada BOA. Valores mais baixos possuem índices menores, obtidos por interpolação de função matemática linear. Outros índices são obtidos de maneira similar, estabelecendo-se valores máximos para cada faixa adotada, e obtendo-se valores intermediários, por interpolação linear. Conforme pode ser verificado no **Gráfico 2.1**, cada segmento de reta está associado a uma faixa de qualidade, sendo que os pontos de inflexão delimitam os diferentes níveis de qualidade, conforme valores apresentados na **Tabela 2.5** (BRASIL, 2019). Exemplificando, para partículas inaláveis, o segmento de reta verde (qualidade BOA) do **Gráfico 2.1** corresponde uma faixa de concentração de 0 a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24h) e a uma faixa de índice de 0 a 40 da **Tabela 2.5**, o segmento amarelo (qualidade MODERADA) corresponde a uma faixa de concentração de > 50 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24h) e a uma faixa de índice de 41 a 80, e assim por diante.

Gráfico 2.1 – Relação entre a concentração de curto prazo, índice e classificação da qualidade do ar



Boa Moderada Ruim Muito Ruim Péssima

Fonte: CETESB (2022)

A relação entre índice, qualidade do ar e efeitos à saúde é apresentada na **Tabela 2.5**. Embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação, para divulgação, é determinada pelo índice mais elevado (pior caso) dentre os índices calculados para cada poluente. A classificação da qualidade do ar está associada a efeitos à saúde e, portanto, independe do padrão de qualidade/meta em vigor.

Tabela 2.5 – Índice Geral

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h	Fumaça (µg/m ³) 24h	Significado
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20	0 - 50	Atende os valores-guia para exposição de curto prazo definidos pela Organização Mundial da Saúde.
N2 - MODERADA	41-80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40	>50 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas, como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 - RUIM	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365	>100 - 150	Toda a população pode apresentar sintomas, como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13-15	>320 - 1130	>365 - 800	>150 - 250	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - PÉSSIMA	>200	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB (2022)

A qualidade do ar é classificada como BOA apenas quando as concentrações dos poluentes se encontram abaixo das concentrações dos respectivos Padrões Finais, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013). A classificação de qualidade RUIM não indica obrigatoriamente a ultrapassagem dos padrões de curto prazo vigentes em 2021. A única exceção é o CO, para o qual a qualidade MODERADA já indica que o respectivo PQAr é ultrapassado.

Tabela 2.6 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde

Índice	MP ₁₀ (µg/m³) 24h	MP _{2.5} (µg/m³) 24h	O ₃ (µg/m³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m³) 1h	SO ₂ (µg/m³) 24h
0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>25 - 50 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>100 - 130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>200 - 240 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>20 - 40 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.
81 - 120	>100 - 150 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>50 - 75 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>130 - 160 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>11 - 13 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>240 - 320 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>40 - 365 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.
121-200	>150 - 250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>75 - 125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>160 - 200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>13 - 15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar esforço físico e vias de tráfego intenso.	>320 - 1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>365 - 800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.
>200	>250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso.	>1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.

Fonte: CETESB (2022)

3 • Redes de Monitoramento

O gerenciamento da qualidade do ar, de acordo com o Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), é efetuado por Regiões de Controle da Qualidade do Ar – RCQA – que coincidem com as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) definidas na Lei Estadual nº 9.034 de dezembro de 1994. Ao fazer coincidir as RCQA com as UGRHI, a legislação leva em conta não só as características geográficas, mas também a melhor adequação das atribuições e organização administrativa da CETESB.

3.1 As Redes

O conjunto de equipamentos de medição de qualidade do ar colocados em locais específicos de várias cidades paulistas é chamado de “Rede de Monitoramento”. São dois os objetivos principais da CETESB ao operar essa rede, um deles é a verificação das concentrações de poluentes que a população respira, que pode indicar se sua saúde está sendo afetada; outro é permitir a análise dos dados históricos, obtidos ao longo dos anos, de modo a orientar as ações de controle, além de orientar eventuais ações emergenciais. O diagnóstico feito pela CETESB é baseado na medição de poluentes efetuada em diferentes tipos de equipamentos. São gerados mensalmente cerca de 200.000 dados nas diferentes redes existentes.

A composição básica das redes, em 2021, é apresentada a seguir:

Cidades monitoradas pela CETESB	Número de estações (manuais e automáticas)	População atendida	% do Estado
42	85	27,6 milhões	59 %

Fonte: IBGE – Estimativa de população em 01/07/21

3.1.1 Rede Automática

Em 2021, a rede automática foi composta por 62 estações fixas e uma estação móvel, que monitoraram em 42 municípios. Na **Tabela 3.1** verifica-se os locais onde estão alocadas as estações automáticas.

Rede automática a CETESB.

Constituída de estações medidoras que amostram e analisam os poluentes continuamente e estão alocadas tanto na Região Metropolitana de São Paulo como no interior e litoral. Possui também estações móveis que são utilizadas em estudos temporários. Esta rede é operada pelo Setor de Telemetria.

Esta rede é ligada a um sistema central por telemetria. Registra ininterruptamente as concentrações dos poluentes na atmosfera. Os dados são processados e disponibilizados de hora em hora na internet.

Estação Fixa



Estação Móvel



Estação Telemétrica



Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2021 (continua)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																
		MP _{2,5}	MP ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	BEN	TOL	ERT	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
ESTAÇÕES FIXAS																		
2	Guaratinguetá	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Jacareí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	São José dos Campos		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X		
	São José dos Campos - Jd. Satélite	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	São José dos Campos - Vista Verde									X	X		X	X	X	X	X	X
	Taubaté	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 2		3	5	2	5	5	5	2	5	2	2		6	6	6	6	5	5

Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2021 (continua)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																
		MP _{2,5}	MP ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	BEN	TOL	ERT	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
4	Ribeirão Preto	X	X						X				X	X	X	X	X	X
	TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 4	1	1						1				1	1	1	1	1	1
5	Americana		X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	Campinas - Centro	1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1
	Campinas - Taquaral		X						X			X	X	X	X	X	X	
	Campinas - V. União		X					X					X	X				
	Jundiaí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Limeira	X							X				X	X	X	X	X	X
	Paulínia	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Paulínia - Sta. Terezinha	X	X		X	X	X		X						X	X	X	X
	Piracicaba		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Rio Claro - Jd. Guanabara	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	
	TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 5	X	X						X				X	X	X	X	X	X
6	Capão Redondo		X						X				X	X	X	X	X	X
	Carapicuíba		X					X	X				X	X	X	X	X	X
	Cerqueira César		X	X	X	X	X	X										
	Cid. Universitária - USP-IPEN	X							X									
	Congonhas	X	X	X	X	X	X	X										
	Diadema		X						X									
	Grajaú-Parelheiros	X	X					X	X				X	X				
	Guarulhos - Paço Municipal	X	X						X				X	X	X	X	X	X
	Guarulhos - Pimentas	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	Ibirapuera	X			X	X	X	X	X				X	X			X	
	Interlagos		X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Itaim Paulista	X	X		X	X	X		X						X	X		
	Itaquera								X									
	Marg. Tietê - Pte dos Remédios	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X
	Mauá	X	X						X									
	Mooca	X						X	X						X	X		
	Nossa Senhora do Ó		X						X				X	X				
	Osasco	X	X	X	X	X	X	X							X	X		
	Parque D. Pedro II	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	Pico do Jaraguá	X			X	X	X		X				X	X	X	X		
	Pinheiros	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
	Santana	X							X						X	X		
	Santo Amaro		X		X	X	X	X	X						X	X		
	S. André - Capuava		X	X	X	X	X		X	X	X				X	X		
	S. Bernardo - Centro	X			X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X

Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2021 (conclusão)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS																
		MP _{2,5}	MP ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	BEN	TOL	ERT	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
6	S. Bernardo - Pauliceia		X															
	S. Caetano	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	
	Taboão da Serra		X					X					X	X				
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 6		17	21	8	15	15	15	15	22	2	2	1	15	15	17	17	10	8
7	Cubatão - Centro		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
	Cubatão - Vale do Mogi		X	X	X	X	X		X				X	X	X	X		X
	Cubatão - V. Parisi		X	X	X	X	X								X	X		
	Santos		X						X				X	X	X	X	X	X
	Santos-Ponta da Praia	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 7		1	5	4	4	4	4		4	1	1		4	4	5	5	3	3
10	Sorocaba		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Tatuí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 10			2		2	2	2		2				2	2	2	2	1	1
13	Araraquara		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Bauru		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Jaú		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 13			3		3	3	3		3				3	3	3	3	1	1
15	Catanduva		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	São José do Rio Preto	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 15		1	2		2	2	2		2				2	2	2	2	2	2
19	Araçatuba		X						X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 19			1						1				1	1	1	1	1	1
21	Marília		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 21			1		1	1	1		1				1	1	1	1	1	1
22	Presidente Prudente		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 22			1		1	1	1		1				1	1	1	1	1	1
TOTAL MONITORES FIXOS		31	53	16	41	41	41	19	52	6	6	2	47	47	50	50	34	30
ESTAÇÕES MÓVEIS																		
6	Perus	X	X						X									
TOTAL MONITORES MÓVEIS		1	1						1									
TOTAL GERAL		32	54	16	41	41	41	19	53	6	6	2	47	47	50	50	34	30

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

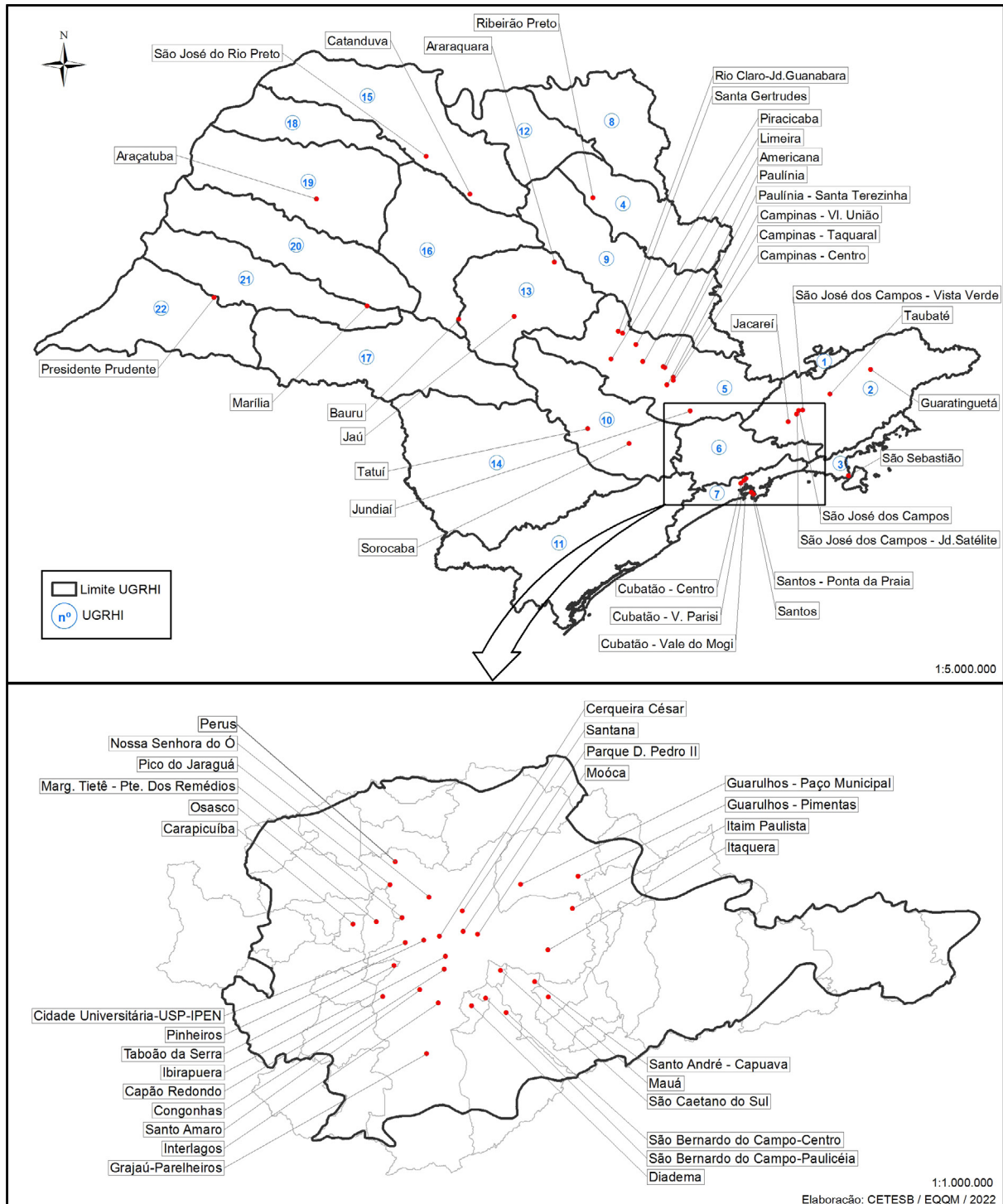
MP_{2,5} Partículas inaláveis finas
 MP₁₀ Partículas inaláveis
 SO₂ Dióxido de enxofre
 NO Monóxido de nitrogênio
 NO₂ Dióxido de nitrogênio
 NO_x Óxidos de nitrogênio

CO Monóxido de carbono
 O₃ Ozônio
 BEN Benzeno
 TOL Tolueno
 ERT Enxofre reduzido total

UR Umidade relativa do ar
 TEMP Temperatura
 VV Velocidade do vento
 DV Direção do vento
 P Pressão atmosférica
 RAD Radiação Total e UVA

No **Mapa 3.1** é apresentada a localização das estações automáticas no Estado de São Paulo, considerando a divisão das UGRHIs.

Mapa 3.1 – Localização das estações da Rede Automática - 2021



Fonte: CETESB (2022)

3.1.2 Rede Manual

Em 2021, a rede manual foi composta por 22 estações, que monitoraram em 16 municípios. Na **Tabela 3.2** verifica-se os locais servidos pelas estações manuais

As estações que compõem a rede manual de avaliação da qualidade do ar estão alocadas tanto nos municípios da RMSP como no interior e litoral do estado.



Amostrador de Grandes Volumes para partículas inaláveis (MP_{10}) (esquerda).

Amostrador de partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$) (direita).

No monitoramento manual, as amostras são coletadas no campo e trazidas para análise no Setor de Amostragem e Análise do Ar.



Setor de Amostragem e Análise do Ar

Tabela 3.2 – Configuração da Rede Manual – 2021

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS								
		MP _{2,5}	MP ₁₀	FMC	SO ₂	PTS	ACETAL	FORMAL	BEN	TOL
5	Cordeirópolis - Módolo		X							
	Jundiaí - Centro			X						
	Paulínia - Bairro Cascata				X					
	Paulínia - João Aranha				X					
	Piracicaba - Algodão		X							
	Salto - Centro			X	X					
	Santa Gertrudes - Jd. Luciana		X							
TOTAL UGRHI 5			3	2	3					
6	Campos Elíseos			X	X					
	Cerqueira César	X		X	X	X				
	Ibirapuera			X						
	Osasco					X				
	Pinheiros			X	X	X				
	Santo Amaro	X				X				
	Santo André - Capuava	X				X	X	X	X	X
	São Bernardo do Campo					X				
	Tatuapé			X	X					
TOTAL UGRHI 6		3		5	4	6	1	1	1	1
7	Cubatão - Vila Parisi					X				
	Guarujá - Vicente de Carvalho		X							
TOTAL UGRHI 7			1			1				
8	Franca - Cidade Nova		X							
TOTAL UGRHI 8			1							
9	Jaboticabal - Jd. Kennedy		X							
TOTAL UGRHI 9			1							
10	Itu - Centro			X						
	Sorocaba - Centro			X						
TOTAL UGRHI 10				2						
TOTAL MONITORES		3	6	9	7	7	1	1	1	1

Fonte: CETESB (2022)

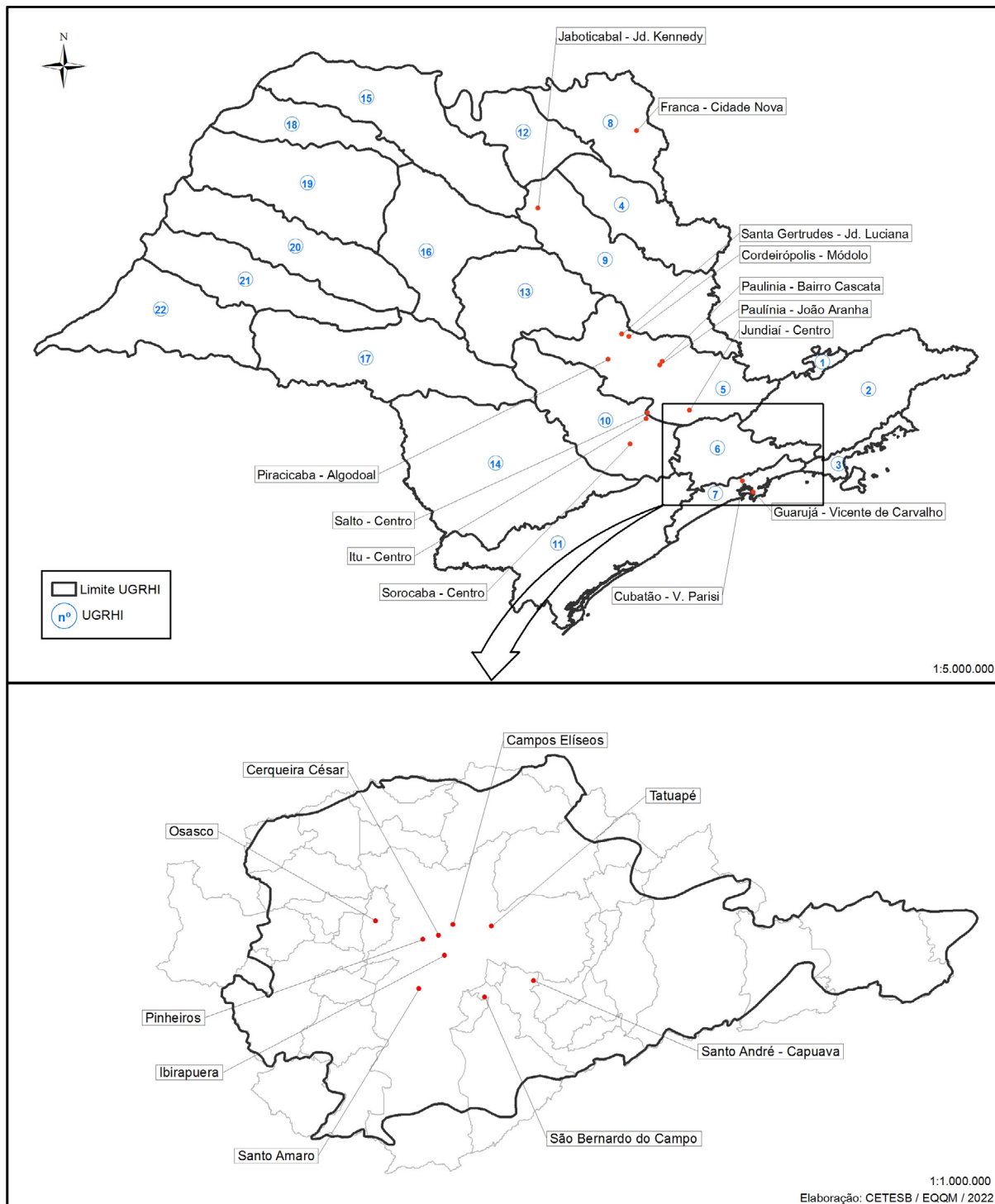
Nota:

MP_{2,5} Partículas inaláveis finas
 MP₁₀ Partículas inaláveis
 FMC Fumaça
 SO₂ Dióxido de enxofre
 PTS Partículas totais em suspensão

ACETAL Acetaldeído
 FORMAL Formaldeído
 BEN Benzeno
 TOL Tolueno

No **Mapa 3.2** é apresentada a localização das estações automáticas e manuais no estado de São Paulo, considerando a divisão das UGRHIs.

Mapa 3.2 – Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual – 2021



3.1.3 Avaliação Meteorológica Relacionada à Poluição

Visando aprimorar a interpretação dos dados obtidos nas redes de monitoramento, o Setor de Meteorologia avalia, diariamente, as condições meteorológicas para a dispersão de poluentes atmosféricos e realiza estudos correlacionando as condições meteorológicas à poluição do ar, análises estatísticas e de tendências de concentrações dos poluentes, entre outros.



Setor de Meteorologia

3.2 Metodologia de Monitoramento

Os métodos utilizados para medição dos diversos parâmetros amostrados pelas redes de monitoramento são apresentados na **Tabela 3.3**. As estações da Rede Automática processam amostras constantemente tomadas da atmosfera a intervalos de cinco segundos, acumulando os dados na forma de média horária. Essas medições são transmitidas para a central de telemetria e após validação técnica são dispostos de hora em hora no endereço eletrônico da CETESB (<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/>). Já nas estações da Rede Manual, a amostragem é realizada durante 24 horas a cada 6 dias e com exposição de 1 mês no caso dos amostradores passivos. As amostras coletadas são analisadas no Setor de Amostragem e Análise do Ar, da CETESB.

Os dados da Rede Automática e da Rede Manual podem ser acessados no Sistema de Informações de Qualidade do Ar - QUALAR, disponível no endereço eletrônico: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>.

Tabela 3.3 – Métodos de medição dos parâmetros

REDE	PARÂMETRO	MÉTODO
Rede Automática	partículas inaláveis finas - $MP_{2,5}$	radiação Beta
	partículas inaláveis - MP_{10}	radiação Beta
	dióxido de enxofre	fluorescência de pulso (ultravioleta)
	óxidos de nitrogênio	quimiluminescência
	monóxido de carbono	infravermelho não dispersivo (GFC)
	ozônio	ultravioleta
	benzeno/tolueno	cromatografia gasosa / detecção por fotoionização (PID)
	enxofre reduzido total	oxidação térmica - fluorescência de pulso (ultravioleta)
Parâmetros Meteorológicos	direção e velocidade de vento	ultrassônico
	temperatura do ar	temistor resistivo de platina (PT100)
	umidade relativa do ar	elemento capacitivo
	radiação solar global	fotovoltaico
	pressão atmosférica	transdutor de pressão
	radiação UVA	fotovoltaico
Rede Manual	partículas inaláveis finas - $MP_{2,5}$	gravimétrico / impactação virtual (dicotômico)
		gravimétrico / impactação e ciclone
	partículas inaláveis - MP_{10}	gravimétrico / amostrador de grandes volumes acoplado a um separador inercial
		gravimétrico / impactação
	partículas totais em suspensão	gravimétrico / amostrador de grandes volumes
	fumaça	refletância
	dióxido de enxofre	cromatografia iônica / amostrador passivo
	acetaldeído/formaldeído	cromatografia líquida de alto desempenho/detecção UV-visível
	benzeno/tolueno	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

Fonte: CETESB (2022)

3.3 Metodologia de Tratamento dos Dados

3.3.1 Representatividade de Dados

A adoção de critérios de representatividade de dados é de extrema importância em sistemas de monitoramento. O não atendimento a esses critérios para uma determinada estação ou período significa que as falhas de medição ocorridas comprometem a interpretação do resultado obtido.

São apresentados a seguir os critérios de representatividade temporal de dados utilizados pela CETESB. Os critérios são os mesmos tanto para a rede automática quanto para a rede manual.

Média anual	1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.
Média mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês.
Média diária	2/3 das médias horárias válidas no dia.
Média horária	3/4 das medidas válidas na hora; (rede automática).

3.3.2 Representatividade espacial das estações

A rede de monitoramento da CETESB foi concebida para atender de forma otimizada vários objetivos, garantindo a medição da qualidade do ar em locais de diferentes características, de modo que as estações atendam a necessidades de monitoramento distintas e que forneçam informações, entre outras, sobre:

- os mais altos níveis de concentração de poluentes esperados para a área de abrangência da rede;
- as concentrações representativas das áreas de maior densidade populacional;
- o impacto da poluição no meio ambiente devido a determinadas fontes ou grupos de fontes;
- os níveis médios de concentração de poluentes na atmosfera para a região.

O conceito de escala espacial de representatividade para um determinado poluente diz respeito à extensão da parcela de ar no entorno da estação de monitoramento que apresenta concentrações relativamente uniformes e similares às concentrações medidas na estação.

Os resultados do monitoramento em uma dada estação devem representar as concentrações do poluente de interesse numa escala espacial compatível com os objetivos do monitoramento. Dependendo dos objetivos, as escalas de representatividade mais apropriadas para as estações que compõem uma rede de monitoramento, e que estão estabelecidas no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), são:

- microescala: relativa à representatividade espacial de áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
- média escala: relativa à representatividade espacial de blocos de áreas urbanas (poucos quarteirões com características semelhantes) com dimensões entre 101 e 500 metros;
- escala de bairro: relativa à representatividade espacial de áreas de bairros urbanos com atividade uniforme e dimensões entre 501 e 4.000 metros;
- escala urbana: relativa à representatividade espacial de cidades ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50 km.

No **Apêndice 5**, é apresentada uma tabela com o resumo da classificação da representatividade espacial das estações das redes automática e manual. Informações detalhadas dessa classificação podem ser obtidas no relatório “Classificação expedita da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no estado de São Paulo” (CETESB, 2016a).

3.3.3 Observações sobre o monitoramento

Para apresentar resultados representativos da poluição atmosférica, o monitoramento deve atender a uma série de critérios técnicos e ser realizado de maneira periódica e contínua para avaliar as condições mais diversas. A ocorrência de interferências no entorno da estação ou falhas no monitoramento afetam a interpretação dos dados obtidos. As principais ocorrências e observações registradas foram:

- Grajaú-Parelheiros (UGRHI 6): há movimentação de veículos pesados, na via próxima à estação, com transporte de resíduos sólidos para aterro;
- Cubatão (UGRHI 7): em 2021, a redução de atividades de produção industrial se manteve.

4 • Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo

Neste capítulo serão apresentadas as principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos que influenciam, de forma direta ou indiretamente, na avaliação da qualidade do ar no estado de São Paulo.

4.1 Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias

A seguir, são realizadas diversas considerações sobre as estimativas de emissão das fontes móveis e estacionárias, apresentadas nas **Tabelas 4.4 e 4.5**.

As estimativas relativas às fontes móveis apresentadas neste relatório foram obtidas a partir dos dados constantes no relatório “Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2020” (CETESB, 2022c), que traz os dados de emissões da frota circulante do período de 2006 a 2020.

Essa metodologia contém incertezas, relacionadas à frota circulante, ao consumo de combustível e aos fatores de emissão, que são refletidas nas estimativas de emissão. Essas incertezas impactam os resultados de forma inversamente proporcional à abrangência geográfica da estimativa, ou seja, menores para todo o estado, intermediárias para determinadas regiões e maiores quando se observam as emissões das cidades de forma isolada.

A estimativa de emissão do combustível (hidrocarbonetos) evaporado nos veículos foi feita apenas para a frota de automóveis e comerciais leves movidos a gasolina ou etanol. Estão incluídas ainda as emissões evaporativas provenientes do abastecimento desses veículos nos postos de combustível. Para esse poluente não foram consideradas as emissões provenientes de evaporação ou abastecimento de outros tipos de veículos, como motocicletas e veículos a diesel e da ventilação do reservatório de óleo do motor, que nos veículos pesados são abertos à atmosfera.

No caso do material particulado não foram consideradas outras possíveis contribuições, como o desgaste de pneus, de freios, a ressuspensão da poeira presente no pavimento e a formação de aerossóis secundários a partir dos gases emitidos. Além disso, deve-se ponderar que o tipo e o tamanho do material particulado emitido pelas diferentes fontes são variáveis, o que compromete a comparação direta entre os valores estimados para fontes móveis e fixas constantes neste relatório.

Para o cálculo das emissões de SO_x , no ano de 2020, adotou-se que todo o enxofre contido no combustível foi transformado em SO_2 . Os teores de enxofre utilizados nas estimativas foram:

- Diesel S10: 10 mg de enxofre por kg;
- Diesel S500: 500 mg de enxofre por kg;
- Gasolina S50: 50 mg de enxofre por kg;
- Considera-se ainda que o etanol não contém enxofre em sua composição para efeito de cálculo das estimativas de emissão.

Para atualizar as informações relativas às fontes fixas, em 2009 e 2010, a CETESB realizou um levantamento das emissões de fontes estacionárias tendo como referência o ano de 2008. Os resultados foram obtidos a partir da consolidação de dados declarados pelos empreendimentos e utilizados para a estimativa das emissões na RMSP, que foi reajustada em razão da elaboração do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE), em 2014 (CETESB, 2014).

Deve-se considerar que as estimativas de emissão das fontes fixas levam em conta as empresas consideradas prioritárias, selecionadas com base na tipologia industrial, na capacidade produtiva e no tipo e quantidade de combustível utilizado. As bases e os terminais de combustíveis foram considerados apenas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na Região Metropolitana de Campinas (RMC). Para a RMC, foram efetuadas estimativas de emissão das bases distribuidoras de combustíveis líquidos. Para isso foram compilados os dados dos estudos de emissão entregues à CETESB, em atendimento às exigências técnicas do processo de licenciamento ambiental. Para a RMSP, foram utilizadas as informações disponíveis no PREFE 2014.

Para as demais localidades citadas na **Tabela 4.2**, as estimativas das emissões das fontes fixas foram as disponibilizadas pelas Agências Ambientais da CETESB: em 2010, do município de Presidente Prudente; em 2012, de Bauru e Ribeirão Preto; em 2015, de Jaú e Piracicaba; em 2016, de São José do Rio Preto; em 2018, de Araraquara, Guaratinguetá, Sorocaba e Taubaté; em 2019, de Catanduva e Marília; em 2020, de Cubatão, Jacareí, Jundiaí, Limeira e São José dos Campos; em 2021, de Araçatuba, Campinas e Tatuí.

Ao se comparar as estimativas de emissão das fontes fixas e móveis, deve-se levar em conta que nem todas as emissões de ambas as categorias de fontes puderam ser quantificadas, o que prejudica a análise comparativa entre elas.

4.2 Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo

Localizado na região sudeste do Brasil, o estado de São Paulo possui área aproximada de 249.000 km², que corresponde a 2,9% do território nacional. É a unidade da federação de maior ocupação territorial, maior contingente populacional, em torno de 46,6 milhões de habitantes (IBGE, 2021), maior desenvolvimento econômico (agrícola - destacando-se a atividade sucroalcooleira, industrial e serviços) e maior frota automotiva. Como consequência, apresenta grande alteração na qualidade do ar, destacando-se as Regiões Metropolitanas de São Paulo e Campinas, o município de Cubatão e a região do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes. A **Tabela 4.1** apresenta a estimativa da frota circulante no estado de São Paulo em dezembro de 2020. A frota circulante

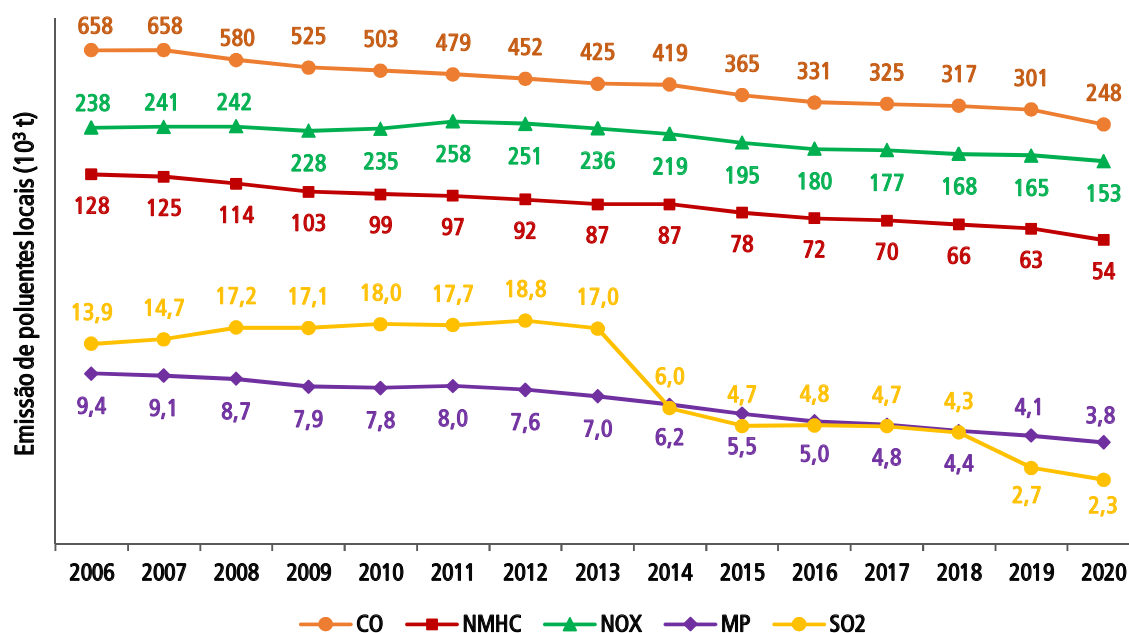
no estado apresentou uma leve queda em todas as categorias, em relação ao ano anterior, por causa do baixo volume de vendas registradas em 2020, em razão das incertezas econômicas derivadas da pandemia de COVID-19 (CETESB, 2022c).

Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2020

Categoria		Combustível	Frota Circulante
Automóveis		Gasolina C	2.357.334
		Etanol Hidratado	159.685
		<i>Flex-fuel</i>	7.928.215
Comerciais leves		Gasolina C	338.648
		Etanol Hidratado	14.995
		<i>Flex-fuel</i>	805.006
		Diesel	511.958
Caminhões	Semileves	Diesel	29.917
	Leves		100.781
	Médios		57.497
	Semipesados		113.840
	Pesados		137.585
Ônibus	Urbanos	Diesel	62.920
	Micro-ônibus		16.019
	Rodoviários		28.340
Motocicletas		Gasolina C	1.704.180
		<i>Flex-fuel</i>	835.225
TOTAL			15.202.143

Fonte: CETESB (2022) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2020 (CETESB, 2022c)

O **Gráfico 4.1** apresenta a evolução das emissões veiculares de poluentes locais no período de 2006 a 2020 no estado de São Paulo. Pode-se observar que, mesmo com o crescimento constante da frota, que perdurou até 2014, a emissão dos poluentes seguiu decrescente, motivada pela incorporação de veículos com novas tecnologias em substituição aos veículos antigos e mais poluidores. A emissão de SO₂ sofreu redução drástica em 2014, ocorrida em razão da alteração do teor de enxofre do diesel a partir de 2013 e, em especial, da gasolina a partir de 2014. A queda das emissões desse poluente, nos últimos anos, está associada ao aumento do consumo do diesel S10, em comparação ao diesel S500. Desse modo, com a renovação natural da frota e a introdução de veículos novos que demandam combustível com baixo teor de enxofre, o uso do diesel S10 será intensificado, levando a redução gradativa da emissão de SO₂ (CETESB, 2022c).

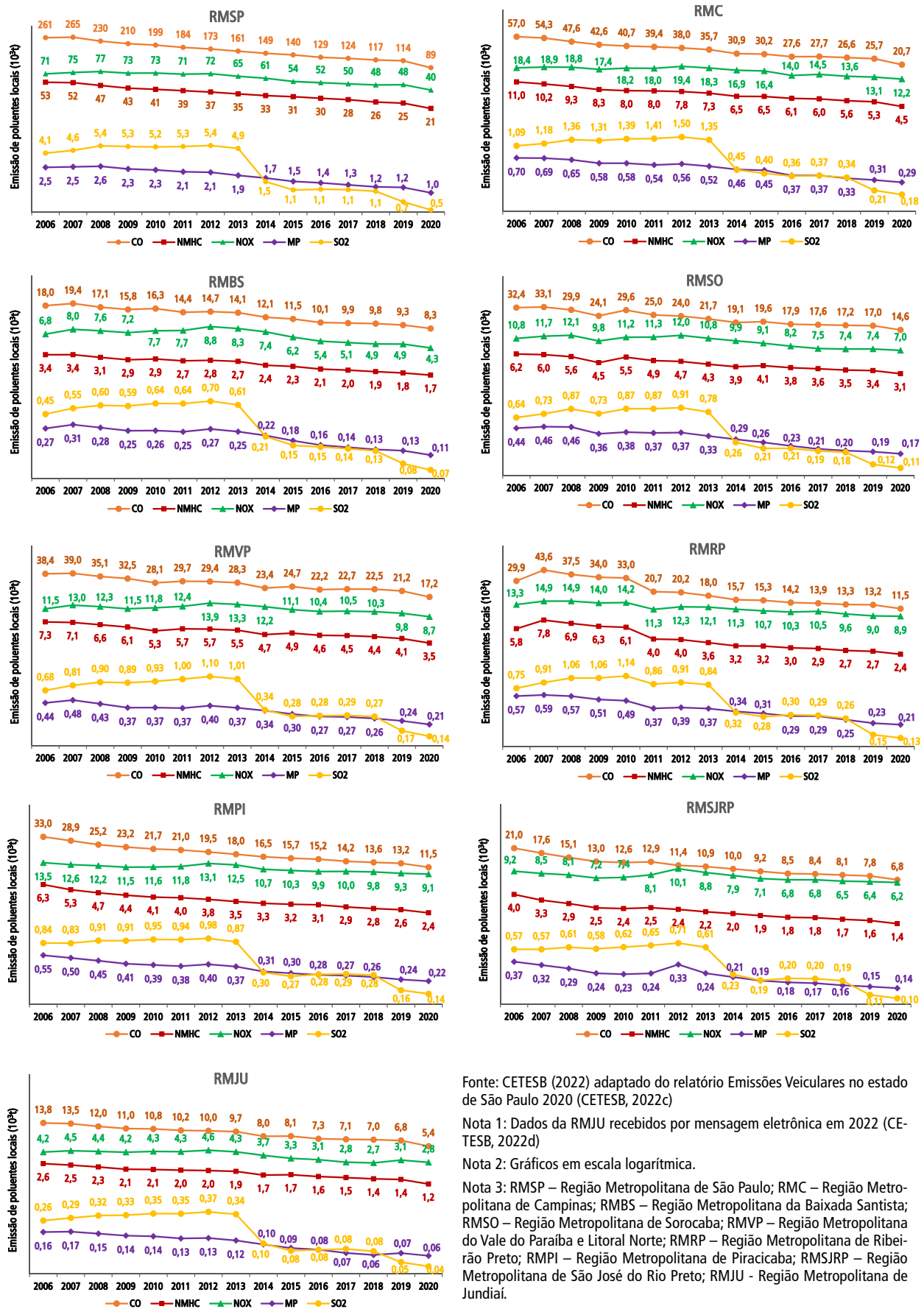
Gráfico 4.1 – Evolução das emissões de poluentes veiculares no estado de São Paulo

Fonte: CETESB (2022) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2020 (CETESB, 2022c)

Nota 1: Gráfico em escala logarítmica.

No **Gráfico 4.2** são apresentadas as evoluções das emissões de poluentes veiculares em nove regiões metropolitanas do estado de São Paulo. Assim como ocorre no estado, em razão da incorporação de veículos com novas tecnologias em substituição aos veículos antigos (mais poluidores), pode-se observar que a emissão de poluentes de origem veicular apresenta uma tendência de queda. Apesar da redução das emissões, há variações entre as regiões metropolitanas que se devem ao perfil da frota e do consumo de combustíveis automotivos de cada região. Em 2020, a redução das emissões está também associada, principalmente, à redução do uso dos automóveis, como consequência do isolamento social devido à pandemia de COVID-19 (CETESB, 2022c).

Gráfico 4.2 – Evolução das emissões de poluentes veiculares nas Regiões Metropolitanas



Fonte: CETESB (2022) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2020 (CETESB, 2022c)

Nota 1: Dados da RMJU recebidos por mensagem eletrônica em 2022 (CETESB, 2022d)

Nota 2: Gráficos em escala logarítmica.

Nota 3: RMSP – Região Metropolitana de São Paulo; RMC – Região Metropolitana de Campinas; RMBS – Região Metropolitana da Baixada Santista; RMSO – Região Metropolitana de Sorocaba; RMVP – Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte; RMRP – Região Metropolitana de Ribeirão Preto; RMPI – Região Metropolitana de Piracicaba; RMSJRP – Região Metropolitana de São José do Rio Preto; RMJU - Região Metropolitana de Jundiaí.

Na **Tabela 4.2**, a seguir, é apresentado um resumo das estimativas de população, frota veicular e das emissões de fontes fixas e móveis para os locais que possuem monitoramento automático da qualidade do ar no estado de São Paulo.

Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo (continua)

UGRHI	Locais com monitoramento automático				Emissão (1000 t/ano)				
	Município	População ¹	Frota ²	Fontes	CO	HC	NO _x	MP	SO _x
2	Guaratinguetá	123.192	38.293	Fixa (3 ind.)	0,003	0,28	0,40	0,08	0,06
				Móvel	1,00	0,20	0,70	0,02	0,01
	Jacareí	237.119	69.735	Fixa (10 ind.)	2,81	0,52	2,98	0,85	0,59
				Móvel	1,28	0,27	0,82	0,02	0,01
	São José dos Campos	737.310	229.964	Fixa (4 ind.)	1,99	0,69	3,87	0,34	5,74
				Móvel	4,30	0,93	1,70	0,04	0,03
	Taubaté	320.820	108.410	Fixa (2 ind.)	0,07	0,02	0,05	< 0,01	--
				Móvel	2,39	0,47	0,53	0,01	0,01
3	São Sebastião	91.637	21.947	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	0,51	0,10	0,14	0,00	0,00
4	Ribeirão Preto	720.116	285.419	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	4,77	1,01	2,34	0,05	0,03
5	Região Metropolitana de Campinas	3.342.707	1.223.630	Fixa (36 ind.)	2,61	6,39	9,88	1,97	13,53
				Base de combustível líquido (12 emprend.)	--	2,30 ³	--	--	--
				Móvel	20,66	4,52	12,25	0,29	0,18
	Jundiaí	426.935	182.510	Fixa (2 ind.)	0,24	0,23	0,07	0,31	0,01
				Móvel	3,36	0,73	1,68	0,04	0,02
	Limeira	310.783	111.148	Fixa (3 ind.)	--	0,01	0,84	2,08	0,78
				Móvel	2,19	0,46	1,58	0,04	0,02
	Piracicaba	410.275	158.281	Fixa (6 ind.)	0,02	0,39	1,83	1,08	0,18
				Móvel	3,19	0,67	1,54	0,04	0,02
	Rio Claro	209.548	83.672	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	1,47	0,30	0,66	0,02	0,01
	Santa Gertrudes	27.850	8.508	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	0,13	0,03	0,20	0,005	0,00
6	Região Metropolitana de São Paulo	22.048.504	7.216.745	Fixa (nº indústrias)	4,18 ⁴ (62)	5,6 ⁵ (124)	26,1 ⁵ (162)	3,57 ⁵ (193)	5,59 ⁴ (146)
				Base de combustível líquido (9 emprend.)	--	3,68 ⁵	--	--	--
				Móvel	88,53	20,57	39,81	1,00	0,54
7	Cubatão	132.521	28.634	Fixa (20 ind.)	1,03	0,55	2,43	0,51	4,95
				Móvel	--	--	--	--	--
	Santos	433.991	148.459	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	1,97	0,41	1,27	0,03	0,02

Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo (conclusão)

UGRHI	Locais com monitoramento automático			Emissão (1000 t/ano)					
	Município	População ¹	Frota ²	Fontes	CO	HC	NO _x	MP	SO _x
10	Tatuí	124.134	43.008	Fixa (4 ind.)	--	0,02	0,92	1,06	0,63
				Móvel	0,91	0,18	0,46	0,01	0,01
	Sorocaba e Votorantim	819.796	297.583	Fixa (8 ind.)	0,60	0,07	0,24	0,39	0,30
				Móvel	5,30	1,14	1,56	0,04	0,02
13	Araraquara	240.542	90.047	Fixa (5 ind.)	--	--	2,10	1,95	--
				Móvel	1,71	0,36	0,83	0,02	0,01
	Bauru	381.706	148.364	Fixa (1 ind.)	--	--	0,01	0,05	--
				Móvel	2,58	0,56	1,09	0,03	0,02
	Jaú	153.463	50.364	Fixa (2 ind.)	--	--	0,52	0,27	--
				Móvel	0,97	0,20	0,35	0,01	0,00
15	Catanduva	381.706	49.261	Fixa (4 ind.)	--	--	1,80	1,10	--
				Móvel	1,06	0,21	0,91	0,02	0,01
	São José do Rio Preto	469.173	199.850	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	3,59	0,75	2,26	0,05	0,04
19	Araçatuba	199.210	82.802	Fixa (3 ind.)	--	--	0,43	0,73	< 0,01
				Móvel	1,67	0,33	1,07	0,03	0,02
21	Marília	242.249	88.051	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	1,57	0,33	0,78	0,02	0,01
22	Presidente Prudente	231.953	88.238	Fixa (2 ind.)	--	< 0,01	0,28	0,28	< 0,01
				Móvel	1,95	0,40	1,04	0,03	0,02

Fonte: CETESB (2022)

Nota 1:

1 - Estimativa de População, em 01/07/21, adaptado de (IBGE, 2021).

2 - Estimativa de frota: 2020, adaptado de (CETESB, 2022c).

3 - Ano de referência do levantamento: 2009. Os empreendimentos participantes deste levantamento foram selecionados utilizando a metodologia top-down, baseado nas informações da Agência Nacional do Petróleo (ANP) sobre entregas de combustíveis do ano de 2009.

4 - Ano de referência do inventário de fontes fixas: 2008.

5 - Ano de referência do inventário de fontes fixas: 2008. Estimativa de emissão baseada no PREFE 2014.

Nota 2: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2020

Nota 3: Estimativas de fontes fixas: informações disponibilizadas pelas Agências Ambientais da CETESB: em 2010, de Presidente Prudente e RMC; em 2012, de Bauru e Ribeirão Preto; em 2014, da RMSB; em 2015, de Jaú e Piracicaba; em 2016, de São José do Rio Preto; em 2018, de Araraquara, Guaratinguetá, Sorocaba e Taubaté; em 2019, de Catanduva e Marília; em 2020, de Cubatão, Jacareí, Jundiaí, Limeira e São José dos Campos; em 2021, de Araçatuba, Campinas e Tatuí.

A seguir são apresentadas, resumidamente, as fontes de poluição do ar que se destacam nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) onde há monitoramento da qualidade do ar.

No estado de São Paulo estão estabelecidas, por legislação estadual, nove regiões metropolitanas, conforme representadas no **Mapa 4.1**. Essas regiões metropolitanas são denominadas por: Baixada Santista (composta por 9 municípios), Campinas (20 municípios), Jundiaí (7 municípios), Piracicaba (24 municípios), Sorocaba (27 municípios), Ribeirão Preto (34 municípios), São José do Rio Preto (37 municípios), São Paulo (39 municípios) e Vale do Paraíba e Litoral Norte (39 municípios).

Essas regiões metropolitanas, com exceção de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, formam uma rede metropolitana integrada, com funções produtivas complementares, composta por 165 municípios, possuindo aproximadamente 74% da população e 74% da frota circulante do estado, produzindo cerca de 80% do PIB estadual. Nesse extenso território concentram-se também os maiores portos e aeroportos, o mais movimentado complexo rodoviário e grandes polos de conhecimento e inovação do país.

Mapa 4.1 – Regiões metropolitanas no estado de São Paulo



Fonte: CETESB (2022)

Na UGRHI 2, inserida na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP), destaca-se São José dos Campos pelo seu porte e por possuir indústrias consideradas prioritárias para o controle da poluição atmosférica. O município possui uma população de cerca de 730 mil habitantes e está localizado na porção média do rio Paraíba do Sul, distante 70 km a nordeste da capital do estado, cortado pela Rodovia Presidente Dutra, que liga os dois maiores centros produtores e consumidores do país, as Regiões Metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Na UGRHI 3, também inserida na RMVP, destaca-se no litoral norte do estado de São Paulo, o município de São Sebastião, distante 180 km da capital, onde está localizado o Porto de São Sebastião ou Companhia Docas de São Sebastião, com diversos terminais para petróleo e derivados, além da movimentação de outros produtos de importação e exportação, tais como, minerais, cereais, veículos, produtos siderúrgicos, máquinas e equipamentos e cargas gerais.

Na UGRHI 5 está localizada a Região Metropolitana de Campinas, formada por 20 municípios, que possui uma população em torno de 3,34 milhões de habitantes e uma frota aproximada de 1,22 milhão de veículos. Nessa UGRHI encontra-se também a maioria dos municípios que integram as novas regiões metropolitanas de Piracicaba e de Jundiaí, criadas em 2021. A Região Metropolitana de Piracicaba (RMPI) é composta por 24 municípios, com população estimada de cerca de 1,6 milhão de habitantes e uma frota veicular aproximada de 533 mil veículos. A Região Metropolitana de Jundiaí (RMJU) é composta por 7 municípios, com população estimada de 835 mil habitantes e frota veicular aproximada de 306 mil veículos. Muitos dos municípios dessa UGRHI possuem alto grau de industrialização, de serviços e desenvolvimento agrícola. Todas essas atividades trouxeram o desenvolvimento econômico em conjunto com impactos de ordem ambiental. Destacam-se a cidade de Campinas, com uma população superior a um milhão de habitantes, considerada a sede da Região Metropolitana de Campinas; o município de Paulínia, que conta com um grande parque industrial, principalmente petroquímico; e o polo cerâmico nas regiões de Santa Gertrudes e Rio Claro, que fazem parte da Região Metropolitana de Piracicaba.

Na UGRHI 6 encontra-se a Região Metropolitana de São Paulo, que, devido a sua complexidade, será tratada com mais detalhe na seção seguinte.

Destacam-se na UGRHI 7 o município de Santos, por causa da população e intensa atividade portuária, com a maior movimentação de granéis e contêineres do país; e o município de Cubatão, dado o porte de suas fontes industriais compostas predominantemente por empresas do setor petroquímico, siderúrgico e de fertilizantes. Cubatão ficou conhecido como uma área afetada por problemas sérios de poluição atmosférica em razão das grandes emissões de poluentes industriais, da sua topografia acidentada e das condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes.

Na UGRHI 10, destaca-se o município de Sorocaba pelo seu porte e por possuir indústrias consideradas prioritárias para o controle da poluição atmosférica. Está localizado a 90 km a oeste da capital do estado e está inserido na Região Metropolitana de Sorocaba (RMS). A RMS é constituída por 27 municípios, possui população em torno de 2,2 milhões de habitantes e uma frota veicular aproximada de 727 mil veículos. Na UGRHI 10, encontram-se também as maiores indústrias cimenteiras e de alumínio do estado.

No interior do estado, nas regiões Centro e Norte, há também monitoramento na UGRHI 4 (Pardo), UGRHI 8 (Sapucaí/Grande), UGRHI 9 (Mogi-Guaçu) e UGRHI 13 (Tietê/Jacaré). Nos municípios dessas UGRHIs existem, geralmente, extensas áreas de atividades agrícolas (principalmente, cítricos e cana-de-açúcar). Essa intensa atividade acarretou o desenvolvimento de indústrias de transformação (açúcar, álcool e sucos), levando a um crescimento econômico e populacional e aumento da frota veicular das principais cidades. Como fontes de emissões atmosféricas, de maneira genérica, podem ser citadas: a frota veicular, as usinas de açúcar e álcool e as demais atividades industriais. Na região Norte do estado, encontra-se a Região Metropolitana de Ribeirão Preto, que conta com 34 municípios, com cerca de 1,76 milhão de habitantes e uma frota veicular aproximada de 580 mil veículos.

Nas regiões Noroeste, Oeste e Sudoeste do estado, há monitoramento na UGRHI 15 (Turvo/Grande), UGRHI 19 (Baixo Tietê), UGRHI 21 (Peixe) e UGRHI 22 (Pontal do Paranapanema). Nas UGRHIs 15 e 19 existem grandes extensões de áreas de atividades agrícolas, principalmente, cultura de cana-de-açúcar, a qual atende à demanda das usinas sucroalcooleira e energética. Vários municípios das UGRHIs 15 e 19 passaram a integrar a Região Metropolitana de São José de Rio Preto, criada em 2021. Essa região metropolitana é composta por

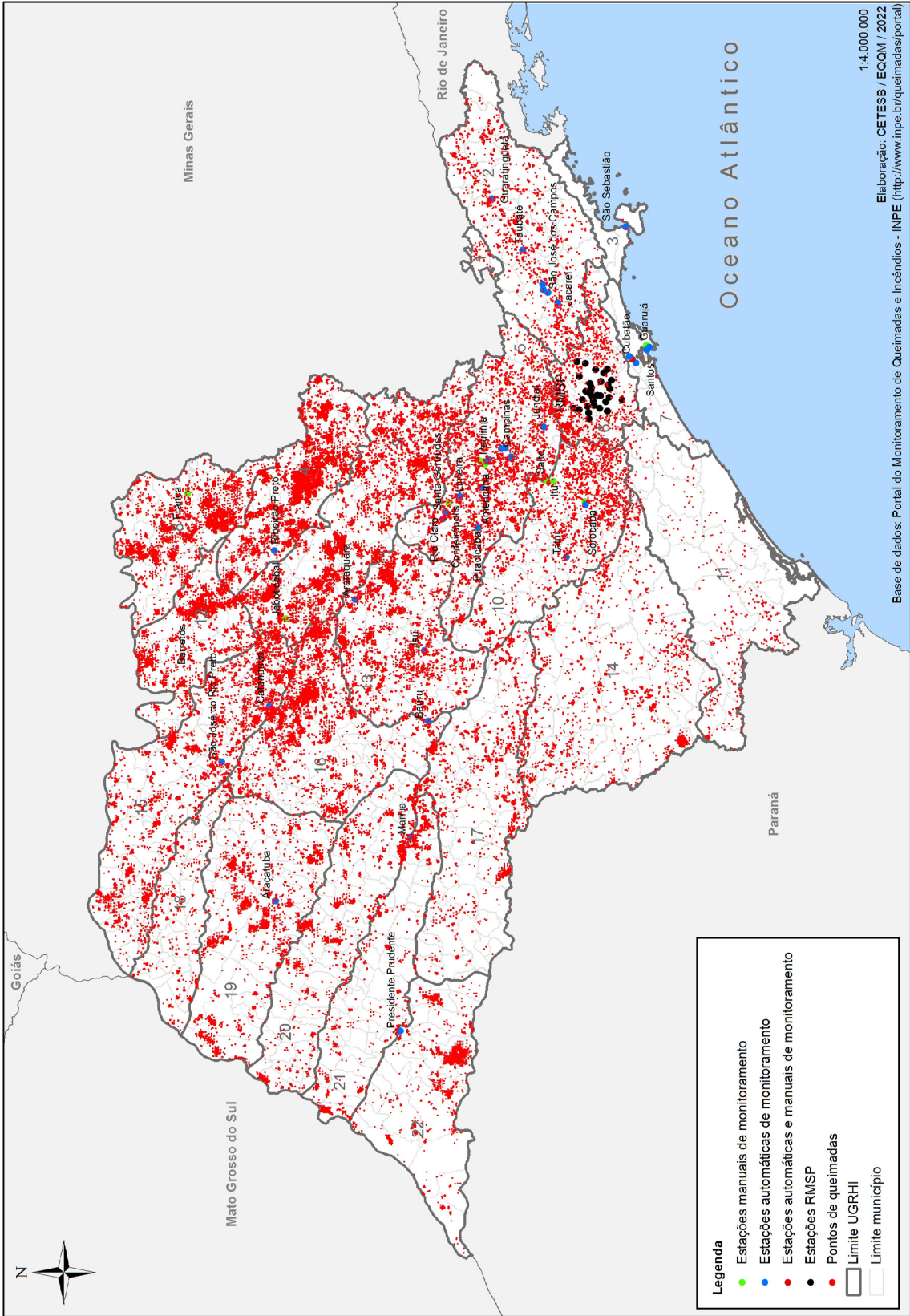
37 municípios e possui população estimada de 964 mil habitantes, com uma frota veicular aproximada de 346 mil veículos. Nas UGRHIs 21 e 22, há predomínio da atividade pecuária, com emissões pouco significativas de poluentes regulamentados, mas também existem áreas de plantio de cana-de-açúcar e usinas de produção de álcool e açúcar que podem contribuir para as emissões atmosféricas.

A cultura de cana-de-açúcar é a principal atividade agrícola do estado de São Paulo, que é o maior produtor de etanol do Brasil, respondendo por aproximadamente 48,6% da produção nacional (SÃO PAULO, 2022a). Em 2021 (safra 2020/2021), a área de colheita de cana no estado foi de 5,09 milhões de hectares, 0,4% maior em relação à safra 2019/2020. Da área total de colheita, cerca de 10 mil hectares tiveram autorização para queima, ou seja, estima-se que nessa última safra, 99,9% da colheita da cana-de-açúcar das usinas e fornecedores de cana signatários ao Protocolo Etanol Mais Verde foram realizadas sem o emprego de fogo (CETESB, 2022a). A queima de palha de cana-de-açúcar é uma atividade que gera a emissão de poluentes e de gases de efeito estufa.

As autorizações para queima de palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo se baseiam na legislação vigente, no Protocolo Etanol Mais Verde (SÃO PAULO, 2022b), nos limites estabelecidos pela CETESB, na existência de restrições legais em determinadas regiões, controle fitossanitário, entre outros. Informações sobre as autorizações, bem como as regiões onde estão suspensas as emissões de autorizações, podem ser obtidas no portal “Eliminação Gradativa da Queima de Cana-de-açúcar” (SÃO PAULO, 2022c). Em 2021, houve redução de cerca de 70% das autorizações para queima de palha de cana-de-açúcar, em relação a 2020.

No **Mapa 4.2** são mostrados os focos de queimada observados por satélites ambientais no estado de São Paulo, em 2021 (INPE, 2021). Esses focos de queimada são resultado de ocorrências em quaisquer formas de vegetação, incluindo eventos de incêndios florestais e queima de palha da cana-de-açúcar. Em 2021, houve uma pequena redução (11%) do número de focos de queimada em todo o estado de São Paulo, em relação a 2020, entretanto os anos de 2020 e 2021 tiveram os valores mais altos registrados nos últimos dez anos. Em 2021, as maiores ocorrências se deram nos meses de agosto e setembro, correspondendo a 72% do total de focos registrados no ano. Agosto se destacou com a ocorrência de 42% dos focos registrados, sendo que o número observado nesse mês foi o segundo maior valor dentre os meses de agosto, desde o início do monitoramento por satélite em 1998.

Mapa 4.2 – Localização das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2021.



Fonte: CETESB (2022) adaptado da base de dados do INPE (2021)

4.3 Fontes de Poluição do Ar na RMSP

A deterioração da qualidade do ar na RMSP é decorrente das emissões atmosféricas provenientes dos veículos e das indústrias. A **Tabela 4.3** apresenta a estimativa da frota circulante da RMSP em dezembro de 2020. Nota-se que a RMSP concentrou 47% da frota do estado em apenas 3,2% do território. Agrava o fato que, na RMSP, residem cerca de 22 milhões de habitantes (IBGE, 2021), que corresponde a 47% da população total do estado.

Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2020

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	% Frota RMSP/Estado
Automóveis		Gasolina C	1.310.565	56%
		Etanol Hidratado	65.063	41%
		<i>Flex-fuel</i>	3.914.281	49%
Comerciais leves		Gasolina C	191.784	57%
		Etanol Hidratado	5.714	38%
		<i>Flex-fuel</i>	355.522	44%
		Diesel	222.571	43%
Caminhões	Semileves	Diesel	11.695	39%
	Leves		39.411	39%
	Médios		22.562	39%
	Semipesados		44.962	39%
	Pesados		54.246	39%
Ônibus	Urbanos	Diesel	33.139	53%
	Micro-ônibus		8.569	53%
	Rodoviários		14.879	53%
Motocicletas		Gasolina C	680.314	40%
		<i>Flex-fuel</i>	241.468	29%
TOTAL			7.216.745	47%

Fonte: CETESB (2022), adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2020 (CETESB, 2022c)

A estimativa de emissão por tipo de fonte é mostrada na **Tabela 4.4** e a contribuição relativa de cada fonte de poluição na RMSP está apresentada na **Tabela 4.5** e pode ser mais facilmente visualizada no **Gráfico 4.3**. Nesta comparação, devem-se levar em conta todas as considerações efetuadas na seção 4.1. No caso específico de partículas inaláveis, as estimativas de contribuição relativa das fontes foram feitas a partir de dados obtidos no estudo de modelo receptor (CETESB, 2002). Portanto, as porcentagens constantes na **Tabela 4.5** e no **Gráfico 4.3**, no que se refere ao MP_{10} , não foram geradas a partir dos dados constantes da **Tabela 4.4**.

As fontes fixas e móveis foram responsáveis pela emissão para a atmosfera de aproximadamente 92,7 mil t/ano de monóxido de carbono, 29,8 mil t/ano de hidrocarbonetos, 65,9 mil t/ano de óxidos de nitrogênio, 4,6 mil t/ano de material particulado e 6,1 mil t/ano de óxidos de enxofre. Desses totais, os veículos são responsáveis por 95% das emissões de CO, 69% de HC, 60% de NO_x, 9% de SO_x e 40% de MP. Houve redução na estimativa de emissão de poluentes veiculares em 2020, comparadas a 2019, ocasionada especialmente pela diminuição do uso de veículos da categoria Automóveis, em razão das limitações impostas pela pandemia do COVID-19, demonstrada também pela redução do consumo de etanol e gasolina no período (CETESB. 2022c).

Observa-se que os veículos leves são as principais fontes de emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, sendo os automóveis a gasolina os maiores emissores de CO (24,6%). Apesar de o tamanho da frota de veículos a gasolina ser menor do que o da frota de veículos flex, as emissões desse primeiro segmento são maiores em razão da maior idade média dos veículos a gasolina. O segmento das motocicletas, mesmo tendo frota menor, também tem participação significativa na emissão de CO e HC (17% e 7%, respectivamente) por causa de seus fatores de emissão serem historicamente maiores.

Destacam-se também as emissões de NO_x dos veículos pesados, equivalentes a 45% do total. Essa participação não deve se alterar em curto prazo, já que a redução importante da emissão de NO_x nos veículos pesados vai se dar somente quando a parcela predominante de veículos em circulação possuir tecnologias mais restritivas, como as que atendem à Fase P7 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), atualmente em vigor, ou posteriores. Em 2020, essa parcela de veículos P7 correspondia a aproximadamente 40%.

A redução dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, considerados os principais precursores de ozônio, pode contribuir para a diminuição das concentrações deste poluente na atmosfera. Entretanto, além da frota circulante e das bases de combustível, outras fontes de emissão de precursores de O₃ na RMSP são consideradas importantes, como as emissões evaporativas de combustíveis que ocorrem no momento do reabastecimento dos tanques e de gasolina, bem como de fontes industriais que emitem compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio. Para sanar parte desse problema, foi introduzida nova exigência de controle, aprovada pela Resolução CONAMA nº 492/2018 (BRASIL, 2018b) voltada para veículos leves, que limitará a emissão durante o reabastecimento a partir do ano de 2023. Observa-se que a mesma resolução e, ainda, as Resoluções CONAMA nº 490/2018 (BRASIL, 2018) e CONAMA nº 493/2019 (BRASIL, 2019), voltadas para veículos pesados e motocicletas, respectivamente, introduziram novas exigências para a redução da emissão dos demais poluentes que serão incorporadas ao longo da próxima década. No caso de veículos pesados, a nova fase P8 do PROCONVE, que se iniciará em 2023, obrigará os novos caminhões e ônibus a reduzir a emissão de NO_x em aproximadamente 80%. Da mesma forma que a fase atual (P7), o impacto dessa redução deverá ocorrer apenas em meados da década de 2030, quando o volume de veículos em circulação fabricados sob o regramento da P8 deverá ser significativo na frota circulante, perspectiva baseada na evolução atual da frota P7 que, mesmo após 10 anos de lançamento, sequer atingiu 50% de participação.

Para os óxidos de enxofre, são importantes as emissões dos veículos, mas principalmente as emissões das indústrias.

No caso das partículas inaláveis, além dos veículos e das indústrias, contribuem ainda outros fatores, como a ressuspensão de poeira do solo e a formação de aerossóis secundários.

Tabela 4.4 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2020

Categoria			Combustível	Emissão (1000 t/ano)				
				CO	HC	NO _x	MP	SO _x
MÓVEIS	Automóveis		Gasolina C	22,79	4,98	3,11	0,02	0,04
			Etanol Hidratado	6,14	1,14	0,48	nd	nd
			Flex-Gasolina C	10,58	3,62	1,02	0,02	0,05
			Flex-Etanol Hidratado	19,96	5,32	1,48	nd	nd
	Comerciais Leves		Gasolina C	3,81	1,09	0,40	0,002	0,01
			Etanol Hidratado	0,46	0,11	0,04	nd	nd
			Flex-Gasolina C	1,15	0,42	0,13	0,002	0,01
			Flex-Etanol Hidratado	2,29	0,57	0,19	nd	nd
			Diesel	0,63	0,16	2,74	0,12	0,07
	Caminhões	Semileves	Diesel	0,13	0,04	0,70	0,03	0,01
		Leves		0,62	0,17	3,37	0,12	0,05
		Médios		0,41	0,12	2,26	0,10	0,03
		Semipesados		0,92	0,19	5,60	0,14	0,10
		Pesados		0,97	0,22	6,14	0,14	0,10
	Ônibus	Urbanos	Diesel	1,54	0,27	7,78	0,18	0,01
		Micro-ônibus		0,23	0,05	1,28	0,04	0,002
		Rodoviários		0,40	0,09	2,50	0,05	0,04
	Motocicletas		Gasolina C	13,84	1,78	0,51	0,03	0,006
			Flex-Gasolina C	1,03	0,12	0,05	0,005	0,001
			Flex-Etanol Hidratado	0,64	0,10	0,03	nd	nd
	Total Emissão Veicular (2020)			88,53	20,57	39,81	1,00	0,54
FIXA	Operação de Processo Industrial (2008) (Número de indústrias inventariadas)			4,18 ¹ (62)	5,6 ² (124)	26,1 ² (162)	3,57 ² (193)	5,59 ¹ (146)
	Base de combustível líquido (2008) (9 empreendimentos)			-	3,68 ²	-	-	-
TOTAL GERAL				92,71	29,85	65,91	4,57	6,13

Fonte: CETESB (2022)

Nota 1:

1 - Ano de referência do inventário: 2008.

2 - Ano de referência do inventário de fontes: 2008. Estimativa de emissão baseada no PREFE 2014.

nd: não disponível

Nota 2:

a) As emissões evaporativas provenientes da frota de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto estão incorporadas nas próprias emissões de HC, incluindo também a estimativa de emissão evaporativa e de abastecimento dos veículos nos postos de combustível.

b) Adaptado de relatório de Emissões Veiculares no estado de São Paulo (CETESB, 2022c)

Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2020

Categoria			Combustível	Poluentes (%)				
				CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ¹	SO _x
MÓVEIS	Automóveis		Gasolina C	24,58	16,67	4,72	0,64	0,69
			Etanol Hidratado	6,62	3,82	0,73	nd	nd
			Flex-Gasolina C	11,41	12,13	1,55	0,76	0,85
			Flex-Etanol Hidratado	21,53	17,84	2,24	nd	nd
	Comerciais Leves		Gasolina C	4,11	3,64	0,61	0,09	0,14
			Etanol Hidratado	0,50	0,37	0,06	nd	nd
			Flex-Gasolina C	1,25	1,42	0,19	0,08	0,12
			Flex-Etanol Hidratado	2,46	1,91	0,28	nd	nd
			Diesel	0,68	0,52	4,16	4,91	1,19
	Caminhões	Semileves	Diesel	0,14	0,13	1,07	1,21	0,17
		Leves		0,66	0,57	5,11	4,95	0,85
		Médios		0,44	0,41	3,43	4,10	0,50
		Semipesados		0,99	0,65	8,49	5,56	1,66
		Pesados		1,04	0,73	9,31	5,39	1,67
	Ônibus	Urbanos	Diesel	1,66	0,92	11,80	7,26	0,17
		Micro-ônibus		0,25	0,18	1,94	1,58	0,03
		Rodoviários		0,44	0,29	3,79	1,95	0,68
	Motocicletas		Gasolina C	14,93	5,96	0,78	1,32	0,09
Flex-Gasolina C			1,11	0,42	0,08	0,19	0,02	
Flex-Etanol Hidratado			0,69	0,34	0,05	nd	nd	
% Emissão Veicular (2020)				95,49	68,91	60,40	40,00	8,84
FIXAS	Operação de Processo Industrial (2008)			4,51	18,76	39,60	10,00	91,16
	Base de combustível líquido (2008)			-	12,33	-	-	-
OUTRAS	Ressuspensão de partículas			-	-	-	25,00	-
	Aerossóis secundários			-	-	-	25,00	-
TOTAL				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: CETESB (2022)

Nota1:

1 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (CETESB, 2002). A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis.

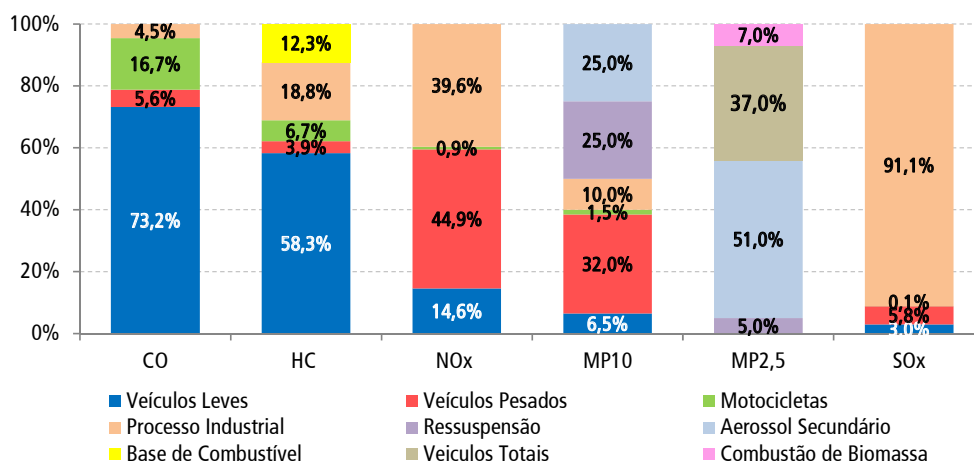
nd: não disponível.

Nota 2:

Adaptado de relatório de Emissões Veiculares no estado de São Paulo (CETESB, 2022c).

O **Gráfico 4.3** apresenta as estimativas de emissões relativas dos diversos poluentes por tipo de fonte. Para o cálculo das contribuições relativas de MP_{10} e $MP_{2,5}$, foram levados em consideração os resultados dos estudos do Balanço Químico de Massa (CETESB, 2002), em que foram estimadas as contribuições das diversas fontes na formação do material particulado, por meio da técnica do modelo receptor que utiliza dados da composição química das partículas da atmosfera e das fontes.

Gráfico 4.3 – Emissões relativas por tipo de fonte – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Nota 1:

MP_{10} - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (CETESB, 2002). A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis (Tabela 4.5).

Nota 2:

$MP_{2,5}$ - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis finas realizado em Cerqueira César em 1996/1997, sendo a contribuição dos veículos apresentada de forma global (CETESB, 2002).

Nota 3:

As emissões de HC provenientes do abastecimento dos veículos nos postos de combustível foram incorporadas nos veículos leves.

5 • Meteorologia no Estado de São Paulo

Nesta seção serão apresentadas as análises meteorológicas em relação à poluição do ar.

5.1 Aspectos Climáticos no Estado de São Paulo

Em termos de precipitação, o clima do estado de São Paulo pode ser dividido em duas estações predominantes: uma estação chuvosa, que compreende o período de outubro a abril, e outra estação seca, de maio a setembro. A estação chuvosa é influenciada pelo aquecimento continental que, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorece a ocorrência de chuvas abundantes. Na estação seca, o clima é predominantemente influenciado por sistemas de alta pressão, tanto subtropicais quanto polares, e as chuvas geralmente ocorrem pela passagem rápida de frentes frias provenientes do sul do continente, sendo essa estação caracterizada não só pela diminuição da precipitação, mas também pela diminuição das temperaturas e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica.

Além das características gerais observadas nessas duas estações, o estado apresenta ainda regiões com fortes contrastes climáticos, resultado das diferentes características geográficas, como relevo e vegetação. Entre os fatores geográficos que influenciam na climatologia nas escalas local e regional, destacam-se a proximidade do mar e a presença de montanhas e depressões, que criam fenômenos como brisa marítima e terrestre, circulação de vale-montanha, etc.

Em relação à dispersão de poluentes atmosféricos, as concentrações mais altas dos poluentes primários ocorrem, via de regra, no período compreendido entre os meses de maio e setembro, devido à maior ocorrência de inversões térmicas em baixos níveis da atmosfera, alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e baixos índices pluviométricos.

No que se refere aos poluentes secundários, principalmente o ozônio, ocorrem níveis mais altos com maior frequência no período compreendido entre setembro e março (primavera e verão), meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera. Entretanto, o maior número de ocorrências de ozônio é registrado na transição entre os períodos seco e chuvoso no estado de São Paulo. Estudos mostraram que a maior frequência de alto nível de ozônio não ocorre necessariamente nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro), provavelmente em razão do aumento da nebulosidade devido à atividade convectiva, que reduz a quantidade de radiação solar incidente no período da tarde e, conseqüentemente, diminui a formação do ozônio na baixa atmosfera.

5.2 Aspectos Meteorológicos no Estado de São Paulo em 2021

A atuação dos fenômenos globais El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria) têm grande influência no comportamento das variáveis meteorológicas e, consequentemente, na qualidade do ar de todo o estado de São Paulo. Esses fenômenos representam, grosso modo, uma alteração do sistema de interação oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Equatorial, produzindo alterações meteorológicas e climáticas em todo o globo terrestre, que também influenciam na circulação do vento em altitude e afetam o regime de chuvas nas diversas regiões do globo, inclusive do Brasil (CPTEC, 2021).

Para a análise da caracterização das condições meteorológicas no estado de São Paulo, durante o ano de 2021, foram utilizadas informações disponíveis na página de vários órgãos relacionados à meteorologia. Descrição mais detalhada sobre a origem dessas informações encontram-se no final deste item.

No ano de 2021, no primeiro semestre, as temperaturas das águas oceânicas do Oceano Pacífico Equatorial se mantiveram mais frias ou próximas da média climatológica, intercalando períodos com condições de La Niña e períodos de neutralidade em relação ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). No segundo semestre predominaram as condições de La Niña.

O resfriamento das águas superficiais na costa do Pacífico Equatorial Oeste reduziu as atividades convectivas nessa região e, consequentemente, influenciou no regime de chuvas em regiões do Brasil, ocasionando anomalias negativas de precipitação nas regiões Centro-Oeste e Sudeste e parte das regiões Sul e Nordeste do Brasil (INMET, 2021b; CPTEC, 2021). Embora tenha havido passagens de sistemas frontais pelo litoral paulista, algumas dessas tiveram fraca atuação sobre a parte continental, sendo observadas anomalias negativas de precipitação em vários locais, tais como na RMSP e, principalmente, no interior do estado.

A seguir serão apresentadas, por trimestre, as condições meteorológicas que predominaram em 2021 sobre o estado de São Paulo.

No primeiro trimestre, as condições oceânicas do Pacífico Equatorial continuaram apresentando condições de La Niña, porém, houve enfraquecimento desse fenômeno a partir de fevereiro, com tendência de neutralidade em março. Durante o trimestre, ocorreram três episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), dois em fevereiro e um em março, no entanto esses sistemas se posicionaram no setor mais ao norte da região Sudeste. Em praticamente todo o estado, as chuvas foram inferiores às médias climatológicas, com exceção dos municípios de Itapeva (janeiro e março), São José dos Campos (fevereiro) e Santos (fevereiro), os quais tiveram precipitações pouco acima das respectivas médias. Apesar da menor quantidade de precipitações, elas se deram de forma bem distribuída durante os meses, muitas vezes com fraca intensidade. Além disso, áreas de instabilidade provocaram nebulosidade na RMSP e em várias regiões do interior, principalmente em janeiro, fevereiro e na primeira quinzena de março.

Quanto às temperaturas, as médias mensais das máximas foram superiores ou próximas às respectivas médias climatológicas na maioria dos municípios, com exceção de São José dos Campos e Marília, em janeiro; da RMSP, São José dos Campos e Santos, em fevereiro; e São José dos Campos, em março.

No segundo trimestre, em abril, as condições oceânicas do Pacífico Equatorial continuaram a apresentar anomalias negativas de temperatura da superfície do mar, mantendo as condições de La Niña. No entanto, em maio e

junho essas condições oceânicas passaram a apresentar condições de neutralidade em relação ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). As chuvas foram inferiores às respectivas médias climatológicas em praticamente todo o estado, com exceção do mês de junho em São José dos Campos, Bauru, Franca, Araçatuba e Presidente Prudente, quando houve passagens de frentes frias pelo litoral paulista, porém com fraca atividade na parte continental. Destaca-se que, em abril, houve a atuação de um sistema de baixa pressão no oceano, que se formou ao largo da costa paulista, e foi denominado “Tempestade Subtropical Potira”. Esse sistema, associado aos ventos, gerou um canal de umidade na parte continental, ocasionando chuvas entre os dias 19 e 23 em praticamente todo o estado, com exceção da região Noroeste.

Quanto às temperaturas, em abril, as médias mensais das temperaturas máximas ficaram abaixo ou próximas das respectivas médias climatológicas, principalmente nas faixas leste e sul do estado, em razão da influência do predomínio de um anticiclone posicionado sobre o oceano Atlântico, a sudeste do Uruguai. Esse sistema, junto ao padrão de circulação ciclônica ao norte, adquiriu características de bloqueio e provocou ventos de sul em áreas do Sudeste, Centro e faixa leste do Sul do Brasil, explicando, em parte, as temperaturas mais baixas que a média, que também estão relacionadas a passagens de três sistemas frontais pelo litoral do estado. Em maio, como consequência da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, as médias mensais das máximas temperaturas voltaram a ser superiores ou próximas das respectivas médias climatológicas em todo o estado, com exceção de São José dos Campos. Vale destacar o município de Itapeva onde a média mensal das máximas temperaturas foi 5,3 °C acima da média climatológica. Em junho, as médias mensais foram abaixo ou próximas das normais climatológicas na maioria dos municípios das faixas leste e sul do estado, com exceção de Itapeva e Santos, como consequências da atuação de alguns anticiclones polares marítimos. Nos municípios das demais regiões do estado, as médias mensais foram superiores às respectivas médias climatológicas.

No terceiro trimestre, as condições oceânicas e atmosféricas observadas na região do oceano Pacífico Equatorial mantiveram as condições de neutralidade do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), no entanto, a partir de agosto houve uma leve tendência de ocorrência de uma nova fase de La Niña. As precipitações foram inferiores ou próximas às médias climatológicas em praticamente todo o estado, com exceção de São José dos Campos, em julho; e a Capital, São José dos Campos e Sorocaba, em agosto.

Quanto às temperaturas, em julho as médias mensais das máximas temperaturas foram abaixo ou próximas da média na RMSP (com exceção da Capital que foi pouco acima da média), no Vale do Paraíba e nas regiões Sudoeste, Oeste/Noroeste, além de Araraquara (Centro), como consequência da atuação de três massas de ar frio que atingiram grande parte do estado. Nas demais localidades, foram acima ou próximas da média. Nesse mês, no dia 30/07/21, foram registradas as menores temperaturas do ano, em todo o estado. Em agosto, foram acima ou próximas das respectivas médias climatológicas em praticamente todo o estado, com exceção de Araraquara e Registro, que foram pouco abaixo da média. Vale destacar que as médias mensais das máximas temperaturas em Itapeva e em Santos foram, respectivamente, 7,1 °C e 8,3 °C acima das médias climatológicas. Essas médias elevadas de temperatura se deram principalmente como consequência do predomínio de massas de ar quente, seco e estável que predominaram na segunda quinzena do mês. Em setembro, houve a atuação de uma massa de ar seco e quente que perdurou por quase todo o mês. As médias das temperaturas máximas foram acima das respectivas médias climatológicas em todo o estado, algumas delas bem acima como Itapeva que registrou média das máximas de 5,9 °C acima da média climatológica, Franca (5,6 °C acima), Araçatuba (5,4 °C acima), Presidente Prudente (5,1 °C acima), Santos (5,0 °C acima) e a Capital (4,2 °C acima). A baixa pluviosidade no mês de setembro, associada aos ventos, propiciou

eventos de ressuspensão de poeira do solo em diversos municípios do interior paulista, principalmente nas regiões de Catanduva, Franca e Ribeirão Preto, com ocorrências no final de setembro (26 e 27/9) e início de outubro (1, 3 e 4/10).

No quarto trimestre, em outubro as condições oceânicas do Pacífico Equatorial voltaram a apresentar anomalias negativas de temperatura da superfície do mar, apresentando condições de La Niña que se mantiveram durante todo o trimestre. Com exceção de outubro, as precipitações continuaram inferiores ou próximas às médias climatológicas em praticamente todo o estado. Em outubro, na primeira quinzena, houve o predomínio do anticiclone polar marítimo na faixa leste do estado, com ocorrência de chuvas leves. Nas demais regiões do estado, houve atuação de áreas de instabilidade que ocasionaram chuvas isoladas em diversos municípios, principalmente na região Norte do estado. Na segunda quinzena, as precipitações se deram pela atuação de áreas de instabilidade associadas a frentes frias que permaneceram semiestacionárias no litoral, entre os estados de SP e RJ, formando um episódio de ZCAS que perdurou até o final do mês. Em novembro, houve a ocorrência de três episódios de ZCAS, no entanto, estas se situaram mais ao norte da região Sudeste do país, mantendo as frentes frias de forma semiestacionária entre os litorais dos estados do RJ e ES. Essa situação fez com que as massas de ar frio permanecessem no oceano, ao longo da costa paulista e dos estados do sul do país, reduzindo a atividade convectiva na parte continental do estado de São Paulo e da região Sul do país. De acordo com o CPTEC/INPE (CPTEC, 2021), esse comportamento esteve associado à ocorrência do fenômeno La Niña. Em dezembro, as precipitações se concentraram praticamente em meados do mês e ocorreram em razão de áreas de instabilidade associadas à passagem de uma frente fria ao longo do litoral paulista; houve também dias de ocorrência de chuvas ocasionadas por massas de ar frio, que atuaram principalmente na faixa leste do estado, que se mantiveram ao longo da costa paulista por causa da formação de duas ZCAS sobre o sul da Bahia, na primeira quinzena e última semana do mês.

Quanto às temperaturas, em outubro as médias mensais das máximas temperaturas ficaram abaixo ou próximas da média climatológica em quase todas as regiões do estado, principalmente na RMSP, com exceção de Santos, Franca e Itapeva. Vale destacar que São José dos Campos registrou médias das máximas 5,7 °C abaixo da média climatológica, Registro (2,5 °C abaixo), Marília (3,2 °C abaixo), Ribeirão Preto (2,1 °C abaixo), Capital (1,9 °C abaixo). Em novembro e dezembro, as médias mensais das máximas temperaturas ficaram abaixo ou próximas da média climatológica na faixa leste do estado, com exceção do litoral. Nas demais regiões do estado, as médias ficaram acima ou próximas das médias climatológicas.

Pode-se dizer que 2021 foi um ano muito seco, com exceção do mês de outubro, nos demais meses as precipitações ficaram abaixo das respectivas médias climatológicas na maioria das regiões do estado. Destaca-se o mês de setembro, quando foram observadas médias mensais das máximas temperaturas bem acima das respectivas médias climatológicas. Os meses de maio e setembro foram os meses que apresentaram os menores volumes de chuvas e o mês de outubro, que além da anomalia positiva de precipitações, registrou médias das máximas temperaturas abaixo das normais climatológicas mensais.

Para essa análise das condições meteorológicas no estado de São Paulo, durante o ano 2021, descritas acima, foram utilizadas as informações sobre precipitação pluviométrica e outras variáveis meteorológicas disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021a) e na Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC) (SÃO PAULO, 2021b), para as estações meteorológicas de Santos (Baixada Santista), São José dos Campos (Vale do Paraíba), Mirante de Santana e Guarulhos (RMSP), Bauru, Araraquara e Campinas (Central), Barretos, Franca e Ribeirão Preto (Norte), Sorocaba, Registro e Itapeva (Sul), Marília e Presidente Prudente (Sudoeste), Araçatuba e São José do Rio Preto (Oeste-Noroeste). Também foram utilizadas as informações de variáveis meteorológicas medidas pela rede

de estações automáticas da qualidade do ar da CETESB (CETESB, 2022b), do Portal Agrometeorológico e Hidrológico no estado de São Paulo (CIIAGRO, 2021) e do Banco de dados hidrológicos do Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2021). Além dessas informações, foram utilizadas as análises dos boletins Prognósticos Climáticos (INMET, 2021b) elaboradas em conjunto pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo INMET e pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME); relatórios de Síntese Climática Mensal do CPTEC/INPE (CPTEC, 2021); e Notas Técnicas do INMET (INMET, 2021c).

5.3 Aspectos meteorológicos na poluição do ar no Estado de São Paulo

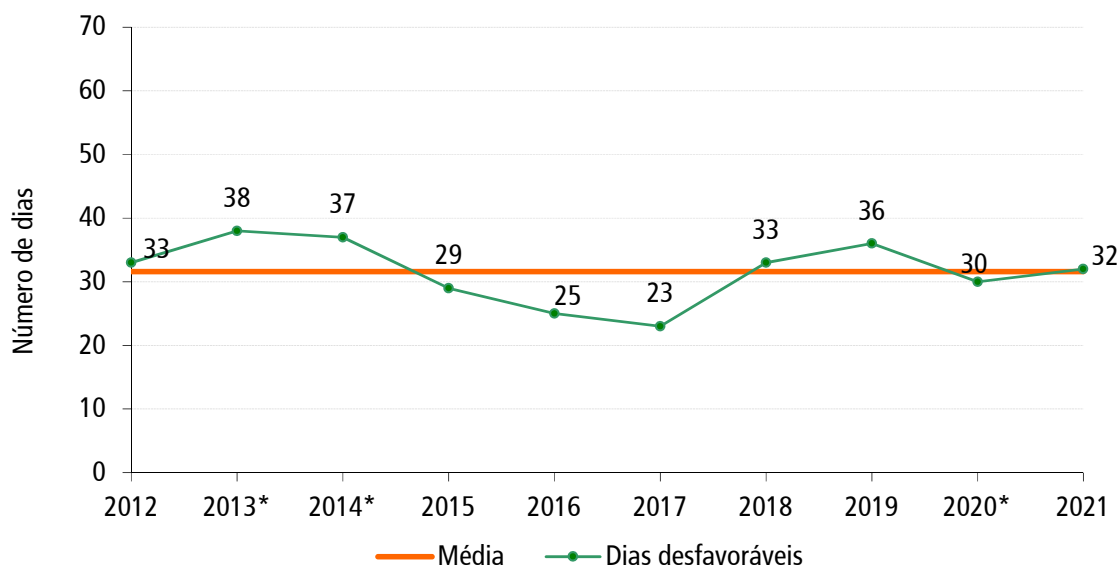
Neste item, serão apresentadas as condições meteorológicas para dispersão de poluentes e para a formação de ozônio no estado de São Paulo.

5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2021

O **Gráfico 5.1** apresenta o número de dias em que as condições meteorológicas, na RMSP, foram desfavoráveis à dispersão de poluentes primários, durante o ano, no período de 2012 a 2021. Essa análise é feita a partir dos parâmetros meteorológicos avaliados diariamente para a RMSP. De maneira geral, essa análise das condições meteorológicas para dispersão de poluentes pode ser extrapolada para as demais regiões do estado, pois os sistemas meteorológicos predominantes são, geralmente, de grande escala e atuam praticamente sobre todas as regiões do estado.

Em 2021, houve 32 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes primários, sendo todos no período de maio a agosto (que correspondem a 21% dos dias de maio a setembro), ficando na média dos últimos dez anos. Em setembro não houve condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes primários. O período de maio a setembro é o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo.

Gráfico 5.1 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Nota: * ano em que houve dias desfavoráveis no mês de abril.

Embora o número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2021 tenha ficado na média dos últimos dez anos (**Gráfico 5.1**), o total de chuva observado nos meses de maio a setembro ficou abaixo das médias mensais climatológicas para esses meses, que são os meses mais críticos para a dispersão de poluentes. Além disso, na maioria desses meses, as chuvas se concentraram em poucos dias. Na segunda quinzena de agosto, além da baixa pluviosidade, entre os dias 17 e 27, houve um período quente e seco em todo o estado, quando foram observadas ocorrências de focos de queimada em diversas localidades do estado. Em setembro, além de eventos de focos de queimada, houve também eventos de ressuspensão de poeira do solo em diversas localidades do interior paulista, ocasionados por fortes ventos, principalmente no final desse mês e início do mês de outubro.

Para exemplificar, o **Gráfico 5.2** apresenta, para os meses de maio a setembro, a precipitação diária e o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar às 15 horas, medidos na estação meteorológica Mirante de Santana do INMET, na capital paulista. Nesse horário do dia, geralmente, os valores percentuais de umidade relativa são mais baixos e os valores de temperatura são mais altos. A linha reta vermelha, em cada gráfico, representa as médias dos percentuais de umidade relativa do ar às 15 horas de cada mês. Em 2021, foram observados vários dias consecutivos com a umidade relativa abaixo de 40 % em todo o período de maio a setembro, sendo que os meses de julho, agosto e setembro apresentaram dias com percentuais de umidade relativa abaixo de 30 %. O mês de setembro, além de apresentar dias consecutivos com baixa umidade relativa, teve também vários dias com temperaturas acima de 30 °C. Essa situação meteorológica se estendeu para as diversas regiões do estado, o que propiciou condições para ocorrência generalizada de focos de queimada, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, bem como condições para a ressuspensão de poeira do solo.

Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP
(maio a setembro – Mirante de Santana) (continua)

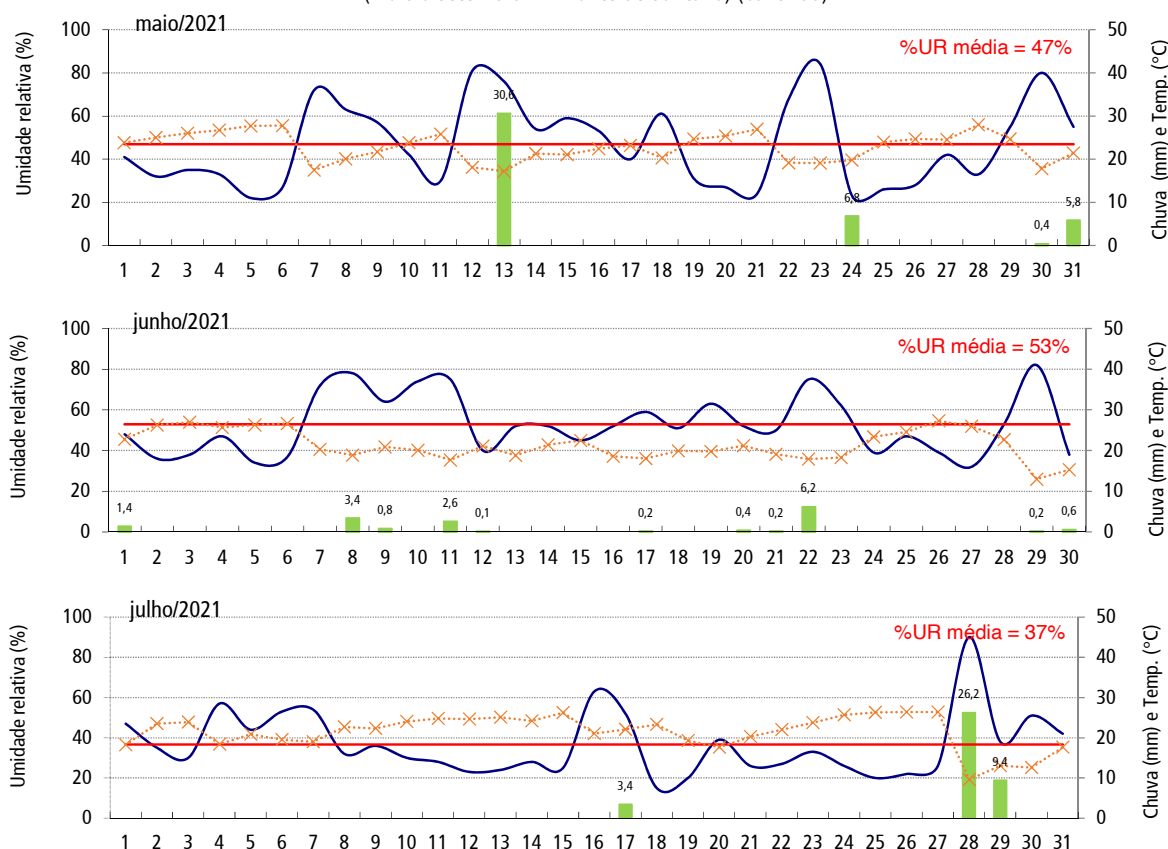
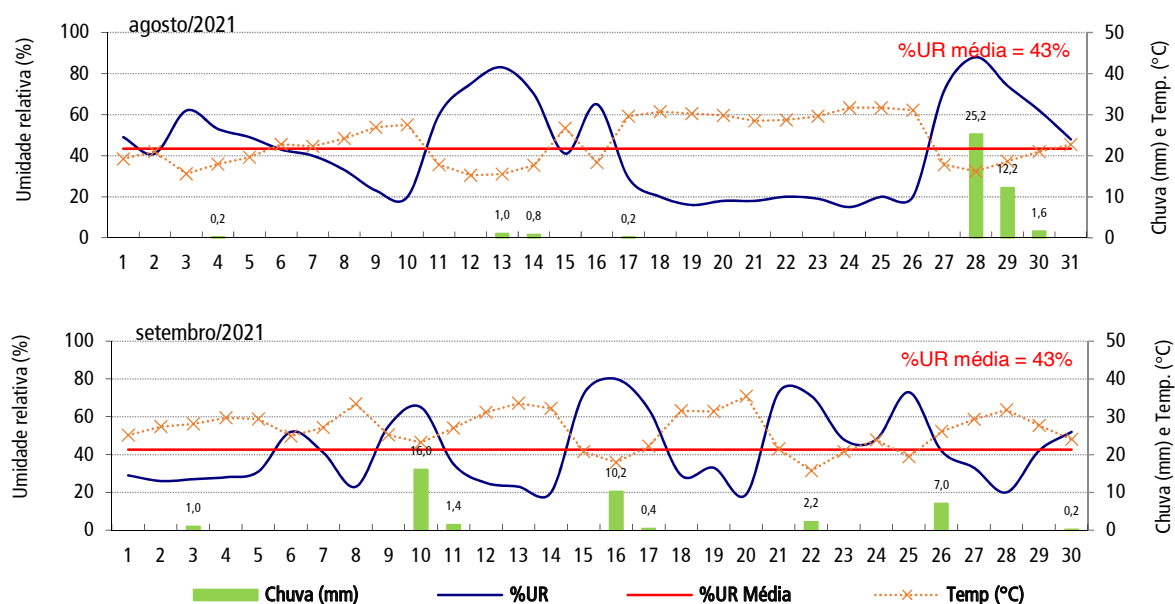


Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP
(maio a setembro – Mirante de Santana) (conclusão)



Fonte: CETESB (2022) adaptado de INMET (2021a)

A fim de ilustrar essa situação, na **Tabela 5.1**, são apresentadas as médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e as médias mensais das máximas diárias de temperatura do ar nas estações da CETESB, de maio a setembro de 2021. Destaca-se, em cor vermelha, os valores médios das mínimas de umidade relativa menores do que 40 % e, em cor laranja, os valores médios das máximas temperaturas maiores do que 30,0 °C. Nota-se que o mês de setembro foi muito quente e seco nas estações do interior do estado.

Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2021
(continua)

UGRHI	ESTAÇÕES	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
		URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)
2	Guaratinguetá	-	26,7	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jacareí	51	25,7	55	24,1	37	24,2	44	26,2	39	30,5
	São José dos Campos	46	25,7	51	24,1	35	24,2	40	26,1	36	30,7
	São José dos Campos-Jd.Satélite	45	25,3	49	23,8	35	23,9	41	25,8	37	30,1
	São José dos Campos-Vista Verde	47	25,0	51	23,4	38	22,3	39	26,0	35	31,2
	Taubaté	45	25,9	49	24,2	35	24,1	38	26,7	33	31,2
3	São Sebastião	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Ribeirão Preto	-	-	35	27,5	22	28,2	23	31,7	21	36,0
5	Campinas-Taquaral	-	26,4	-	25,0	-	24,9	-	27,5	-	32,1
	Campinas-V. União	38	26,5	42	25,1	27	25,0	33	27,5	-	-
	Jundiaí	44	24,9	49	23,7	32	23,5	39	25,8	35	30,2
	Limeira	38	27,3	43	25,5	26	25,7	30	29,3	26	33,3
	Paulínia	-	27,5	-	26,0	-	26,0	-	28,8	-	33,3
	Paulínia-Sta Terezinha	38	27,3	41	25,8	26	25,9	31	28,7	28	32,5

Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2021 (conclusão)

UGRHI	ESTAÇÕES	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
		URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)
5	Piracicaba	40	26,7	43	25,4	27	25,8	31	28,7	27	33,1
	Rio Claro-Jd. Guanabara	38	27,7	43	26,0	25	26,8	29	29,8	25	34,2
	Santa Gertrudes	36	27,8	41	26,1	25	26,3	29	29,3	25	33,7
6	Capão Redondo	49	23,4	60	21,7	41	21,9	47	23,5	50	26,9
	Carapicuíba	47	23,7	-	-	-	-	46	23,9	40	28,0
	Guarulhos-Paço Municipal	-	24,1	-	22,5	-	22,8	-	24,3	-	28,4
	Guarulhos-Pimentas	44	24,5	53	22,3	38	22,3	45	24,0	40	28,4
	Marg. Tietê-Pte dos Remédios	43	24,1	50	22,4	34	22,5	42	24,3	-	-
	Parque D. Pedro II	44	24,8	51	23,0	35	23,2	43	24,9	38	28,8
	Pico do Jaraguá	-	21,5	-	19,8	-	20,0	-	22,2	-	26,0
	Pinheiros	42	-	50	-	34	-	41	-	37	-
	São Caetano do Sul	43	24,7	52	22,4	36	22,9	43	24,5	39	28,6
7	Cubatão-Centro	58	26,3	65	24,2	53	24,0	63	25,1	64	26,5
	Cubatão-Vale do Mogi	-	26,0	-	24,1	-	24,1	-	25,0	-	25,8
	Santos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Santos-Ponta da Praia	74	26,4	80	24,9	74	24,4	-	-	-	-
10	Sorocaba	43	25,5	47	24,3	31	24,4	35	26,9	34	30,8
	Tatui	42	25,1	48	23,3	-	24,1	32	27,0	32	30,6
13	Araraquara	-	-	37	25,1	24	25,2	26	28,7	24	32,9
	Bauru	42	28,3	48	26,1	31	26,4	34	29,9	30	34,1
	Jaú	40	28,3	45	26,1	29	26,4	33	29,6	-	-
15	Catanduva	40	28,6	40	27,2	27	27,2	29	30,4	26	34,6
	São José do Rio Preto	43	29,9	43	28,6	29	28,6	32	31,7	30	35,9
19	Araçatuba	46	29,9	50	27,7	31	28,1	34	31,8	31	36,2
21	Marília	-	27,1	-	24,6	-	25,2	-	29,3	-	32,9
22	Presidente Prudente	33	29,2	44	25,8	24	26,9	27	30,7	28	33,8

Fonte: Qualar (CETESB, 2022b)

Nota:

URmin = média mensal das mínimas diárias de umidade relativa do ar

Tmax = média mensal das máximas diárias de temperatura do ar

A ocorrência de precipitação pluviométrica, além de ser um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimentos de ar que favorecem a dispersão de poluentes, promove também a remoção desses poluentes.

De maneira geral, o ano de 2021 foi meteorologicamente um pouco mais desfavorável à dispersão dos poluentes do que 2020. Em 2021, a baixa pluviosidade observada nos meses de inverno também influenciou nos níveis de concentração de material particulado, sobretudo no interior do estado, pois associada aos eventos de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, principalmente em agosto e setembro, houve condições para ocorrência generalizada de focos de queimada, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, bem como de condições para a ressuspensão de poeira do solo.

No **Apêndice 3** são apresentados, para os últimos cinco anos, a frequência mensal de sistemas frontais que atuaram no estado de São Paulo, a distribuição mensal do número de dias favoráveis e desfavoráveis à dispersão de poluentes na RMSP e a porcentagem mensal de dias favoráveis e desfavoráveis no período de maio a setembro.

5.3.2 Condições Meteorológicas para Formação de Ozônio – 2021

O ozônio apresenta, ao longo do ano, uma distribuição de episódios totalmente distinta dos poluentes primários, uma vez que esse poluente é formado na atmosfera através de reações fotoquímicas que dependem da radiação solar, dentre outros fatores.

Dessa forma, concentrações elevadas de ozônio ocorrem com mais frequência no período de primavera e verão, época em que os meses são mais quentes e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera, e com menor frequência nos meses de maio a agosto. A descrição mais detalhada das condições meteorológicas mensais encontra-se no item 5.2.

Durante o primeiro trimestre, houve condições propícias à formação de concentrações elevadas de ozônio, que ocasionaram 11 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo três dias em fevereiro e oito em março. As ultrapassagens do padrão nesse trimestre ocorreram quando o estado se encontrava sob a atuação de uma área de instabilidade continental, em dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar. Conforme descrito no item 5.2, em janeiro e fevereiro, a atuação de áreas de instabilidade ocasionou muita nebulosidade que inibiu a formação de ozônio na baixa atmosfera.

No segundo trimestre, não houve condições meteorológicas propícias à formação de altas concentrações de ozônio, por causa da atuação de massas de ar frio, principalmente na faixa leste do estado, que mantiveram as temperaturas diárias mais amenas. Essa mesma situação foi observada no mês de julho.

No decorrer do terceiro trimestre, houve condições meteorológicas mais propícias à formação de ozônio, que ocasionaram 27 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo nove dias em agosto e 18 dias em setembro. Em agosto, as ultrapassagens do padrão ocorreram quando o estado se encontrava sob a atuação de uma massa de ar quente e seco (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul) que predominou por vários dias. Em setembro, as ultrapassagens ocorreram de forma generalizada em todo o estado, quando predominou a atuação de áreas de instabilidade continental, em dias com altas temperaturas, alta incidência de radiação solar e baixa pluviosidade.

No quarto trimestre, houve condições meteorológicas propícias à formação de ozônio, que ocasionaram 11 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo um único dia em outubro, sete dias em novembro e três em dezembro. A maioria dos dias de ultrapassagens do padrão ocorreu em dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar, quando o estado se encontrava sob a atuação de uma área de instabilidade continental ou associada a uma frente fria no oceano. Em outubro, além de ter sido o mês mais chuvoso do ano, as temperaturas foram mais amenas do que costumam ser, não propiciando condições para a formação de ozônio. Houve uma única ultrapassagem em Ribeirão Preto, no dia 05/10, quando o interior paulista esteve sob atuação de uma área de instabilidade continental e a faixa leste do estado sob atuação de uma massa de ar frio. Em novembro, a maioria dos dias de ultrapassagens foi registrada na RMSP, sendo que em três dias observou-se também no interior do estado. No dia 23/11, além da RMSP, houve uma ultrapassagem em Cubatão-Centro, sendo a única ultrapassagem desse poluente observada no litoral, nesse ano. Em dezembro, as ultrapassagens se deram apenas na RMSP.

De modo geral, durante o ano de 2021, houve dias meteorologicamente propícios à formação de altas concentrações de ozônio, resultando em 49 dias com ultrapassagens do padrão quando se considera todo o estado. Os meses de março, agosto, setembro e novembro foram os que apresentaram as maiores ocorrências

de ultrapassagens do padrão desse poluente, enquanto que, nos meses de janeiro, abril, maio, junho e julho, o limite legal não foi excedido no estado, ressaltando que outubro também não teve registro de ultrapassagem do padrão na RMSP.

6 • Qualidade do Ar no Estado de São Paulo

6.1 Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar

Nesta seção, são apresentados os resultados do monitoramento de qualidade do ar no estado de São Paulo, em 2021, por grupo de poluente. A avaliação da qualidade do ar foi efetuada considerando-se os padrões estaduais estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013) e a classificação da qualidade do ar decorrente desses poluentes (vide seção 2.2.1), que foram aplicados para os cinco últimos anos.

O **Apêndice 4** apresenta um resumo dos dados de monitoramento, contendo os máximos valores diários, as médias anuais e as ultrapassagens dos padrões estaduais de curto prazo, nos últimos quatro anos.

As análises dos dados de qualidade do ar consideram os períodos de curto prazo de 1, 8 e 24 horas, conforme a definição de valor diário de cada poluente, e longo prazo, que neste caso é representado pelas médias anuais das médias diárias. No caso dos particulados e do dióxido de enxofre, os valores diários são as médias das concentrações horárias, considerando o período de 24h. Para o dióxido de nitrogênio, é considerada a maior concentração horária do dia e para o ozônio e o monóxido de carbono considera-se a maior média móvel de 8 horas do dia. As distribuições percentuais de qualidade do ar são obtidas a partir dos valores diários com base nos períodos de curto prazo, considerando-se classificação estabelecida na **Tabela 2.4**.

Os dados das redes de monitoramento automático e manual são diferenciados, quando necessário, pela inclusão das siglas (A) e (M), respectivamente, à frente do nome das estações. No caso de monitoramento com amostrador passivo, é diferenciado com a sigla (P) e no caso de estação automática móvel, com a sigla (EM).

Para melhor interpretação dos resultados, dependendo do poluente, as estações de monitoramento da qualidade do ar foram agrupadas por UGRHI.

Nos gráficos de média anual, foi incluída como referência a indicação dos valores das Metas Intermediárias e Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (ver seção 2.2). Os dados apresentados nesses gráficos e os valores de padrão/metasp referem-se à média anual, portanto, não devem ser confundidos com a classificação dos municípios (descrita com mais detalhe no final desta seção), que é elaborada considerando-se valores médios de três anos, de acordo com critérios específicos estabelecidos no Decreto. Caso haja interesse nesse mesmo tipo de análise para valores de curto prazo, sugere-se consultar o Sistema de Informações de Qualidade do Ar - QUALAR.

Neste relatório também são apresentados, para avaliação de tendência de comportamento na RMSp, gráficos da média móvel de concentração de alguns poluentes com os respectivos percentis 10 e 90. Para tanto, foram calculados valores médios das médias móveis de três anos, para o parâmetro em questão, obtidos em cada estação considerada. Nesse caso, para uma maior abrangência, optou-se por utilizar a maior parte das estações com monitoramento representativo anual nos últimos anos, embora a base de estações se altere

durante o período considerado. Em geral, o comportamento não é muito diferente do observado, caso fossem consideradas somente as estações com monitoramento representativo de todo o período.

Também no caso da RMSP, a análise de alguns poluentes considerou a escala de representatividade espacial das estações (ver seção 3.3.2 e Apêndice 5), visando avaliar o comportamento dos poluentes primários nas estações classificadas como de microescala, localizadas bastante próximas a vias de tráfego e, consequentemente, com significativa influência das emissões veiculares. Essas estações também são importantes para a avaliação da eficácia dos programas de controle desse tipo de fonte.

Em razão do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), com vistas à política de gerenciamento da qualidade do ar, os municípios são classificados a cada três anos, nas seguintes categorias: maior que M1 (>M1), M1, M2, M3 e MF, cotejando-se os valores observados nas estações de monitoramento com as Metas Intermediárias e o Padrão Final. Em 2019, a CETESB apresentou nova “Classificação da Qualidade do Ar – Relação de Municípios e Dados de Monitoramento”, que foi aprovada pela Deliberação CONSEMA nº 20 de 24/09/2019, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, em 26/09/2019 (SÃO PAULO, 2019). Essa classificação também está disponível para consulta, na sua versão vigente, no endereço eletrônico da CETESB (CETESB, 2019).

Na interpretação dos dados de qualidade do ar em 2021, é importante considerar que este ainda foi um ano atípico, por causa da pandemia de COVID-19, que teve uma segunda onda nos primeiros meses do ano. Algumas restrições, que iniciaram a partir de 23 de março de 2020, foram ainda mantidas no primeiro semestre de 2021, sendo gradativamente reduzidas a partir de agosto. Houve retomada gradativa das atividades escolares, porém, as restrições de aglomerações ainda continuaram.

Essas medidas tiveram como consequência, principalmente nos primeiros meses do ano de 2021, a redução de algumas atividades, em relação ao período pré-pandemia e, como consequência, a diminuição de circulação dos veículos automotores, principal tipo de fonte responsável pela deterioração da qualidade do ar nas regiões mais urbanizadas do estado.

6.2 Resultados

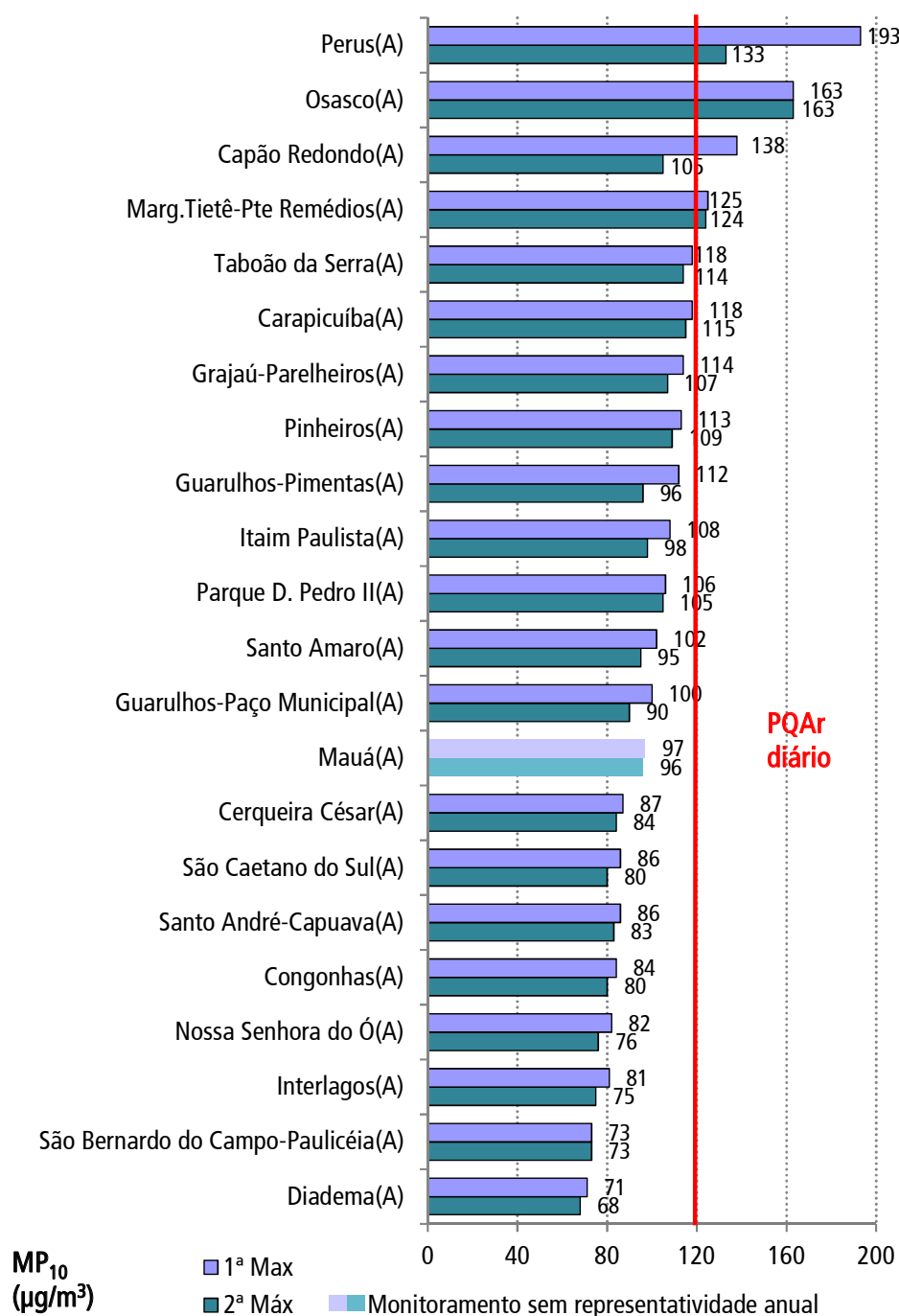
6.2.1 Material Particulado

Nesta seção, são apresentados os resultados para partículas inaláveis (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), fumaça (FMC) e partículas totais em suspensão (PTS).

6.2.1.1 Partículas Inaláveis - MP_{10}

Na RMSP, em 2021, houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar de curto prazo ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nas estações Perus (2), Osasco (4), Capão Redondo (1) e Marg. Tietê-Pte. dos Remédios (2). No **Gráfico 6.1** são apresentadas as máximas concentrações diárias registradas nas estações da RMSP.

Gráfico 6.1 – MP_{10} – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2021



Fonte: CETESB (2022)

Na **Tabela 6.1** é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar nos últimos cinco anos, para o conjunto das estações da RMSP com monitoramento anual representativo. Verifica-se que, em 2021, o percentual de qualidade BOA foi semelhante a 2020, porém, em 2021, foi registrada qualidade MUITO RUIM nas estações Osasco e Perus. Em 22/08, teve início um incêndio de grandes proporções que atingiu o Parque Estadual do Juquery, situado na região Norte da RMSP. Este incêndio durou cerca de três dias e pode ter influenciado na qualidade do ar dessas estações. Os dias com qualidade RUIM foram registrados nas estações Capão Redondo, Carapicuíba, Grajaú-Parelheiros, Guarulhos-Pimentas, Itaim Paulista, Marg. Tietê-Pte. dos Remédios, Osasco, Parque Dom Pedro II, Perus, Pinheiros, Santo Amaro e Taboão da Serra.

Embora em 2021 a circulação de veículos não tenha retornado aos níveis de antes da pandemia, houve baixa pluviosidade nos meses de abril, maio, junho, julho e principalmente na segunda quinzena do mês de agosto e setembro, o que prejudicou a dispersão dos poluentes e propiciou condições para a ressuspensão da poeira do solo, bem como a ocorrência de focos de queimadas. Essa situação contribuiu para os níveis observados desse poluente em 2021.

Tabela 6.1 – MP_{10} - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP

Partículas Inaláveis (MP_{10})							
Anos		média de 24h					NU
		Boa 0 - 50 $\mu g/m^3$	Moderada >50 - 100 $\mu g/m^3$	Ruim >100 - 150 $\mu g/m^3$	Muito Ruim >150 - 250 $\mu g/m^3$	Péssima >250 $\mu g/m^3$	
RMSP	2017	90,97%	8,90%	0,13%			1
	2018	89,93%	9,62%	0,43%	0,02%		10
	2019	90,56%	9,38%	0,06%			0
	2020	90,29%	9,60%	0,11%			2
	2021	90,60%	8,94%	0,41%	0,06%		4

Fonte: CETESB (2022)

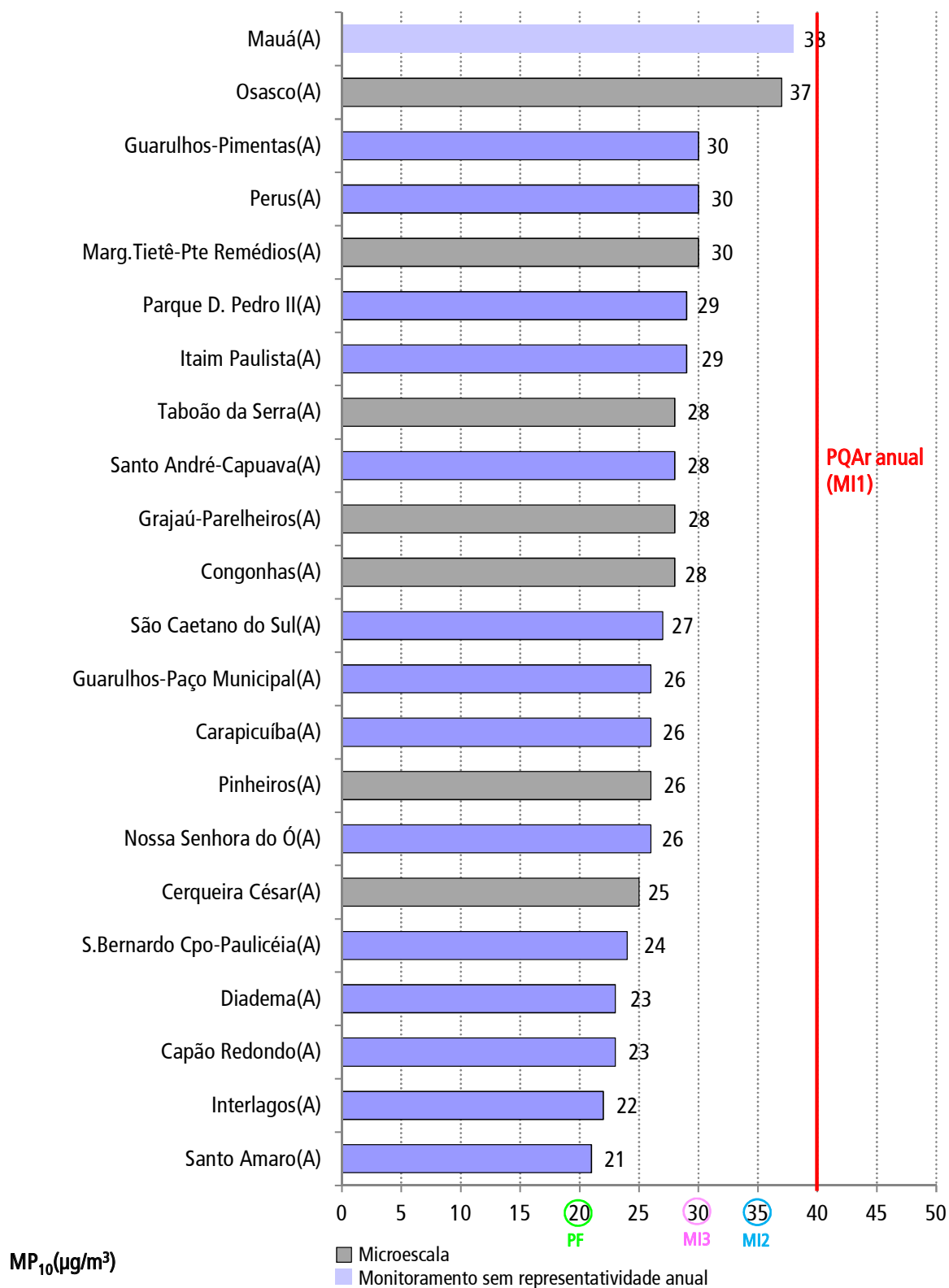
Nota:

NU = Número de dias com ultrapassagem do PQAr de 24 horas = $120 \mu g/m^3$. No totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo

No **Gráfico 6.2** são apresentadas as concentrações médias anuais de 2021 para as estações da RMSP, sendo destacadas na cor cinza as estações localizadas próximas a vias de tráfego, cujas escalas de representatividade espacial são de microescala (ver seção 3.3.2 e Apêndice 5), ou seja, relativas a áreas com dimensões de poucos metros até 100 metros. Essas estações são importantes para a avaliação dos níveis de poluentes em locais que sofrem maior influência das emissões veiculares e, embora tenham abrangência espacial reduzida, representam áreas próximas a vias de tráfego com características semelhantes na RMSP.

Em 2021, não houve ultrapassagem do padrão de longo prazo ($40 \mu g/m^3$) nas estações da RMSP.

Gráfico 6.2 – MP_{10} – Concentrações médias anuais RMSP – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Comparando-se, a título ilustrativo, as médias anuais (**Gráfico 6.2**) das estações que atenderam ao critério de representatividade anual, com os valores de referência estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), observa-se que, em 2021, nenhuma estação atendeu ao Padrão Final (PF), que é a última etapa a ser atingida das metas progressivas, conforme o Decreto. Nota-se que, das 21 estações com representatividade anual, as médias anuais atenderam à Meta Intermediária 3 (MI3) em 20 locais e, apenas a estação Osasco, com o maior valor observado na RMSP, superou a Meta Intermediária 2 (MI2). Em 2021, nenhuma estação superou a Meta Intermediária 1 (MI1), padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão.

O **Gráfico 6.3** apresenta a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} na RMSP, no período de 2000 a 2021, e o número de dias meteorologicamente desfavoráveis à dispersão dos poluentes, em cada ano. A área hachurada em azul do gráfico indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Neste caso, o percentil 90 indica que 90% das estações consideradas apresentaram concentrações médias anuais abaixo do valor apresentado para esse percentil.

Na RMSP, onde grande parte das emissões de material particulado tem origem veicular, quando se comparam as concentrações atuais com as observadas no início da década de 2000, verifica-se que houve melhora nos níveis de concentração desse poluente, em razão das ações e programas de controle de emissões ao longo dos anos. Tal fato pode ser verificado comparando-se, por exemplo, as concentrações médias em 2004 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e em 2018 ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$), anos em que o número de dias meteorologicamente desfavoráveis foi o mesmo.

Nos últimos anos, observa-se que as concentrações médias tendem à estabilidade, apesar da variação nas condições meteorológicas, indicando que, mesmo com as emissões dos veículos novos cada vez mais baixas, estas são suficientes apenas para compensar o aumento da frota e o comprometimento das condições de tráfego. Apesar de 2021 ter sido meteorologicamente um pouco mais desfavorável à dispersão dos poluentes do que 2020 e do aumento gradativo da circulação de veículos, observa-se a mesma concentração média em relação ao ano anterior. Vale salientar embora algumas medidas restritivas de circulação veicular terem sido reduzidas, esta ainda não voltou aos níveis anteriores ao início da pandemia.

Observa-se também uma diminuição da amplitude de variação entre os valores do percentil 10 e do percentil 90 (área hachurada em azul), quando se comparam os últimos anos com os anos do início da década de 2000, indicando uma maior homogeneidade das médias anuais registradas nas estações.

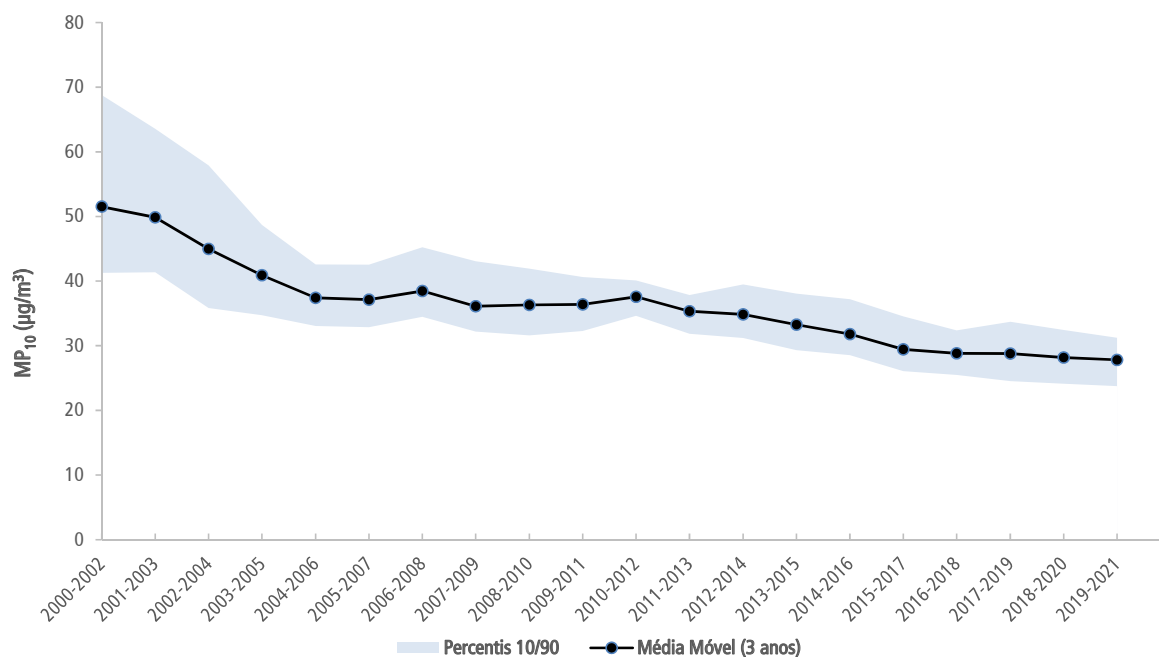
Gráfico 6.3 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo, exceto: Cambuci, Centro, Guarulhos, Itaquera, Lapa, Mogi das Cruzes-EM, Pinheiros e São Miguel Paulista.

De forma a se atenuar as variações meteorológicas de ano para ano, o **Gráfico 6.4** apresenta a evolução da média das médias móveis das concentrações médias anuais, obtidas em cada estação, considerando o intervalo de três anos.

Gráfico 6.4 – MP_{10} – Evolução das médias móveis – RMSP

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

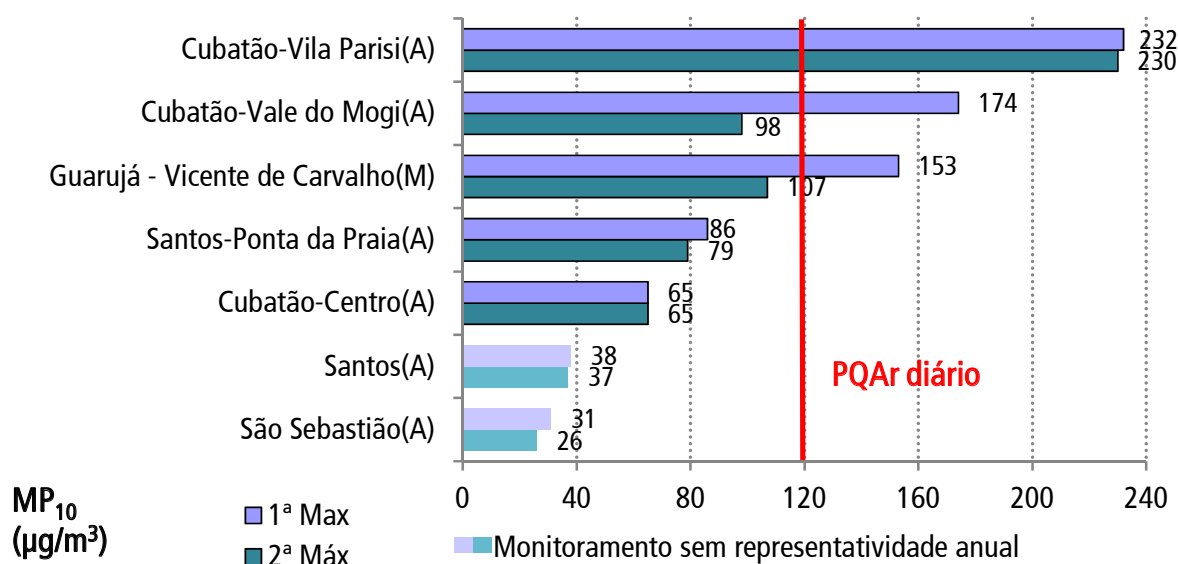
Base RMSP: Todas as estações com monitoramento representativo no ano, exceto: Centro, Cambuci, Guarulhos, Itaquera, Lapa, Mogi das Cruzes-EM, Pinheiros e São Miguel Paulista.

Nas estações localizadas na Baixada Santista (**Gráfico 6.5**), as maiores concentrações foram observadas na área industrial de Cubatão. O PQAr diário ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado 31 vezes em Cubatão-Vila Parisi e uma vez em Cubatão-Vale do Mogi. O Nível de Atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) não foi atingido em nenhuma ocasião. As estações em Santos e Santos-Ponta da Praia não registraram ultrapassagens do padrão diário. As concentrações de partículas inaláveis observadas na estação Santos-Ponta da Praia estão associadas às atividades portuárias, com movimentação de caminhões, transporte e manipulação de grãos e cereais, entre outros. Nessa estação, as maiores concentrações de MP_{10} são observadas, de maneira geral, em dias com ocorrência de períodos de calmaria, principalmente durante a noite e madrugada, precedidos de ventos provenientes do quadrante Norte-Este.

Na estação manual Guarujá-Vicente de Carvalho, que sofre influência das atividades realizadas na margem esquerda do Porto de Santos, foi observada uma ultrapassagem do padrão diário de MP_{10} .

No Litoral Norte, na estação automática São Sebastião, localizada na área portuária do Porto de São Sebastião, não houve ultrapassagem do padrão diário, no período em que houve monitoramento.

Gráfico 6.5 – MP_{10} – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2021



Fonte: CETESB (2022)

A **Tabela 6.2** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas da Baixada Santista e do Litoral Norte em 2021. Verifica-se que neste ano foram registradas a qualidade RUIM em Cubatão-Vila Parisi e a qualidade MUITO RUIM nas estações Cubatão-Vale do Mogi e Cubatão-Vila Parisi.

Tabela 6.2 – MP_{10} - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática

Partículas Inaláveis (MP_{10}) - 2021							
Estação		média de 24h					NU
		Boa 0 - 50 $\mu g/m^3$	Moderada >50 - 100 $\mu g/m^3$	Ruim >100 - 150 $\mu g/m^3$	Muito Ruim >150 - 250 $\mu g/m^3$	Péssima >250 $\mu g/m^3$	
Litoral	Cubatão-Centro	98,4%	1,6%				0
	Cubatão-Vale do Mogi	90,6%	9,1%		0,3%		1
	Cubatão-Vila Parisi	39,6%	46,1%	11,2%	3,1%		31
	Santos	100,0%					0
	Santos-Ponta da Praia	94,9%	5,1%				0
	São Sebastião	100,0%					0

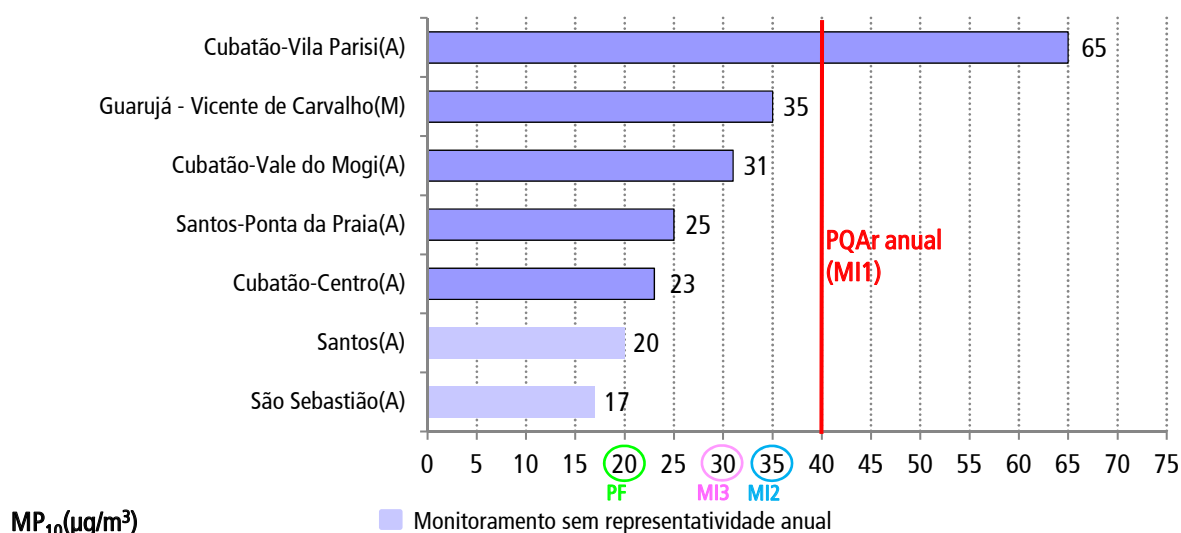
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas de $120 \mu g/m^3$

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Em 2021, na Baixada Santista o padrão de qualidade do ar de longo prazo foi superado apenas em Cubatão-Vila Parisi (**Gráfico 6.6**), localizada na área industrial de Cubatão.

Gráfico 6.6 – MP_{10} – Concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

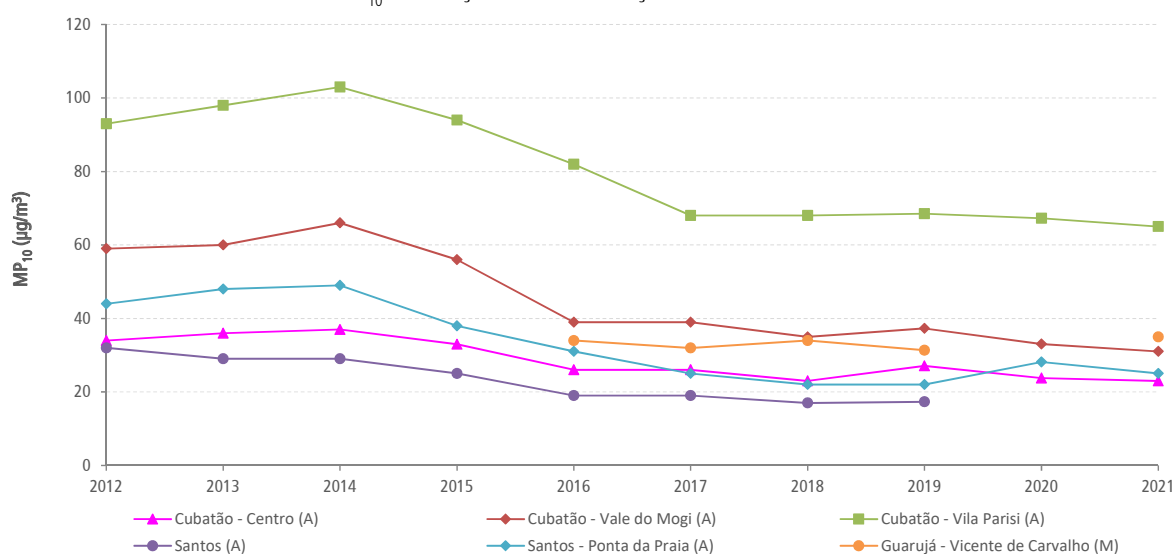
Considerando as estações da Baixada Santista que tiveram representatividade anual dos dados em 2021, observa-se que nenhuma estação atendeu ao Padrão Final (PF). A estação Santos-Ponta da Praia, na cidade de Santos, atendeu ao valor da Meta Intermediária 3 (MI3). No Guarujá, a estação Guarujá-Vicente de Carvalho atendeu à Meta Intermediária 2 (MI2). Em Cubatão, com três estações medidoras, apenas a estação localizada no centro urbano atendeu ao valor da Meta Intermediária 3 (MI3). A estação do Vale do Mogi, com influência marcante da área industrial, atendeu à Meta Intermediária 2 (MI2), enquanto a estação de Vila Parisi não atendeu nem à Meta intermediária 1 (MI1), que é o padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão.

No **Gráfico 6.7**, observa-se que as concentrações médias de partículas inaláveis têm se mantido elevadas ao longo dos anos na região da Vila Parisi, em razão principalmente das emissões do polo industrial, com os valores médios superiores aos da região do Vale do Mogi.

Nos últimos cinco anos, as concentrações médias das estações Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Vale do Mogi mantiveram-se praticamente estáveis. A queda ocorrida nos anos anteriores, bem como a manutenção nos últimos anos, pode estar relacionada às condições meteorológicas mais favoráveis observadas na região, bem como à paralisação parcial de alguns processos industriais de empresas locais, nesses anos. Em 2021, continuou a redução de atividades de produção industrial iniciada devido à pandemia. Em Santos, na estação localizada na Ponta da Praia, a concentração média teve redução em 2021 em relação a 2020. As concentrações nessa estação podem estar associadas à atividade portuária, principalmente, da movimentação de grãos de soja e milho. Baseado nos relatórios de movimentação portuária do Porto de Santos (CODESP, 2021), em 2021, houve aumento de 10,5% da exportação de soja a granel e redução de 38% da exportação de milho a granel, em relação a 2020. A redução das concentrações na estação Santos-Ponta da Praia, observada nos anos anteriores, esteve associada à melhoria dos procedimentos de operação na manipulação de grãos e cereais no Porto de Santos, bem como às condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes observadas nesses anos.

Em 2021, o total de chuvas em Santos foi um pouco inferior à média climatológica anual e também ao observado em 2020. Os meses de março a setembro e novembro tiveram precipitações abaixo das respectivas médias climatológicas mensais, com poucos dias com ocorrências de chuvas nesses meses. Em Cubatão, o total de chuvas em 2021 foi inferior ao registrado em 2020. Apesar disso, as chuvas se deram de forma bem distribuídas ao longo dos meses, com vários dias de ocorrência de precipitações, mesmo nos meses em que os totais foram baixos. Os meses com menores índices pluviométricos mensais foram maio, junho, julho e setembro. Essa regularidade na distribuição das chuvas pode estar associada à atuação de anticiclones polares marítimos, bem como aos efeitos de brisa marítima atuando mais intensamente nas áreas mais próximas às encostas da Serra do Mar, como é o caso de Cubatão.

Gráfico 6.7 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista



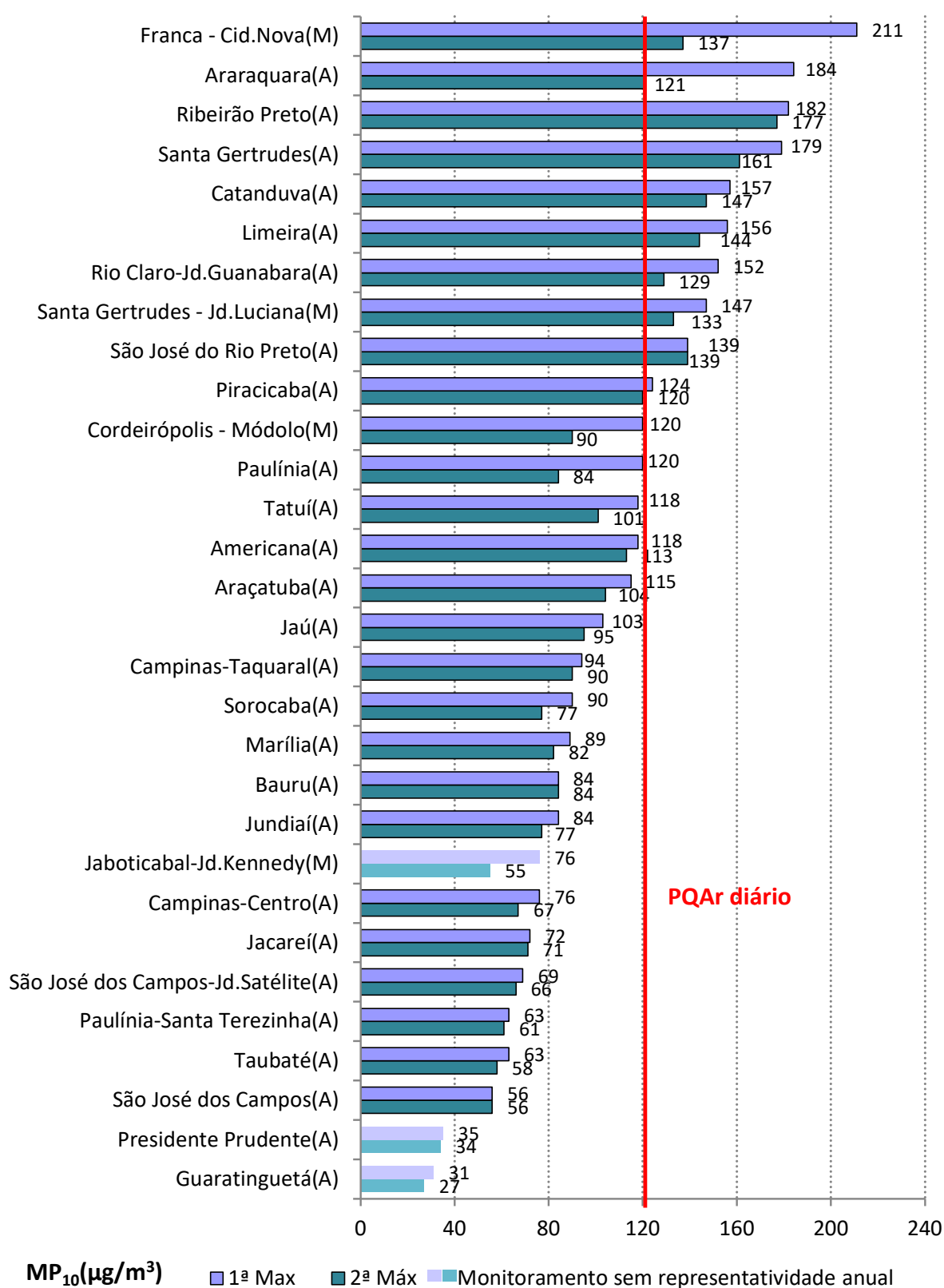
Fonte: CETESB (2022)

Em relação às estações de monitoramento localizadas nos diversos municípios do interior do estado (**Gráfico 6.8**), em 2021, nas estações de monitoramento manual foram observadas três ultrapassagens do padrão diário de partículas inaláveis ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Santa Gertrudes-Jd. Luciana e duas na estação Franca-Cid. Nova. Nas estações automáticas, houve ultrapassagens do padrão diário nas seguintes estações: em Ribeirão Preto (15), Santa Gertrudes (13), Catanduva (3), Limeira (2), Rio Claro-Jd. Guanabara (2), Araraquara (2), São José do Rio Preto (2) e Piracicaba (1). Nas demais estações do interior não houve ultrapassagem do padrão diário.

A maioria dessas ultrapassagens ocorreu durante a segunda quinzena de agosto e em setembro, em razão do tempo quente e seco, quando ocorreram focos generalizados de queimadas que influenciaram nas altas concentrações medidas nas estações do interior do estado. Além disso, em setembro, ocorreram alguns episódios de ventos fortes que ressuspenderam a poeira do solo, que também contribuíram para as altas concentrações de partículas inaláveis.

Na região de Santa Gertrudes, as atividades do polo industrial de material cerâmico são fontes potenciais de emissão de material particulado para a atmosfera.

Em Ribeirão Preto, além da influência dos focos de queimadas locais, houve também eventos de ressuspensão de poeira do solo, que influenciaram nas altas concentrações medidas na estação. Destaca-se o evento de ventos fortes ocorrido no dia 26/09, que além de Ribeirão Preto, foi também observado nos municípios de Presidente Prudente, Franca, Jales, Araçatuba e Barretos.

Gráfico 6.8 – MP_{10} – Concentrações máximas diárias – Interior – 2021

Fonte: CETESB (2022)

A **Tabela 6.3** apresenta as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações automáticas do interior do estado, em 2021. Nota-se que foram observados alguns dias com qualidade RUIM nas estações Americana, Araçatuba, Araraquara, Catanduva, Jaú, Limeira, Paulínia, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes, São José do Rio Preto e Tatuí; qualidade MUITO RUIM nas estações Araraquara, Catanduva, Limeira, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara e Santa Gertrudes. Essas ocorrências de qualidade RUIM e MUITO RUIM foram associadas, principalmente, aos períodos de dias quentes e secos, durante os meses de agosto e setembro, além de eventos tais como: focos de queimadas em várias regiões do estado e ressuspensão de poeira, principalmente, nas regiões de Ribeirão Preto, Presidente Prudente e Araçatuba; e às atividades ligadas ao polo ceramista, em Santa Gertrudes.

Tabela 6.3 – MP_{10} - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior - Rede Automática

Partículas Inaláveis (MP_{10}) - 2021							
Estação		media de 24h					NU
		Boa 0 - 50 $\mu g/m^3$	Moderada >50 - 100 $\mu g/m^3$	Ruim >100 - 150 $\mu g/m^3$	Muito Ruim >150 - 250 $\mu g/m^3$	Péssima >250 $\mu g/m^3$	
Interior do Estado	Americana	82,8%	16,1%	1,1%			0
	Araçatuba	85,1%	14,3%	0,6%			0
	Araraquara	84,5%	13,6%	1,0%	0,3%		2
	Bauru	88,4%	11,6%				0
	Campinas-Centro	98,6%	1,4%				0
	Campinas-Taquaral	96,5%	3,5%				0
	Catanduva	74,8%	21,6%	3,3%	0,3%		3
	Guaratinguetá	100,0%					0
	Jacareí	98,7%	1,3%				0
	Jaú	93,2%	7,0%	0,3%			0
	Jundiaí	95,8%	4,2%				0
	Limeira	80,9%	18,0%	0,9%	0,3%		2
	Marília	94,1%	5,9%				0
	Paulínia	86,6%	13,2%	0,3%			0
	Paulínia-Sta Terezinha	96,8%	3,2%				0
	Piracicaba	83,8%	15,1%	1,1%			1
	Presidente Prudente	100,0%					0
	Ribeirão Preto	75,5%	17,3%	4,3%	2,9%		15
	Rio Claro-Jd. Guanabara	71,1%	25,0%	3,6%	0,3%		2
	S. José Campos	98,9%	1,1%				0
	S. José Campos-Jd. Satélite	97,0%	3,0%				0
	Santa Gertrudes	57,3%	36,0%	6,3%	0,9%		13
	São José do Rio Preto	78,5%	20,0%	1,5%			2
	Sorocaba	95,9%	4,1%				0
	Tatuí	94,0%	4,8%	0,6%			0
	Taubaté	98,1%	1,9%				0

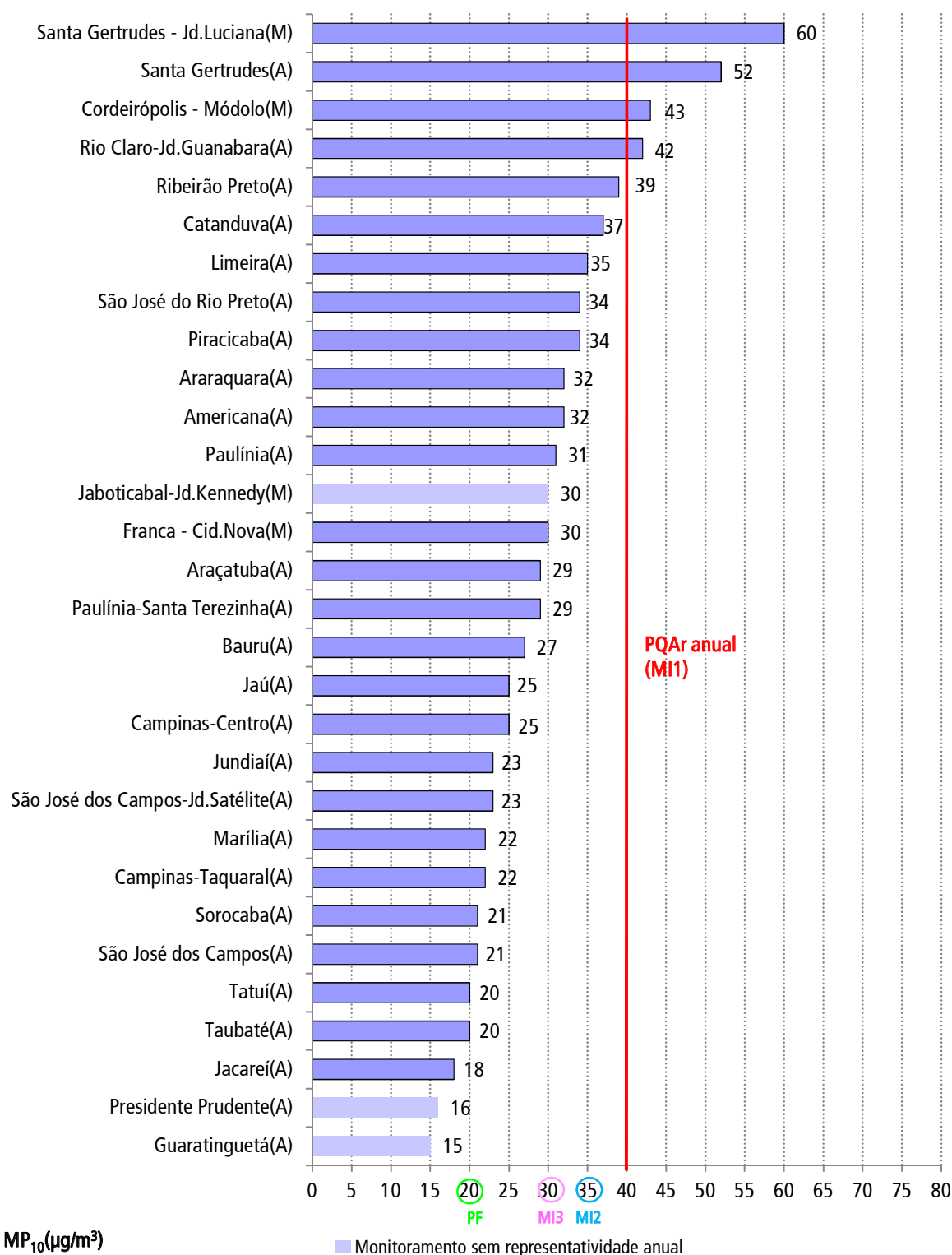
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA de 24 horas de $120 \mu g/m^3$

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

O padrão de longo prazo de $40 \mu g/m^3$ (**Gráfico 6.9**) foi ultrapassado nas estações manuais, Santa Gertrudes-Jd. Luciana e Cordeirópolis-Módolo, e nas estações automáticas Santa Gertrudes e Rio Claro-Jd. Guanabara. Os níveis de concentrações médias anuais observados nas estações localizadas no município de Santa Gertrudes se devem principalmente às atividades ligadas ao polo ceramista.

Gráfico 6.9 – MP_{10} – Concentrações médias anuais – Interior – 2021

Fonte: CETESB (2022)

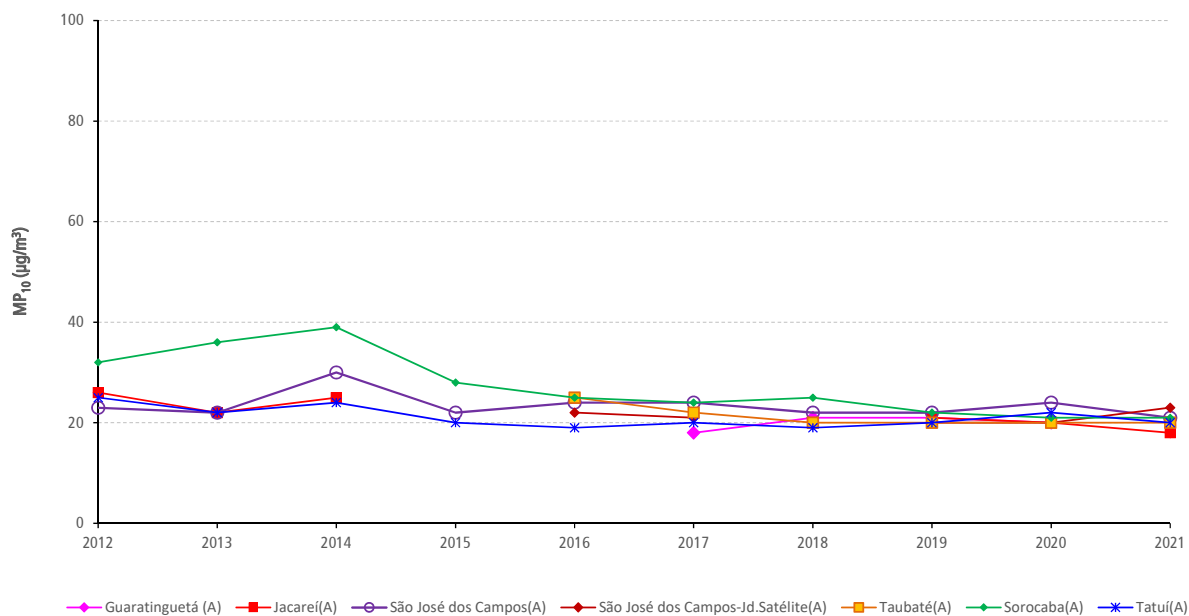
Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Ainda em relação ao **Gráfico 6.9**, comparando-se, a título ilustrativo, as médias anuais das estações com representatividade anual dos dados em 2021 com os valores de referência, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, observa-se que em 2021 as médias anuais das estações Tatuí, Taubaté e Jacareí não ultrapassaram o Padrão Final, que é a última etapa das metas progressivas a ser atingida. Das 27 estações que atenderam ao critério de representatividade anual no interior do estado, a Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 12 estações, enquanto a Meta Intermediária 2 (MI2) foi atendida em outros seis locais. Observa-se que, entre as seis estações restantes, Ribeirão Preto e Catanduva atenderam à Meta Intermediária 1 (MI1) e as demais, Santa Gertrudes-Jd. Luciana, Santa Gertrudes, Cordeirópolis-Módolo e Rio Claro-Jd. Guanabara que sofrem influência mais direta de atividades produtivas não atenderam a essa meta, que é o padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão.

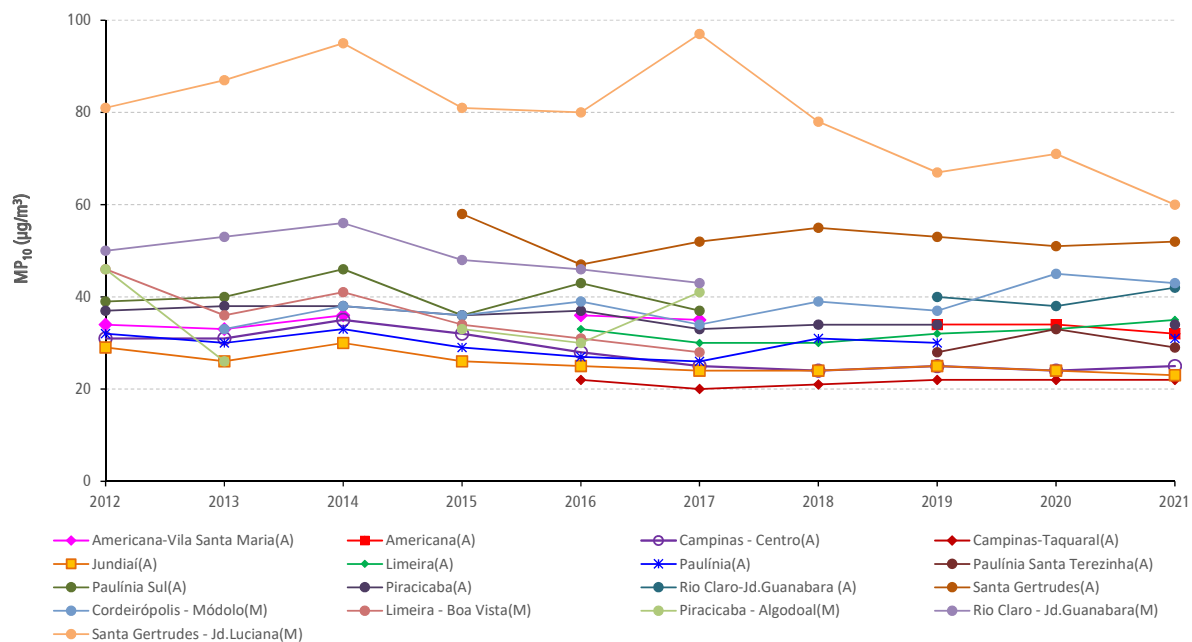
Os **Gráficos 6.10**, **6.11** e **6.12** mostram a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} das estações do interior do estado nos últimos dez anos, considerando o critério de representatividade anual dos dados. Observa-se que, quando comparadas as médias anuais de 2021 com as de 2020, as médias anuais em 2021 se mantiveram ou tiveram uma ligeira diminuição na maioria das estações do interior do estado. As exceções são as estações São José dos Campos-Jd. Satélite, Campinas-Centro, Limeira, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes, Franca-Cid. Nova, Araraquara, Bauru, Jaú e São José do Rio Preto. Esse aumento observado nas concentrações médias de algumas estações do interior pode estar associado às condições meteorológicas observadas no último ano, conforme descrito no item **5.3.1**.

Gráfico 6.10 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Interior
UGRHIs 2 e 10



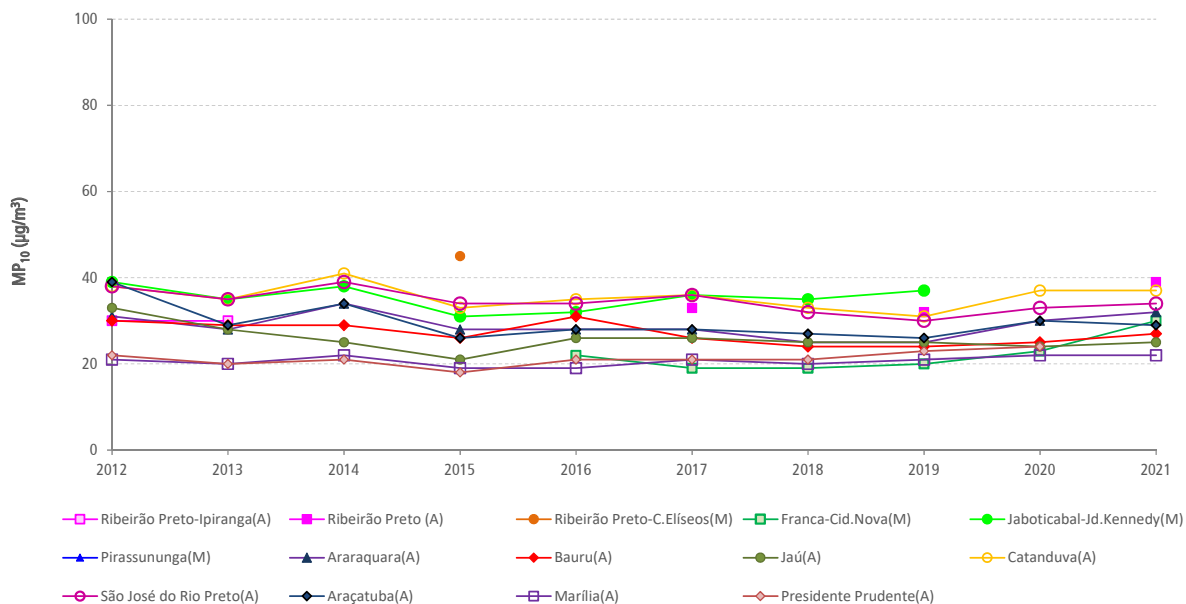
Fonte: CETESB (2022)

Gráfico 6.11 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHI 5



Fonte: CETESB (2022)

Gráfico 6.12 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHIs 4, 13, 15, 19, 21 e 22

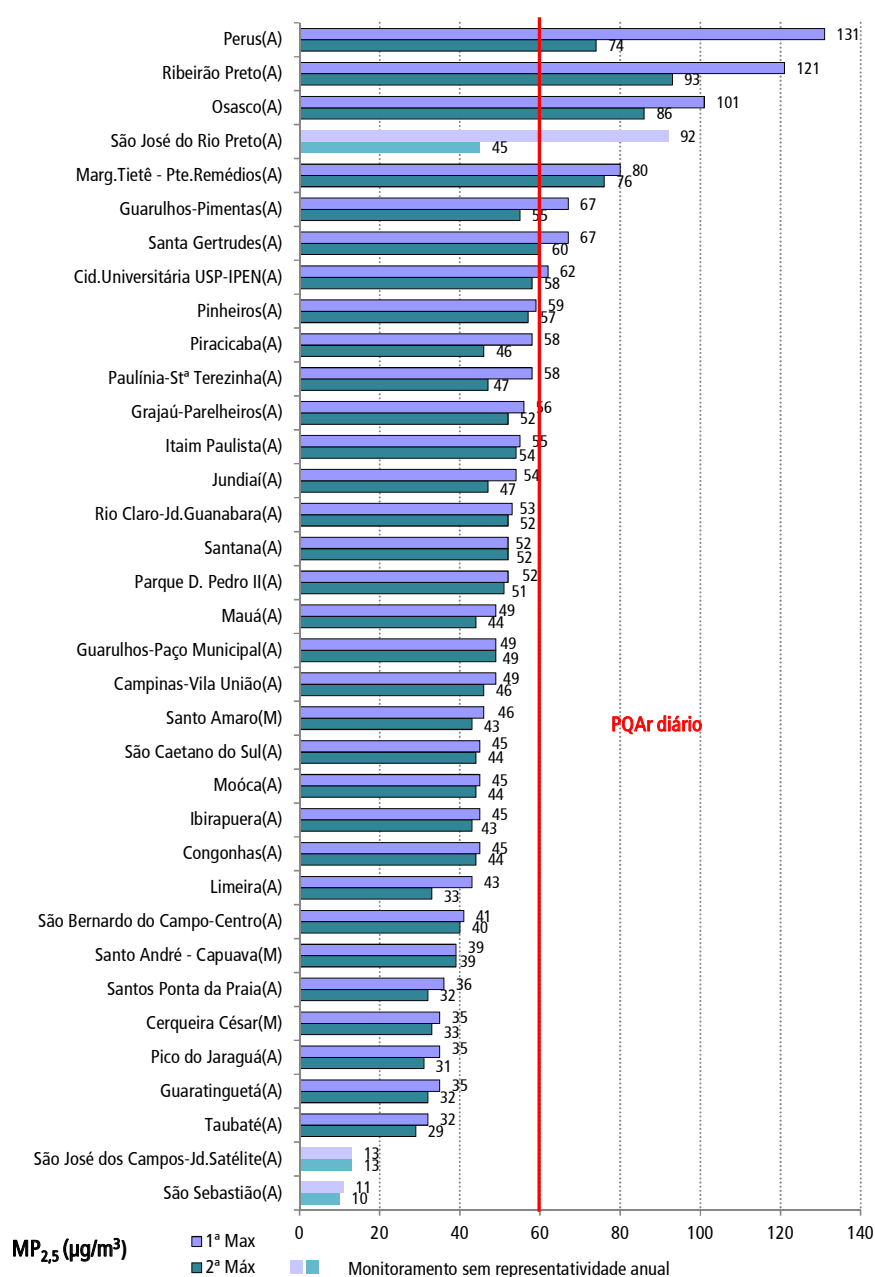


Fonte: CETESB (2022)

6.2.1.2 Partículas Inaláveis Finas – $MP_{2,5}$

O **Gráfico 6.13** apresenta as concentrações máximas diárias de partículas inaláveis finas registradas em 2021 nas estações manuais e automáticas do estado. Na RMSP, houve ultrapassagens do padrão diário de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas seguintes estações: Perus (2), Osasco (8), Marginal Tietê-Ponte dos Remédios (4), Guarulhos-Pimentas (1) e Cid. Universitária-USP-IPEN (1); no interior houve ultrapassagens nas estações Ribeirão Preto (16), São José do Rio Preto (1) e Santa Gertrudes (1). Nas demais estações da RMSP, bem como da Baixada Santista e do interior do estado, não houve ultrapassagem do padrão diário. A estação Perus chegou a atingir o Nível de Atenção ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), no dia 23/08, em decorrência de um incêndio de grandes proporções que atingiu o Parque Estadual do Juquery, situado na região Norte da RMSP.

Gráfico 6.13 – $MP_{2,5}$ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021



Fonte: CETESB (2022)

A **Tabela 6.4** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas da RMSP, nos últimos cinco anos. Pode-se observar que, em 2021, em comparação com o ano anterior, o percentual de qualidade BOA manteve praticamente estável. No entanto, houve aumento das qualidades RUIM e MUITO RUIM, chegando a atingir a qualidade PÉSSIMA na estação Perus, no dia 23/08, quando foi atingido o Nível de Atenção em decorrência do incêndio no Parque Estadual do Juquey, conforme comentado anteriormente.

Tabela 6.4 – $MP_{2,5}$ - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP - Rede Automática

Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$)							
Anos		média de 24h					NU
		Boa 0 - 25 $\mu g/m^3$	Moderada >25 - 50 $\mu g/m^3$	Ruim >50 - 75 $\mu g/m^3$	Muito Ruim >75 - 125 $\mu g/m^3$	Péssima >125 $\mu g/m^3$	
RMSP	2017	84,60%	15,05%	0,35%			1
	2018	83,66%	14,87%	1,37%	0,10%		14
	2019	84,75%	14,67%	0,56%	0,02%		6
	2020	86,19%	13,35%	0,46%			3
	2021	86,75%	12,32%	0,82%	0,09%	0,02%	9

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias com ultrapassagem do PQAr de 24 horas = $60 \mu g/m^3$. No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Base RMSP: Todas as estações automáticas fixas com monitoramento anual representativo

A **Tabela 6.5** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas do interior, Baixada Santista e Litoral Norte em 2021. Neste ano foram observados alguns dias com a qualidade RUIM nas estações Jundiaí, Paulínia-Santa Terezinha, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara e Santa Gertrudes; qualidade MUITO RUIM nas estações Ribeirão Preto e São José do Rio Preto. Da mesma forma que o ocorrido com o MP_{10} , a maioria desses eventos de qualidade RUIM e MUITO RUIM estão associadas, principalmente, ao período de dias quentes e secos ocorrido na segunda quinzena do mês de agosto e durante o mês de setembro, quando ocorreram focos de queimadas generalizadas no interior do estado.

Tabela 6.5 – $MP_{2,5}$ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática

Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$) - 2021							
Estação		média de 24h					NU
		Boa 0 - 25 $\mu g/m^3$	Moderada >25 - 50 $\mu g/m^3$	Ruim >50 - 75 $\mu g/m^3$	Muito Ruim >75 - 125 $\mu g/m^3$	Péssima >125 $\mu g/m^3$	
Interior e Litoral do Estado	Campinas-V. União	85,8%	14,2%				0
	Guaratinguetá	96,0%	4,0%				0
	Jundiaí	92,7%	7,0%	0,3%			0
	Limeira	96,4%	3,6%				0
	Paulínia-Sta Terezinha	79,1%	21,0%	0,4%			0
	Piracicaba	91,8%	7,9%	0,3%			0
	Ribeirão Preto	76,0%	17,0%	4,3%	3,2%		16
	Rio Claro-Jd. Guanabara	79,2%	20,1%	0,6%			0
	S. José Campos-Jd. Satélite	100,0%					0
	Santa Gertrudes	78,0%	19,8%	1,7%			1
	Santos-Ponta da Praia	96,3%	3,7%				0
	São José do Rio Preto	86,8%	12,8%		0,4%		1
	São Sebastião	100,0%					0
	Taubaté	98,1%	1,9%				0

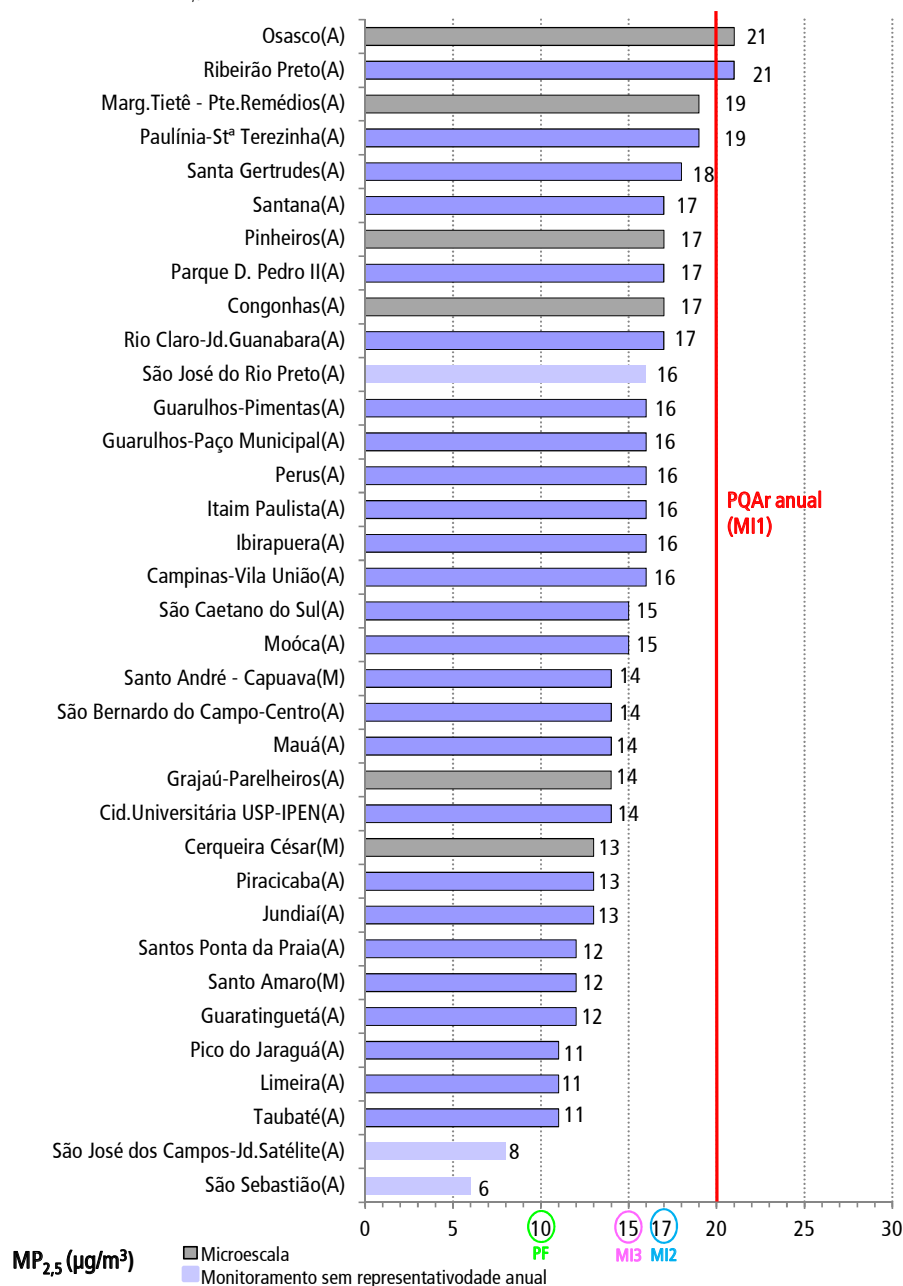
Fonte: CETESB (2022)

Nota: NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas de $60 \mu g/m^3$

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

No **Gráfico 6.14**, são apresentadas as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ observadas em 2021. Houve ultrapassagem do padrão anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na estação Osasco, na RMSP, e em Ribeirão Preto, no interior. As demais estações da RMSP, do interior e da Baixada Santista não apresentaram ultrapassagem do padrão anual. Nas estações com representatividade anual dos dados, observa-se que o Padrão Final, que é a última etapa estabelecida pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013, não foi atendido em nenhuma estação. A Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 16 locais, enquanto outras 11 estações atenderam à Meta Intermediária 2 (MI2). Três estações não excederam a Meta Intermediária 1 (MI1).

Gráfico 6.14 – $MP_{2,5}$ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021



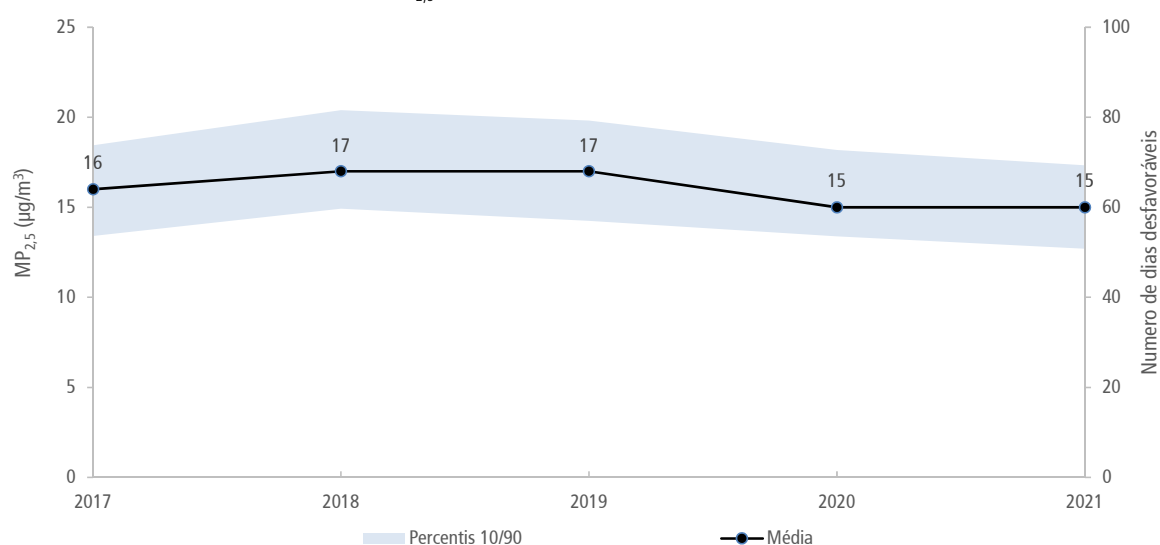
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

MI1 = PQA; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

O **Gráfico 6.15** apresenta a evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMSP, no período de 2017 a 2021. A área hachurada em azul indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Embora o monitoramento sistemático desse poluente na RMSP date de 2011, nesse gráfico são apresentadas apenas médias integradas para a região dos últimos cinco anos, visto que a partir de 2017 a rede passou a contar com maior número de estações que medem esse poluente, tornando o monitoramento mais abrangente. Os dados obtidos nos anos anteriores podem ser consultados nos relatórios publicados antes. O **Gráfico 6.16** apresenta a evolução das concentrações médias anuais das estações da Baixada Santista e do interior, onde se observa que as concentrações médias aumentaram apenas na estação Santa Gertrudes e se mantiveram nas estações Piracicaba e Santos-Ponta da Praia. Nas demais estações do interior e litoral, as concentrações médias tiveram redução.

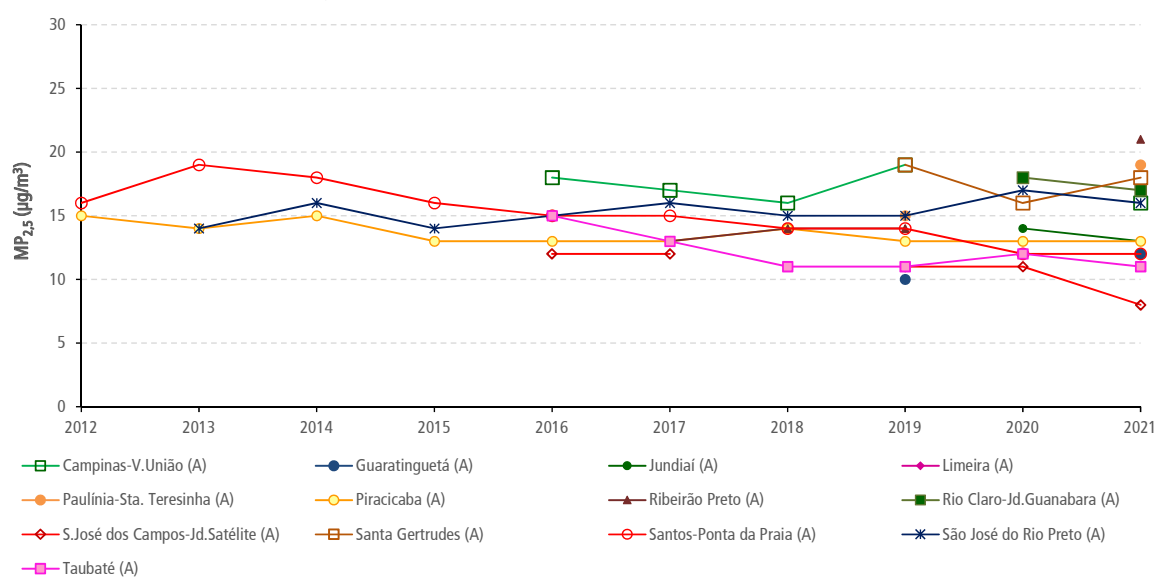
Gráfico 6.15 – $MP_{2,5}$ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Base RMSP: Todas as estações com representatividade anual

Gráfico 6.16 – $MP_{2,5}$ – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Interior



Fonte: CETESB (2022)

Quanto à relação $MP_{2,5}/MP_{10}$, as medições realizadas na RMSP desde 1987, pela CETESB, mostraram que o material particulado inalável fino ($MP_{2,5}$) corresponde a cerca de 60% do material particulado inalável (MP_{10}).

Estudos realizados pela CETESB indicam que grande parte do $MP_{2,5}$, na RMSP, é de origem veicular, quer pela emissão direta desse poluente, quer pela emissão de gases, destacando-se os compostos orgânicos voláteis e o dióxido de enxofre, que reagem na atmosfera dando origem ao material particulado secundário. Nessa fração, o aporte de aerossóis provenientes da ressuspensão de poeira de rua não é significativo.

Em 2021, a relação média do $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi de cerca de 0,3 na estação Santa Gertrudes, de cerca de 0,4 nas estações Limeira, Piracicaba, Rio Claro-Jd. Guanabara, São José dos Campos-Jd. Satélite e São Sebastião, e de cerca de 0,5 em São José do Rio Preto e Santos-Ponta da Praia, indicando condições locais diferentes das encontradas na RMSP. Em Guaratinguetá, Jundiaí, Paulínia-Santa Terezinha, Ribeirão Preto, e Taubaté, assim como na RMSP, a relação média $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi de cerca de 0,6, indicando que a fração fina, mais nociva à saúde, é predominante em relação à fração grossa. Segundo a OMS (WHO, 2006), a razão de 0,5 é característica de zonas urbanas de países em desenvolvimento e corresponde ao limite inferior da faixa encontrada em regiões urbanas de países desenvolvidos (0,5-0,8).

Episódios de Material Particulado em 2021

Durante o inverno de 2021, ocorreu um período de dias consecutivos, entre os dias 16 e 26/08; em que foram registradas concentrações elevadas de partículas inaláveis (MP_{10}) e partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), na RMSP e em várias regiões do estado; um período, entre os dias 3 a 9/09 e outro, entre os dias 13 e 29/09, com ocorrência de altas concentrações de MP_{10} e $MP_{2,5}$ predominantemente no interior do estado.

No primeiro episódio de material particulado (16 a 26/08), houve o predomínio de massa de ar quente e seco em todo o estado, devido a atuação do sistema de alta pressão subtropical, que ocasionou dias com estabilidade atmosférica, baixa ventilação, alta porcentagem de calmaria e ausência de chuvas, dificultando a dispersão de poluentes. Essa situação meteorológica propiciou condições para formação de diversos focos de queimadas em áreas urbanas e rurais do estado que, associadas às emissões dos poluentes por fontes móveis e fixas e à ausência de precipitação no período, fizeram com que fossem observadas concentrações mais elevadas de material particulado. Nesse período houve ocorrências de qualidade do ar RUIM e MUITO RUM para MP_{10} e $MP_{2,5}$ em algumas estações da RMSP, atingindo a qualidade PÉSSIMA no dia 23/08, por $MP_{2,5}$ na estação Perus, em decorrência do incêndio de grandes proporções que atingiu o Parque Estadual do Juquery, situado na região Norte da RMSP.

A qualidade do ar RUIM para MP_{10} foi registrada em diversas estações do interior, enquanto a qualidade MUITO RUIM foi registrada nas estações Cubatão-Vale do Mogi, Cubatão-Vila Parisi e Ribeirão Preto. Já para o $MP_{2,5}$, foi registrada a qualidade do ar RUIM nas estações Jundiaí, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara e Santa Gertrudes; e a qualidade do ar MUITO RUIM nas estações Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, todas no interior paulista. Esse episódio se encerrou no dia 27/08, com a passagem de uma frente fria pelo litoral paulista que ocasionou chuvas, principalmente nas faixas leste e sul do estado.

O segundo episódio (3 a 9/09) teve início quando o estado de São Paulo se encontrava sob atuação de uma área de instabilidade associada a uma frente fria no oceano, que se deslocou pelos litorais do Paraná

até o do Rio de Janeiro, sem atuação nas áreas mais continentais do estado. A partir do 6/09, a frente fria se deslocou pelo oceano deixando o estado de São Paulo sob atuação de uma massa de ar quente e seco, principalmente no interior do estado. A baixa pluviosidade propiciou condições para ocorrência de focos de queimadas em diversas localidades. Nesse período houve ocorrências de qualidade do ar RUIM e MUITO RUIM para MP_{10} e $MP_{2,5}$ em várias estações do interior. Por MP_{10} , a qualidade RUIM foi registrada nas estações Americana, Araçatuba, Araraquara, Catanduva, Paulínia, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes, São José do Rio Preto e Cubatão-Vila Parisi, no litoral; e a qualidade MUITO RUIM foi atingida nas estações Araraquara, Catanduva, Limeira, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes, além da estação manual Franca-Cidade Nova. Por $MP_{2,5}$, a qualidade RUIM foi registrada nas estações Paulínia-Sta Terezinha, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes e Ribeirão Preto que chegou a atingir a qualidade MUITO RUIM. Na madrugada do dia 9 para 10/09, uma frente fria passou pelo litoral paulista, finalizando esse período de altas concentrações de material particulado.

No terceiro episódio (13 a 29/09), o estado se encontrava sob atuação de uma área de instabilidade continental, porém, com pouca atividade convectiva, que também propiciou condições para formação de focos de queimadas. Além disso, essa situação meteorológica ocasionou ventos fortes em algumas localidades do interior do estado, que provocaram ressuspensão de poeira do solo, especialmente no dia 26/09, quando foram registradas tempestades de areia nos municípios de Presidente Prudente, Franca, Ribeirão Preto, Jales, Araçatuba e Barretos. Nesse período também houve ocorrências de qualidade do ar RUIM e MUITO RUIM para MP_{10} e $MP_{2,5}$ em estações do interior. A qualidade RUIM por MP_{10} foi registrada nas estações manuais Cordeirópolis-Modelo e Franca-Cidade Nova, além das estações automáticas localizadas em Americana, Araraquara, Catanduva, Limeira, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes, São José do Rio Preto e Cubatão-Vila Parisi, dentre as estações de monitoramento, a qualidade MUITO RUIM por MP_{10} foi atingida em Ribeirão Preto, Santa Gertrudes e Cubatão-Vila Parisi, no litoral. Por $MP_{2,5}$, a qualidade RUIM foi registrada nas estações Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, na RMSP e Ribeirão Preto, no interior, a qual chegou a atingir a qualidade MUITO RUIM por esse poluente.

As classificações da qualidade do ar por MP_{10} e $MP_{2,5}$, nesses três eventos, com suas respectivas concentrações médias diárias, podem ser observadas nas **Tabelas 6.6 a 6.8**.

Tabela 6.6 – MP₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP

Data	RMSP																							
	Capão Redondo	Carapicuíba	Cerqueira César	Congonhas	Diadema	Grajaú-Paraisópolis	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Interlagos	Itaim Paulista	Marg. Tietê-Ponte dos Remédios	Mauá	Nossa Senhora do Ó	Osasco	Parque D. Pedro II	Perus	Pinheiros	S. André-Capuaçu	S. Bernardo-Paulicéia	Santo Amaro	São Caetano do Sul	Taboão da Serra		
16-ago-21	26	39	34	31	27	28	30	30	25	34	40	33	34	46	37	44	33	29	26	27	32	34		
17-ago-21	54	55	36	46	41	56	38	44	42	57	59	58	39	94	61		46	45	42	42	49	63		
18-ago-21	68	79		64	49	70	63	72	52	73	94	74	55	96	87		74	58	53	60	63	79		
19-ago-21	76	91		59	46	76	66	67	54	71	89	90	55	117	67	64	62	66	60	54	62	85		
20-ago-21	76	76		62	52	79	67	70	60	65	100	71	68	109	67		82	58	53	63	56	85		
21-ago-21	68	77	67	68	49	57	82	112	61	95	92	71	63	92	92		72	63	70	59	73	74		
22-ago-21	78	90	49	49	54	67	56	55	44	67	71	73	51	95	74	80	55	63	52	52	62	80		
23-ago-21	105	115	72	63	60	94	90	96	74	88	124	97	76	153	88	193	88	74	61	82	72	118		
24-ago-21	105	118	84	75	68	107	100	96	75	108	118	89	82	163	106	133	109	83	73	95	80	114		
25-ago-21	138	110	87	84	71	114	86	91	81	98	125	96	75	163	105		113	86	73	102	86	114		
26-ago-21	72	79	69	73	62	79	80	80	65	79		82	67	93	82	97	80	77	67	65	71	67		
27-ago-21	9	11	10	21	20	14	15	19	6	14	13	10	15	25	13	16	12	14	22	5	11	10		
28-ago-21	9	10	10	15	16	13	9	11	11	7	10	16	9	28	9	7	11	10	13	8	13	12		
29-ago-21	9	10	7	13	11	11	9	10	11	9	7	20	8	21	8	11	11	16	10	8	10	10		
30-ago-21	9	10	8	14	15	13	9	12	11	8	10	8	9	21	10	14	11	8	12	9	10	16		
31-ago-21	12	12	13	18	18	18	14	16	12	13	14	21	12	28	13	15	13	15	15	11	18	15		
01-set-21	16	16	18	22	18	20	19	19	16	18	22	27	19	40	19	21	18	21	19	14	20	17		
02-set-21	28	34	29	31	24	36	28	33	26	41		44	24	46	31	48	28	31	25	24	28	29		
03-set-21	46	48	42	46	35	57	44	55	35	47		47	37	72	46	59	44	41	35	43	42	52		
04-set-21	39	41	43	44	33	35	62	56	33	54		52	48	64	50	54	49	40	32	30	44	42		
05-set-21	39	44	35	33	29	36	46	49	30	44		39	49	51	40	47	32	34	28	28	35	41		
06-set-21	15	23	25	27	21	22	35	41	17	36		48	31	43	31	38	25	29	19	15	27	22		
07-set-21	20	21	23	22	24	19	25	26	21	24		40	25	33	22	32	19	26	20	19	21	20		
08-set-21	64	71	65	68	52	65	73	79	55	77		72	75	88	79	94	58	69	56	57	71	69		
09-set-21	26	30	32	29	29	39	37	40	27	42		45	27		36	16	31	37	28	21	36	44		
10-set-21	26	29	29	30	28	31	27	40	19	43		51	25		30	29	27	39	27	22	37	28		
11-set-21	29	29	31	32	28	37	30	39	28	38		50	32	35	34	31	28	43	30	23	34	30		
12-set-21	29	29	34	35	29	25	33	33	25	35		74	39	38	35	41	31	43	33	22	38	27		
13-set-21	63	57	51	46	44	61	43	50	45	53		50	48	64	58	54	46	52	42	46	50	58		
14-set-21	58	57	56	57		70	68	64	53	65		72	55	81	71	69	56	67	51	65	59	60		
15-set-21	17	21	21	37		22	22	36	12	31		39	17	39	22	28	22	30	21	15	24	26		
16-set-21	9	8	8	15		8	9	10	7	7	10	11	8	18	10	12	9	11	14	5		8		
17-set-21	12	14	17	20	18	14	16	16	11	14	18	19	20	29	21	23	17	17	16	11	18	15		
18-set-21	31	36	40	35	39	30	38	40	27	39	37	57	42	46	37	45	34	40	31	26	33	33		
19-set-21	39	41	50	44	38	32	45	40	33	41	42	63	46	51	48	50	40	47	40	26	42	39		
20-set-21	49	50	50	49	47	64	57	57	43	64	57	77	40		58	76	47	61	45	40	54	52		
21-set-21	45	55	52	49	39	39	49	56	40	65	64	49	50		53	77	43	47	38	42	46	48		
22-set-21	10	18	16	20	23	16	12	16	12	39	17	21	15	19	16	23	13	21	17	16	14	15		
23-set-21	17	18	19	23	21	24	20	22	16	23	22	21	20	33	19	34	16	18	18	16	18	19		
24-set-21	31	33	35	34	30	34	37	39	30	40	39	45	35	46	39	37	28	39	38	30	31	33		
25-set-21	31	28	34	36	33	29	39	41	29	39	32	65	37	44	38	40	29	45	31	23	35	30		
26-set-21	45	45	38	37	33	46	35	36	33	37	41	51	37	48	39	43	32	39	38	34	37	45		
27-set-21	44	50	43	50	38	51	44	51	44	47	55	67	44	60	55	55	43	48	42	43	55	49		
28-set-21	45	52		42	37	54	51	50	39	45	51	47	43	68	50	56	38	51	39	41	43	52		
29-set-21	31	40		39	33	31	42	48	26	45	46	58	43	59	48	54	36	44	32	28	34	39		
30-set-21	16	20		25	23	21	22	24	15	19	24	28	24	32	24		18	24	21	15	21	19		

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2022)

Tabela 6.7 – MP₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral

Data	INTERIOR																														LITORAL						
	Americana	Aracatuba	Araraquara	Bauri	Campinas-Centro	Campinas-Taquaral	Catandava	Cordeirópolis - Modelo (M)	Franca - Cidade Nova (M)	Guaratiningueta	Jaboticabal - Jd Kennedy (M)	Jacareí	Jau	Jundiaí	Limpeira	Marília	Paulínia	Paulista-Sta Terezinha	Pradópolis	Presidente Prudente	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd Guanhara	S.José Campos	S.José Campos-Jd.Satélite	Santa Gertrudes	Santa Gertrudes - Jd. Luedana (M)	São José do Rio Preto	Sorocaba	Tatuí	Taubaté	Cubatão-Centro	Cubatão-Vale do Mogi	Cubatão-Vila Parisi	Guarujá - Vicente de Carvalho (M)	Santos	Santos-Ponta da Praia	São Sebastião
16-ago-21	67	78	68	50	40	40	104	71	76			23	61		67	58	57		71		140	87	24	24	121	147	83	30	20	31	31	24	44	25		22	
17-ago-21	47	94	73	59	38	36	107					31	59		66	66	53		47		110	68	28	30	89		139	44	49	26	25	40	60			22	
18-ago-21	81	86	94	80	41	42	96					41	69		86	77	53		74		92	109	39	45	133		87	56	76	38	44	124	131			34	
19-ago-21	62	79	67	84	38	41	97					41	76	51	67	64	51		66		70	73	37	42	88		78	56	58	34	34	67	106			26	
20-ago-21	62	59	73	83	37	41	73					40	66	50	72	64	52		61		80	66	33	36	88		67	56	63	33	36	65	151			44	
21-ago-21	81	59	71	72	44	50	105					38	86	73	87	65	58		86		109	106	41	49	122		80	65	60	46	38	54	118			36	
22-ago-21	63	58	92	73	34	42	79	72				38	88	48	78	69	51		80		94	92	36	36	99	103	64	61	66	41	34	64	109			45	
23-ago-21	67	61	104	75	42	53	79					57	88	64	67	54	61		77		119	99	43	45	108		70	72	98	43	49	54	155			67	
24-ago-21	81	72	93	71	51	61	87					71	81	73	97	70	71		85		153	107	56	66	141		78	77	101	54	50	61	122			46	
25-ago-21	113	74	101	84	56	72	101					72	95	77	112	82	76		124		167	107	56	69	110		72	90	118	58	65	69	160			62	
26-ago-21	109	115	121	82	67	90	103					59	103	84	102	89	84		110		182	95	53	66	114		97	64	83	63	65	72	172			59	
27-ago-21	44	71	88	31	28	32	92					14	38	23	65	35	43		38		143	93	23	20	82		83	12	15	39	14	16	15			10	
28-ago-21	11	14	25	9	11	6	32	11	63			7	8	6	10	8	16		9		49	16	11	7	21		40	12	8	12	40	21	22	16		12	
29-ago-21	12	19	27	15	13	7	24					5	13	7	14	13	14		14		41	18	10	8	23		24	7	5	7	10	16	14			9	
30-ago-21	10	21	22	12	16	7	23					6	12	7	15	13	15		12		27	20	11	10	35		28	11		7	31	16	18			16	
31-ago-21	14	28	26	16	16	8	56					9	15	10	18	13	18		16		46	30	10	8	37		55	19		12	15	19	26			21	
01-set-21	22	33	32	20	17	15	58					12	18	14	26	17	19		21		41	38	17	12	49		49	14		19	26	26	65			23	
02-set-21	36	43	45	31	24	22	55					17	29	22	49	38	32		50		79	60	20	19	104		55	19		21	35	39	99			36	
03-set-21	69	53	58	48	46	42	72	90	34			25	43	37	69	40	59		62		152	94	28	29	140		65	37		28	35	45	121	49		53	
04-set-21	77	57	56	55	47	49	97					26	48	57	69	41	59		80		128	96	30	39	161		76	44		38	23	27	78			23	
05-set-21	85	66	68	52	41	51	107					33	58	40	91	71	55		93		128	120	33	36	143		90	30		42	19	34	50			19	
06-set-21	64	58	81	50	36	39	89					28	43	39	69	52	69		69		177	100	30	37	130		69	22		41	25	45	47			21	
07-set-21	45	76	91	39	28	32	104					13		29	51	46	39		55		135	67	18	23	88		97	22		30	16	27	36			20	
08-set-21	118	104	184	63	76	94	152					49		72	156	79	120		120		169	152	42	53	179		114	74		47	61	46	84			28	
09-set-21	72	47	108	33		68	106	81	211			39	47	46	87	27	73		57		173	103	41	41	95		81	30		52	28	36	65	33		30	
10-set-21	25	24	35	19		24	37					24	28	25	36	21	29		30		64	34	26	24	44		28	24	21	28	24	34	47			26	
11-set-21	20	29	42	19		17	27					26	33	22	28	19	22		25		64	37	31	28	44		33	28	19	29	35	45	66			36	
12-set-21	34	44	40	36		26	52					16	35	29	36	32	30		36		98	45	19	20	54		60	21	19	18	26	36	71			27	
13-set-21	61	84	85	73		43	86					45	64	44	74	65	50		67		141	77	37	40	78		75	42	55	42	31	46	94			31	
14-set-21	92	62	107	57		61	88					44	76	63	97	53	69		85		175	103	46	65	103		67	49	74	51	58	50	170			40	
15-set-21	44	39	62	28		34	92	57	137			27	34	31	50	31	44		42		82	59	26	27	69	85	76	16	15	33	19	26	48	30		23	
16-set-21	24	30	91	17		12	63					5	24	12	33	13	31		26		72	44	10	8	46		55	9	5	11	11	18	13			15	
17-set-21	44	60	90	34	26	27	126					9	40	17	45	39	32		36		66	52	15	14	56		90	14	11	17	18	23	22			18	
18-set-21	62	81	91	53	44	50	99					29		40	73	63	56		62		91	76	31	31	85		102	32	27	42	27	51	49				
19-set-21	59	85	85	66	39	47	104					31		41	79	73	54		77		99	107	31	33	91		96	31	27	38	28	54	57			20	
20-set-21	66	89	82	66	44	50	90					44		48	82	60	55		74		106	103	38	47	113		85	38	33	46	25	52	68			30	
21-set-21	107	85	99	76	55	64	147	120	75			33		67	144	70	77		110		145	129	35	37	152		95	50	51	49	36	40	68	39		28	
22-set-21	22	98	83	39	25	14	102					10		16	43	35	32		28		93	53	17	15	56		139	11	11	17	19	23	35			21	
23-set-21	31	46	66	32	26	22	54					13	37	24	45	26	34		35		62	52	16	19	56		57	18	17	18	32	27	57			23	
24-set-21	57	55	50	38	45	46	72					40	52	43	74	35	51		63		80	70	33	34	81		70	28	30	41	42	45	69			39	
25-set-21	55	66	70	40	42	45	78					27	42		64	42	51		54		115	70	28	31	82		74	21	21	43	27	34	59			30	
26-set-21	56	68	58	54	38	42						31	49		61	48	44		59		68	61	25	32	72		106	32	31	26	25	63	62			33	
27-set-21	42	35	36	46	37	36	36		30		36	27			48	35	40		49		28	66	28	31	63	72	37	32	40	26	40	82	100	41		38	
28-set-21	60	40	50	51	38	39	45								57	42	41		52		67	77	34	35	74		47	30	46	38	38	73	124			38	
29-set-21	77	54	60	57	41	47	61					29			80	48	59		65																		

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2022)

Tabela 6.8 – MP_{2,5} – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP, Interior e Baixada Santista

	RMSP																				INTERIOR e LITORAL														
Data	Cerqueira César (M)	Cid. Universitária-USP-Jp	Congonhas	Gráça-Paralelos	Guarulhos-Pago Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Itaim Paulista	Marg. Tietê-Ponte dos Remédios	Mauá	Mooca	Osasco	Parque D. Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S. Bernardo-Centro	Santana	Santo Amaro (M)	Santo André - Capuava (M)	São Caetano do Sul	Campinas-V. União	Guaratinguetá	Jundiaí	Limeira	Paulista-Sa. Terezinha	Piracicaba	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd. Guaranhara	S. José Campos-Jd. Sateite	Santa Gertrudes	Santos-Ponta da Praia	São José do Rio Preto	São Sebastião	Taubaté
16-ago-21	22	18	21	15	17	18	25	18	26	16	19	29	23	27	16	28	18	21	20	19	19	30	19	20	28	28	27	70	31		42	12	40		18
17-ago-21		23	26	24	22	21	26	27	32	25	25	46	29		13	27	23	25			26	31	14	21	20	32	22	72	34		39	13	32		15
18-ago-21		44	36	35	35	39	34	37	56	34	38	55	47		22	47	28	41			35	34	21	43		30	34	48	49		67	23	36		22
19-ago-21		34	34	40	32	37	29	39	55	40	32	66	35	35	23	37	33	33			38	34	19	35		30	27	34	32		34	17	36		19
20-ago-21		44	32	35	30	38	31	32	58	29	27	63	33		22	43	25	39			27	31	16	31		31	24	36	27		30	22	27		17
21-ago-21		50	44	31	46	67	40	55	53	34	43	63	48		28	45	28	52			45	43	19	54		31	35	57	52		54	18	45		24
22-ago-21	30	38	29	37	29	33	30	40	42	39	33	63	40	52	25	34	36	43	38	36	36	32	22	32		33	38	43	44		47	26	31		21
23-ago-21		62	39	52	49	55	39	50	80	49	38	101	45	131	35	52	40	50			40	42	20	41		33	32	50	45		38	29	35		22
24-ago-21		58	43	56	45	51	43	54	73	44	45	85	52	74	31	59					44	49	23	46		39	36	69	42		60	24	31		27
25-ago-21		58	45	50	40	49	42	53	76	42	44	86	48		28	57	41				43	46	28	41		42	58	82	46		47	30	32		29
26-ago-21		39	38	38	35	41	36	39	47	35	31	47	37	34	31	47	35				36	41	32	47		47	46	85	35		40	29	44		32
27-ago-21		5	10	4	6	10	8	6	9	4	6	10	7	8	8	9	7				4	17	30	12		25	17	89	28		38	5	37		24
28-ago-21	6		13	6	6	6		4	7	6	6	12	7	5		8	9	8	9	6	7	6	10	4		6	4	19	7		7	6	11		7
29-ago-21			9	5	7	5		4	5	7	6	8	5	6	6	9	9	6			7	8	11	6		11	8	23	9		10	5	16		5
30-ago-21			9	6	8	5	12	3	7	4	6	9	5	5	3	7	8	5			6	6	8	4		9	5	14	8		11	5	12		4
31-ago-21		6	9	7	5	7	13	6	7	7		12	8	6	5	8	8	9			9		7	4		10	6	18	8		11	6	25		6
01-set-21		7	12	8	12	9	23	9	11	9	9	17	9	7	8	11	10	11			9		11	7		11	8	20	13		14	8	21		7
02-set-21		15	18	16	16	16	20	16		16	19	24	17	19	11	16	14	16			16		9	12		16	15	48	22		28	11	24		9
03-set-21	20	22	22	26	22	25	19	22		18	19	34	22	24	12	28	18	25	22	20	20		16	18		27	21	89	37		39	19	25		13
04-set-21		26	27	18	36	30	34	27		21		36	28	27	25	29	22	33			27		19	35		31	29	61	41		48	10	43		19
05-set-21		21	21	19	27	27	25	23		19	29	24	24	20	24	18	26			20		26	23		34	44	68	37		47	10	44		23	
06-set-21		15	18	9	20	22	23	21		19	24	20	21	18	19	13	23			18		26	24		28	29	121	33		43	10	41		22	
07-set-21		16	17	12	16	15	24	13		14		18	15	18	16	17	15	17			15		18	17		24	22	93	27		31				16
08-set-21		33	32	29	33	38	32	33		30		33	34	36	25	32	30	31			33		23	31		58	36	93	53		58				23
09-set-21	18	18	19	22	19	22	16	20		18			20	10	17	21	17	22	15	20	18		35	25	19		40	20	80	30		38			28
10-set-21		18	22	17	20	24	20	25		22		26	20	21	15	25	18	22			22		27	19	11		26	18	37	20		26			
11-set-21		16		17	19	21	25	21		25		22	20	17	14	21	19	21			20		27	14	9		20	12	31	15		17	17		21
12-set-21		22		18	23	20	45	20		26		24	26	24	23	29	24	30			28		13	19	11		19	17	60	24		25	14		11
13-set-21		29		31	24	27	34	27		24		40	32	28	20	35	28	31			30		26	27	17		31	29	72	37		35	18		27
14-set-21		31		35	37	34	39	31		30		43	35	30	26	39	29	35			32		28	37	22		43	35	90	40		46	19		27
15-set-21	11	13	18	11	15	20	16	17		14		18	14	15	13	18	13	16	9	17	14		31	19	12	30	22	46	25		31	12		21	
16-set-21		5	10	4	5	4		3		3		8	8	10	4	8	4	8					11	6	8		13	6	38	12		13	5		4
17-set-21		10	14	7	10	8		6	8	7		14	13	16	6	13	10	13					10	8	11		23	12	37	16		17	6		7
18-set-21		20	22	16	24	21		20	20	20		24	22	22	24	23	21	24			21		22	19	16		32	21	49	28		29			20
19-set-21		31	32	20	29	23		24	28	25		31	29	30	21		32	34			29		25	25		33	31	55	41		40	11			20
20-set-21		31	32	34	34	33		34	38	31		39	34	36	19		32	34			34		25	29	19		33	31	55	44		46	14		24
21-set-21	27	31	32	22	34	29		29	52	26		43	35	35	22		28	35	22	23	29		24	40	28	47	37	68	50			13		23	
22-set-21			9	5	5	5		6		3	8	8	7	12	4	11	5	6			6	6	10	4	6	12	6	30	9			8		5	
23-set-21		7	10	9	10	8		7	12	4	9	13	8	17	8	10	6	9			6	10	14	8		17	11	32	13			6		8	
24-set-21		16	18	14	19	20		18	20	15	18	22	17	9	16	23	14	19			15	23	22	22		31	21	40	26		30	13		16	
25-set-21			23	14	26	25		24	20	22	23	27	24	30	20	27	21	27			23	28	21			35	24	58	30		35	12		25	
26-set-21			26	27	24	22		22	25	26	26	29	25	15			32	29	26			22	30	19		26	28	35	29		36	16		16	
27-set-21	23	19	31	26		27		24	37	27	24	39	31	23		31	25	28	27	26	30	23	21			26	21	20	27		26	21		10	
28-set-21		23	24	27	35	28		27	33	24	25	42	27	20	14	30	25	30			24	26	25			29	24	34	34		32	20		19	
29-set-21		20	22	19	24	28		25	31	22	22	31	25	30	22	28	18	31			19	29	23			35	30	39	42		46	13		23	
30-set-21		12	16	13	15	13		10	15	11	15	19	15		15	17	12	17			14	17	16			19	19	30	30		25	11		10	

Boa Moderada Ruim Muito Ruim Péssima

Fonte: CETESB (2022)

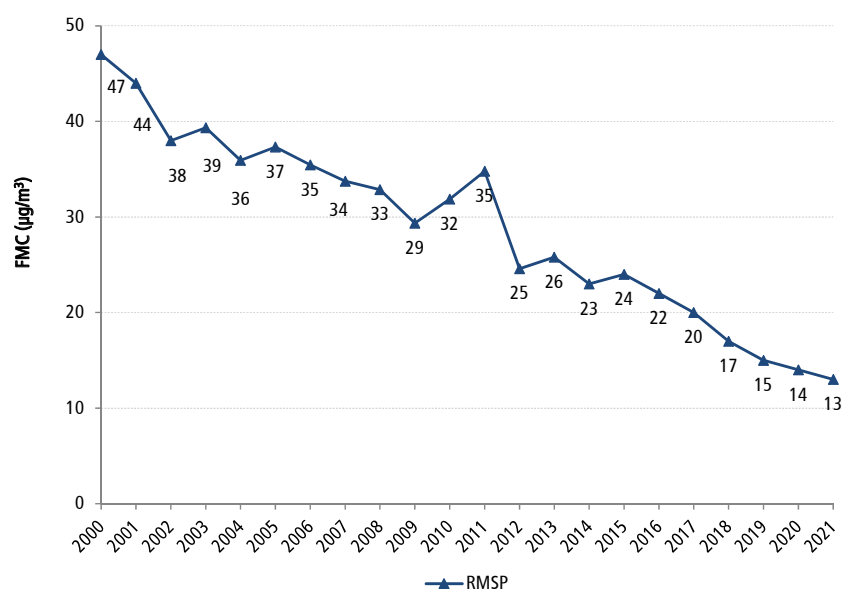
6.2.1.3 Fumaça - FMC

A determinação de fumaça baseia-se na medida da refletância do material particulado, o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente associado ao teor de fuligem na atmosfera.

Na RMSP, em 2021, não houve ultrapassagem do padrão de curto prazo de fumaça ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nem do padrão anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), em nenhuma das estações que medem esse poluente.

Na década de 1980, o controle efetivo sobre as atividades industriais refletiu-se, em grande parte, na redução desse poluente. Mais recentemente, como pode ser observado no **Gráfico 6.17**, que apresenta a evolução das concentrações médias anuais de fumaça na RMSP a partir de 2000, os ganhos ambientais devem ser atribuídos, principalmente, ao controle sobre as emissões veiculares, destacando-se os programas e ações desenvolvidos pela CETESB para redução de emissão da fumaça preta em veículos a diesel.

Gráfico 6.17 – FMC – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



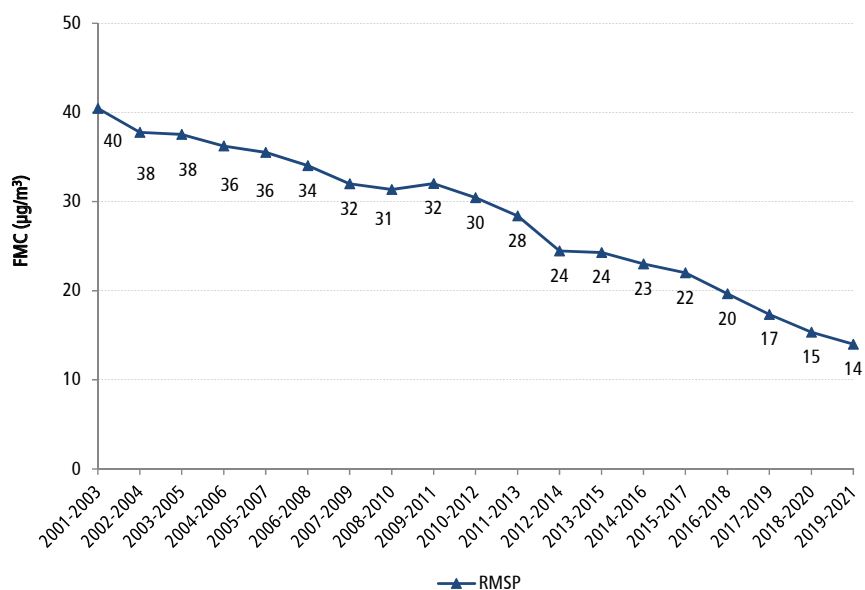
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Campos Elíseos, Cerqueira César, Ibirapuera, Pinheiros e Tatuapé.

Em 2020, Ibirapuera não teve representatividade anual dos dados.

O **Gráfico 6.18**, a seguir, apresenta a evolução das médias móveis das concentrações médias anuais, obtidas em cada estação, considerando-se o intervalo de três anos.

Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP

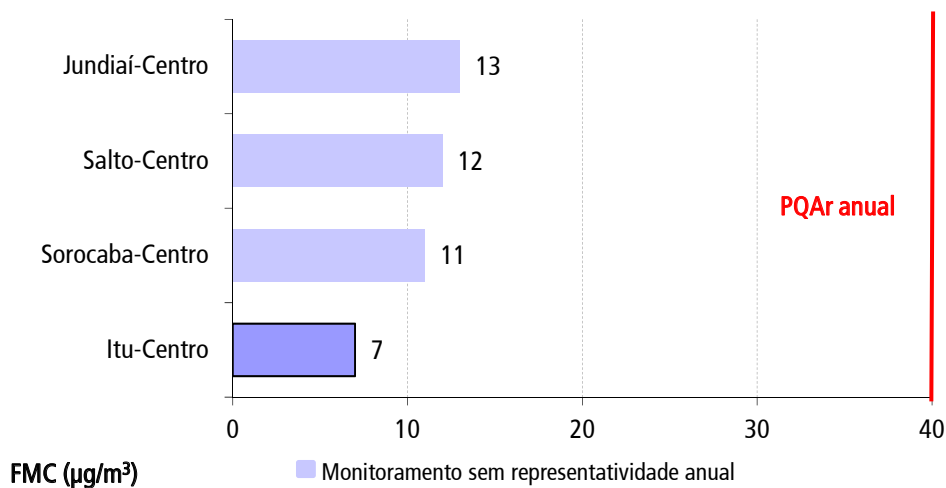
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Campos Elíseos, Cerqueira César, Ibirapuera, Pinheiros e Tatuapé.

Em 2020, Ibirapuera não teve representatividade anual dos dados.

No interior (**Gráfico 6.19**), somente a estação de Itu-Centro teve representatividade anual dos dados, não sendo registrada ultrapassagem do padrão anual, nem do padrão diário.

Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2021

Fonte: CETESB (2022)

6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS

Na RMSP, não houve ultrapassagens do padrão de curto prazo de PTS ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na Baixada Santista, a estação Cubatão-Vila Parisi apresentou sete ultrapassagens do padrão diário, atingindo os valores máximos de $497 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $506 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nos dias 23/02/21 e 12/05/21, respectivamente.

Das estações de monitoramento de PTS, tanto a estação Pinheiros, na RMSP, quanto Cubatão-Vila Parisi, na Baixada Santista, não atingiram o critério de representatividade anual dos dados.

6.2.2 Ozônio – O_3

Na **Tabela 6.9**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio na RMSP, nos últimos cinco anos. Observa-se que 2021 apresentou maiores percentuais da qualidade do ar BOA e MODERADA e menores percentuais das qualidades RUIM e MUITO RUIM, quando comparado com 2020.

Tabela 6.9 – O_3 - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2017 a 2021 – RMSP

Ozônio (O_3)							
Anos		maxima média móvel de 8h					NU
		Boa 0 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moderada >100 - 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ruim >130 - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Muito Ruim >160 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima >200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
RMSP	2017	87,41%	9,96%	2,42%	0,21%		28
	2018	90,90%	8,02%	0,99%	0,09%		18
	2019	86,27%	9,92%	2,96%	0,82%	0,03%	41
	2020	84,99%	10,97%	3,29%	0,75%		52
	2021	86,20%	11,16%	2,22%	0,42%		41

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

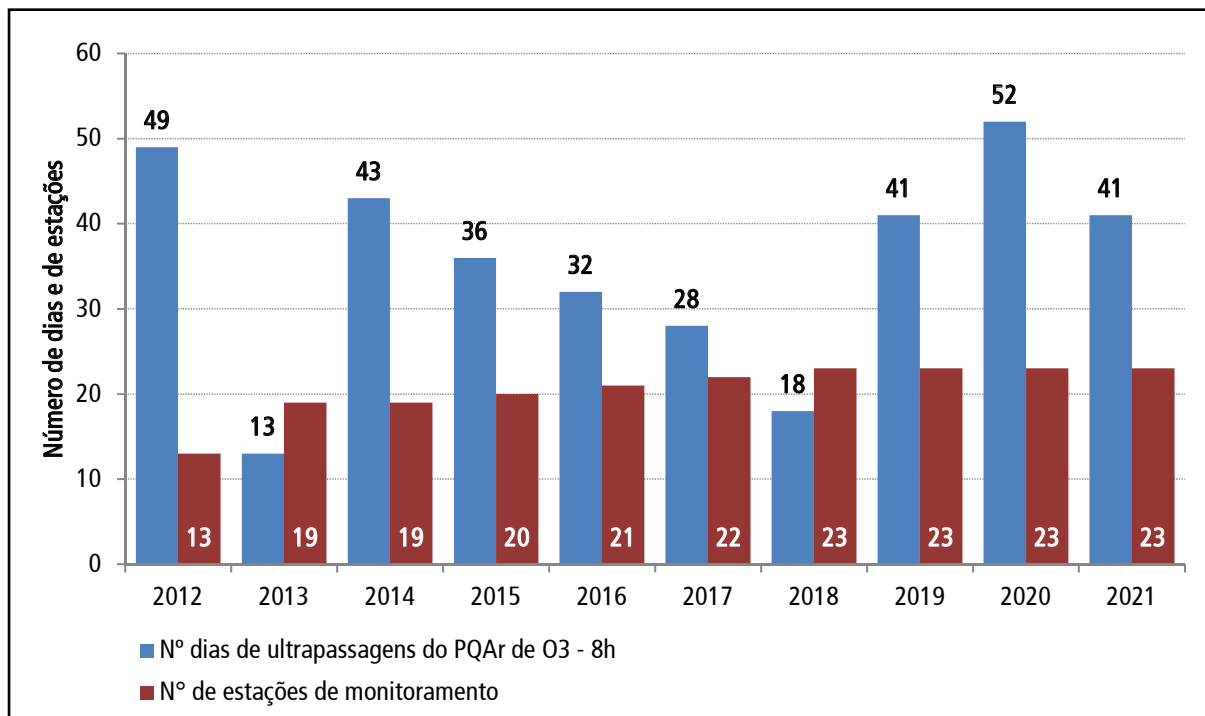
NU = Número de dias com ultrapassagem do PQAr de 8 horas = $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Base: Todas as estações fixas com representatividade anual.

O **Gráfico 6.20** apresenta o número de dias em que o padrão de 8 horas do ozônio ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) teria sido ultrapassado na RMSP, caso os padrões estaduais estabelecidos em 2013 estivessem vigorando desde 2011, para que se possa avaliar a evolução desse poluente ao longo dos anos. Deve-se considerar na análise, que houve um aumento do número de estações de medição desse poluente, conforme mostrado no Gráfico 6.20.

Em 2021, o PQAr estadual de 8 horas foi ultrapassado em 41 dias na RMSP, sem atingir o Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8 \text{ h}$).

Gráfico 6.20 – O_3 – Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual e do número de estações de monitoramento – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas e móveis.

A RMSP apresenta um alto potencial de formação de ozônio, uma vez que há grande quantidade de emissão de seus precursores, principalmente de origem veicular. Porém, a maior ou menor frequência de ocorrência desse poluente está relacionada, sobretudo, às variações das condições meteorológicas. Além disso, em razão das complexas interações químicas e meteorológicas envolvidas nas reações atmosféricas de formação e transporte do ozônio, não é possível observar uma tendência na concentração desse poluente ao longo dos anos.

Em 2021, foram observados vários dias com altas concentrações de ozônio, principalmente nos meses de março, agosto, setembro e novembro, devido à alta incidência de radiação solar e às altas temperaturas, que propiciaram condições meteorológicas para a formação desse poluente (vide item 5.3, sobre as condições meteorológicas nesse ano), mesmo em dias em que ocorreram chuvas isoladas, devido à convecção por aquecimento. Os resultados mais elevados em 2020 e 2021 podem também estar associados à pandemia, uma vez que, com a redução da circulação de veículos, há uma diminuição das emissões NO, poluente esse que consome o ozônio.

A **Tabela 6.10** apresenta o número de dias em que o padrão estadual de qualidade do ar de ozônio foi excedido nas estações da RMSP, para cada mês, de 2013 a 2021. Observa-se que, de maneira geral, a maioria dos dias com ultrapassagem do padrão ocorreu nos meses de primavera e verão. No entanto, em agosto de 2021 ocorreram nove dias de ultrapassagens do padrão, quando o estado de São Paulo se encontrava sob atuação de uma massa de ar quente e seco, como será descrito no final do item.

Tabela 6.10 – O₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP

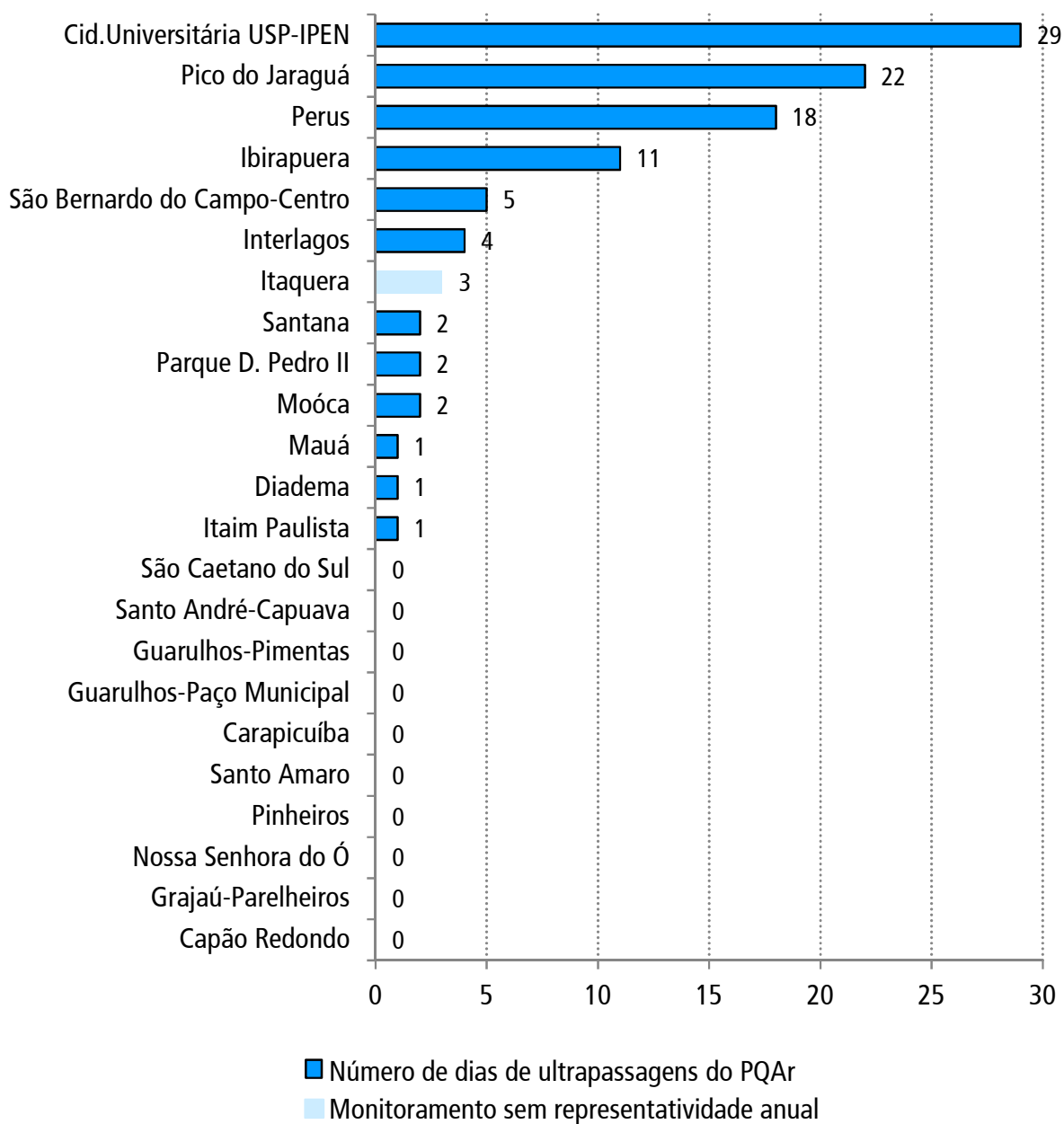
	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PQAr-8h	2013	0	5	1	1	1	0	0	0	2	0	2	1	13
	2014	8	8	1	1	0	0	0	1	3	13	4	4	43
	2015	12	2	3	0	0	0	0	3	6	6	3	1	36
	2016	4	3	2	6	0	0	0	1	0	4	5	7	32
	2017	1	3	0	0	0	0	0	2	12	5	1	4	28
	2018	2	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	9	18
	2019	9	4	1	5	0	0	0	0	6	10	3	3	41
	2020	2	0	9	5	0	0	1	0	15	10	8	2	52
	2021	0	3	8	0	0	0	0	9	12	0	6	3	41

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas

No **Gráfico 6.21**, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual (140 µg/m³ – 8h) foi ultrapassado nas estações da RMSP, em 2021.

Gráfico 6.21 – O₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Na **Tabela 6.11**, é apresentada a evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8 horas do ozônio ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e do Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$), em cada estação da RMSP, nos últimos cinco anos.

As variações observadas entre as estações podem se dar em razão das diferentes características das fontes de emissão, da escala de representatividade espacial de cada estação, bem como das condições meteorológicas locais decorrentes de diferentes condições de topografia, que, em conjunto com os sistemas meteorológicos de grande e/ou média escalas, tais como sistemas frontais, brisas marítimas etc., influenciam na circulação e transporte do poluente e de seus precursores de uma região para outra.

Observa-se que, em 2021, a estação Cid. Universitária-USP-IPEN foi a que apresentou o maior número de dias de ultrapassagens do padrão de qualidade do ar, seguida pelas estações Pico do Jaraguá e Perus. A maioria das concentrações mais elevadas observadas nessas três estações são oriundas do transporte de ozônio ou de seus precursores de locais mais distantes, sendo transportados pela ação dos ventos, principalmente provenientes do quadrante E-S.

Em 2021, o Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$) não foi atingido em nenhuma das estações da RMSP.

Tabela 6.11 – O_3 – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – RMSP

UGRHI	LOCAL DE AMOSTRAGEM	2017			2018			2019			2020			2021		
		Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT
6	Capão Redondo	S	4	0	S	0	0	S	2	0	N	0	0	N	0	0
	Carapicuíba	S	5	0	S	0	0	S	4	0	S	1	0	S	0	0
	Cid.Universitária USP-IPEN	S	2	0	S	1	0	S	13	0	S	26	0	S	29	0
	Diadema	N	3	0	N	3	0	S	8	0	S	3	0	S	1	0
	Grajaú-Parelheiros	S	1	0	S	1	0	S	2	0	N	0	0	N	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal	S	3	0	S	1	0	S	7	0	S	13	0	S	0	0
	Guarulhos-Pimentas	S	3	0	S	0	0	S	2	0	S	1	0	S	0	0
	Ibirapuera	S	8	0	S	4	0	S	14	0	S	30	0	S	11	0
	Interlagos	S	2	0	S	3	0	S	10	0	S	5	0	S	4	0
	Itaim Paulista	S	3	0	S	0	0	S	3	0	S	1	0	S	1	0
	Itaquera	S	1	0	S	6	0	S	13	0	S	27	0	N	3	0
	Mauá	S	1	0	S	0	0	S	14	1	S	0	0	S	1	0
	Mogi das Cruzes	S	2	0	N	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moóca	S	2	0	S	0	0	S	12	0	S	3	0	S	2	0
	Nossa Senhora do Ó	S	2	0	S	0	0	S	5	0	S	5	0	S	0	0
	Parque D. Pedro II	S	7	0	S	1	0	S	9	0	S	4	0	S	2	0
	Perus	-	-	-	-	-	-	N	9	0	S	15	0	S	18	0
	Pico do Jaraguá	S	11	0	S	2	0	S	19	0	S	13	0	S	22	0
	Pinheiros	S	1	0	S	1	0	S	5	0	S	1	0	S	0	0
	Santana	S	2	0	S	2	0	S	13	1	S	14	0	S	2	0
	Santo Amaro	S	2	0	S	0	0	S	3	0	S	0	0	N	0	0
	Santo André-Capuava	S	3	0	S	3	0	S	6	0	S	4	0	S	0	0
	São Bernardo do Campo-Centro	S	14	0	S	9	0	S	11	0	S	6	0	S	5	0
	São Caetano do Sul	S	8	0	S	4	0	S	8	0	S	0	0	S	0	0
	Total de ultrapassagens		90	0		44	0		192	2		172	0		101	0

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

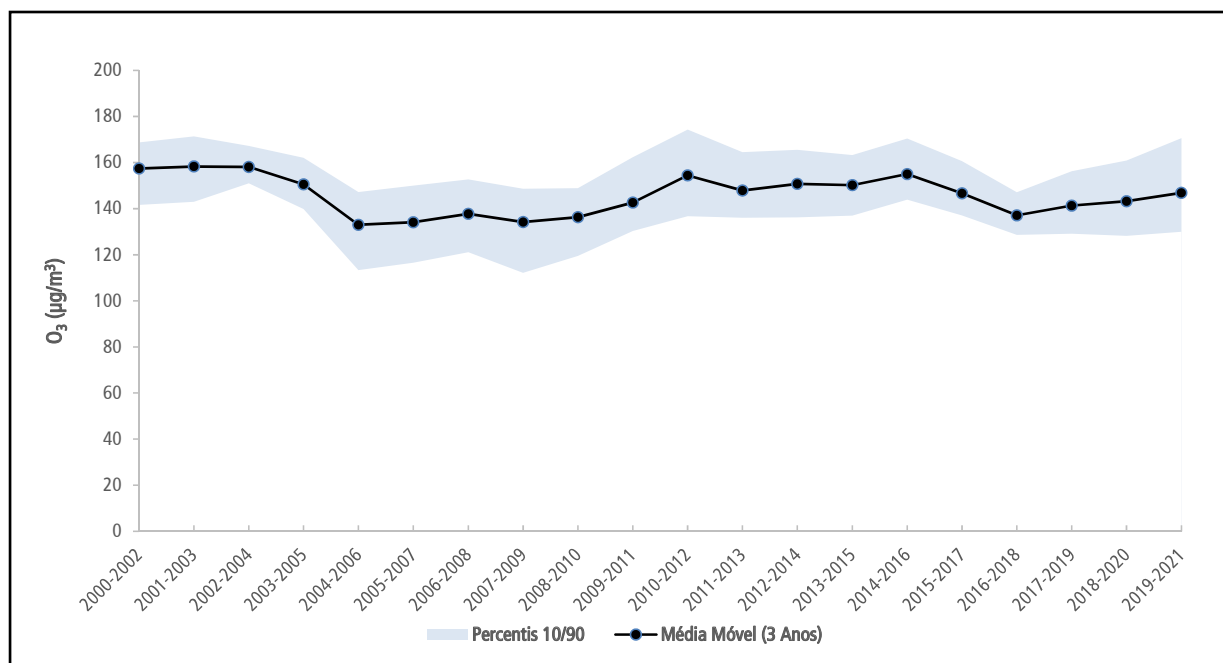
Repr. = Atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

PQAr = Padrão Estadual de Qualidade do Ar = $140 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$

AT = Atenção Est. (declarados e não declarados)

O **Gráfico 6.22** apresenta a evolução da média das médias móveis de três anos do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) de cada ano, obtidas em cada estação da RMSP, considerando a base de estações com monitoramento anual representativo. A média móvel de três anos foi utilizada de forma a atenuar as variações meteorológicas de ano para ano. A área hachurada em azul indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior).

Gráfico 6.22 – O₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo, exceto Osasco e São Miguel Paulista.

Na **Tabela 6.12**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio nas estações da Baixada Santista e Litoral Norte, em 2021. Observa-se que, em 2021, todas as estações tiveram mais de 95% de percentual da qualidade do ar BOA para este poluente. A qualidade MUITO RUIM foi registrada na estação Cubatão-Centro. A estação Santos não teve representatividade anual dos dados, no entanto, no período de monitoramento, chegou a atingir a qualidade do ar RUIM.

Tabela 6.12 – O₃ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2021							
Estação		Máxima média móvel de 8h					NU
		Boa 0 - 100 µg/m³	Moderada >100 - 130 µg/m³	Ruim >130 - 160 µg/m³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m³	Péssima >200 µg/m³	
Litoral	Cubatão-Centro	96,7%	3,0%		0,3%		1
	Cubatão-Vale do Mogi	100,0%					0
	Santos	96,2%	3,0%	0,8%			0
	Santos-Ponta da Praia	99,7%	0,3%				0
	São Sebastião	99,3%	0,7%				0

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA de 8 horas de 140 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

A **Tabela 6.13** apresenta a evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8 horas do ozônio ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e do Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$), nos últimos cinco anos, na Baixada Santista e Litoral Norte.

Em 2021, houve ultrapassagem do padrão de 8 horas em apenas um dia, na estação Cubatão-Centro, na Baixada Santista. Na estação São Sebastião, no Litoral Norte, não houve ultrapassagem desse padrão.

Tabela 6.13 – O_3 – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – Baixada Santista e Litoral Norte

UGRHI	LOCAL DE AMOSTRAGEM	2017			2018			2019			2020			2021		
		Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT
3	São Sebastião	-	-	-	-	-	-	N	0	0	N	0	0	S	0	0
7	Cubatão-Centro	S	0	0	S	1	0	S	3	0	S	0	0	S	1	0
	Cubatão-Vale do Mogi	S	1	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0
	Santos	S	0	0	S	0	0	S	0	0	N	0	0	N	0	0
	Santos Ponta da Praia	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Repr. = Atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

PQAr = Padrão Estadual de Qualidade do Ar = $140 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$

AT = Atenção Est. (declarados e não declarados)

Dados históricos, observados em Cubatão, mostram que as ocorrências sazonais de ultrapassagens do padrão de ozônio se concentram com maior frequência nos meses de verão e início de outono, comportamento este um pouco diferenciado do observado em outras regiões do estado, onde as ultrapassagens também são frequentes no período da primavera. Esses episódios de Cubatão podem estar associados às altas temperaturas que ocorrem na região da Baixada Santista, principalmente nos meses de janeiro a março, além das diferenças de comportamentos sazonais da intensidade dos ventos da brisa marítima e sua interação com o relevo.

Na **Tabela 6.14**, a seguir, são apresentadas as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações da rede automática do interior do estado em 2021. Nota-se que foram observados alguns dias com qualidade RUIM em praticamente todas as estações, com exceção de Araçatuba, Bauru, Guaratinguetá, Jaú, São José dos Campos, São José dos Campos-Jd. Satélite, São José do Rio Preto e Taubaté; qualidade MUITO RUIM nas estações Americana, Araraquara e Campinas-Taquaral. Essas ocorrências de qualidade RUIM e MUITO RUIM foram associadas, principalmente, ao período de dias com altas temperaturas, alta incidência de radiação solar e baixa pluviosidade, que ocorreram durante o mês de setembro.

Tabela 6.14 – O₃ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – Interior - Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2021						
Estação		Máxima média móvel de 8h				
		Boa 0 - 100 µg/m ³	Moderada >100 - 130 µg/m ³	Ruim >130 - 160 µg/m ³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m ³	Péssima >200 µg/m ³
Interior do Estado	Americana	72,4%	22,4%	4,7%	0,6%	
	Araçatuba	98,7%	1,3%			
	Araraquara	78,7%	17,2%	3,0%	0,6%	
	Bauru	98,1%	1,9%			
	Campinas-Taquaral	80,6%	15,2%	3,9%	0,3%	
	Campinas-V.União	98,0%	2,3%	0,3%		
	Catanduva	90,9%	7,7%	1,4%		
	Guaratinguetá	98,0%	2,0%			
	Jacareí	97,0%	3,2%	0,4%		
	Jaú	98,7%	1,3%			
	Jundiaí	80,3%	17,0%	3,3%		
	Limeira	86,2%	12,1%	1,7%		
	Marília	92,2%	6,0%	1,8%		
	Paulínia	88,9%	9,1%	2,0%		
	Paulínia-Sta Terezinha	84,6%	13,2%	2,2%		
	Piracicaba	91,0%	9,3%	0,3%		
	Presidente Prudente	93,4%	5,5%	1,1%		
	Ribeirão Preto	79,4%	16,8%	3,8%		
	Rio Claro-Jd.Guanabara	88,4%	10,5%	1,1%		
	S.José Campos	93,6%	6,4%			
	S.José Campos-Jd.Satélite	95,1%	4,9%			
	São José do Rio Preto	100,0%				
	Sorocaba	97,7%	2,0%	0,3%		
	Tatuí	91,5%	7,7%	0,8%		
	Taubaté	96,0%	4,0%			

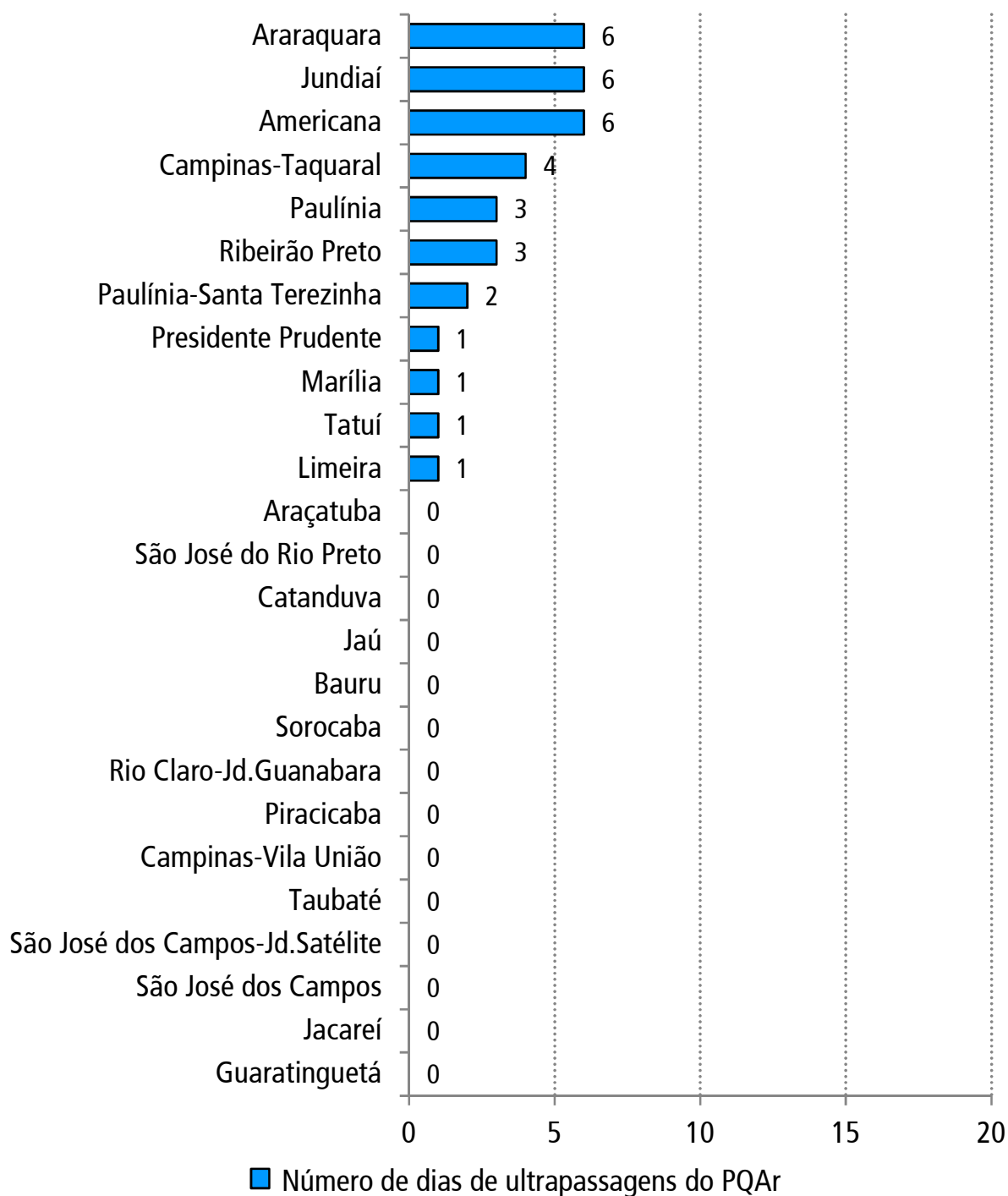
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8 horas de 140 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

No **Gráfico 6.23**, a seguir, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual foi ultrapassado nas estações do interior do estado, em 2021. O Nível de Atenção não foi atingido em nenhuma das estações. As estações que apresentaram maior número de dias de ultrapassagens do PQAR de 8h de ozônio foram Araraquara, Jundiaí e Americana, todas com seis dias de ultrapassagens.

Gráfico 6.23 – O₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8h – Interior – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Além das fontes locais de emissão de precursores de ozônio, os níveis de ozônio encontrados em Jundiaí podem ser decorrentes do transporte dos poluentes provenientes da RMSP, por esse município localizar-se a cerca de 50 km e na direção predominante dos ventos, e do transporte de poluentes oriundos da RMC, carregados por ventos provenientes do quadrante Norte-Oeste.

Em Americana, os níveis estão associados principalmente às emissões de precursores de ozônio oriundas tanto de emissões de fontes móveis quanto de fontes fixas locais, bem como do transporte de poluentes provenientes das regiões de Paulínia e de Campinas.

Em Araraquara, os níveis encontrados podem estar associados às emissões veiculares e de processos industriais, sendo possível ainda que o transporte de outras regiões contribua para os níveis observados.

Na **Tabela 6.15**, é apresentada a evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8 horas do ozônio ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e do Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$) em cada estação do interior do estado, nos últimos cinco anos. Em 2021, foram observadas ultrapassagens do PQAr, principalmente nas estações da UGRHI 5. Observa-se uma redução do número de dias de ultrapassagens em relação a 2020. Em 2021, no mês de setembro houve um período mais propício à formação de ozônio no interior, conforme item 5.3.2, no entanto esse período foi menos prolongado do que os períodos ocorridos em 2020.

Tabela 6.15 – O_3 – Evolução do número de dias com ultrapassagem do padrão e do Nível de Atenção – Interior

UGRHI	LOCAL DE AMOSTRAGEM	2017			2018			2019			2020			2021		
		Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT	Repr.	PQAr	AT
2	Guaratinguetá	N	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0
	Jacareí	N	2	0	N	0	0	S	2	0	N	2	0	N	0	0
	São José dos Campos	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	N	0	0
	São José dos Campos-Jd.Satélite	S	1	0	N	0	0	S	2	0	S	3	0	S	0	0
	Taubaté	S	1	0	S	0	0	S	2	0	S	0	0	S	0	0
4	Ribeirão Preto	N	5	0	S	0	0	S	0	0	N	6	0	S	3	0
5	Americana	-	-	-	S	4	0	S	7	0	S	6	0	S	6	0
	Americana-Vila Santa Maria	S	4	0	N	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Campinas-Taquaral	S	8	0	S	2	0	S	8	0	S	11	0	S	4	0
	Campinas-Vila União	S	0	0	S	0	0	S	0	0	N	0	0	S	0	0
	Jundiaí	S	10	0	S	2	0	S	9	0	S	14	0	S	6	0
	Limeira	S	4	0	S	5	0	S	6	0	S	2	0	S	1	0
	Paulínia	S	11	0	S	6	0	S	3	0	S	3	0	S	3	0
	Paulínia-Santa Terezinha	-	-	-	N	1	0	S	3	0	S	5	0	S	2	0
	Paulínia Sul	S	3	0	N	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Piracicaba	S	3	0	S	1	0	S	9	0	S	2	0	S	0	0
10	Rio Claro- Jd. Guanabara	-	-	-	-	-	-	S	4	0	S	4	0	S	0	0
	Sorocaba	S	4	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0
	Tatuí	S	3	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	1	0
13	Araraquara	S	4	0	S	0	0	S	6	0	S	2	0	S	6	0
	Bauru	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	4	0	S	0	0
	Jaú	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	1	0	N	0	0
15	Catanduva	S	1	0	S	0	0	S	2	0	S	1	0	S	0	0
	São José do Rio Preto	S	1	0	S	0	0	S	1	0	N	0	0	N	0	0
19	Araçatuba	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	N	0	0
21	Marília	S	3	0	S	0	0	S	2	0	N	0	0	S	1	0
22	Presidente Prudente	S	2	0	S	0	0	S	0	0	S	0	0	S	1	0

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Repr. = Atende ao critério de representatividade anual - S (sim) e N (não)

PQAr = Padrão Estadual de Qualidade do Ar = $140 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$

AT = Atenção Est. (declarados e não declarados)

Caso haja interesse nas análises para valores de curto prazo de ozônio e dos demais poluentes, em relação às Metas Intermediárias e Padrão Final do Decreto Estadual nº 59.113/2013, sugere-se consultar o Sistema de Informações de Qualidade do Ar – QUALAR (CETESB, 2021b).

Episódios de Ozônio em 2021

As Tabelas 6.16 e 6.17 mostram as concentrações máximas diárias (média de 8 horas) e qualidade do ar do período em que ocorreram episódios de altas concentrações de ozônio, observados na segunda quinzena do mês de agosto e no mês de setembro. No período entre os dias 17 e 26/08 houve o predomínio de uma massa de ar quente e seco em todo o estado, devido à atuação do sistema de alta pressão subtropical, que ocasionou dias com estabilidade atmosférica, baixa ventilação, alta porcentagem de calmaria, ausência de chuvas, altas taxas de insolação e altas temperaturas. Essa situação meteorológica, além de dificultar a dispersão dos poluentes primários, propiciou condições para formação de ozônio, principalmente na RMSP.

Do dia 3/09 até 30/09, a maior parte do estado de São Paulo se encontrava sob o predomínio de uma área de instabilidade continental, com ocorrências de alta incidência de radiação solar e altas temperaturas, que propiciou condições generalizadas para formação desse poluente.

Tabela 6.16 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP (continua)

	RMSP																						
Data	Capão Redondo	Carapicuíba	Cid. Universitária-USP-Ipen	Diadema	Grajaú-Paralel os	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Interlagos	Itaim Paulista	Itaquera	Mauá	Mooca	Nossa Senhora do Ó	Parque D. Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S. André-Capuaiva	Santana	Santo Amaro	S. Bernardo-Centro	São Caetano do Sul
17-ago-21		87	137	93	73	80	61	107	103	64		83	86	76	78		143	79	92	92		103	84
18-ago-21		112	173	114	99	119	97	142	124	97		99	119	101	121		170	108	115	123		124	108
19-ago-21		106	137	120	99	89	81	122	127	93		111	101	92	97	99	150	85	129	102		135	95
20-ago-21		78	133	96	75	108	95	123	110	108		110	98	112	106		147	80	130	110		112	105
21-ago-21		126	180	150	124	128	107	156	136	107		101	119	123	132		167	130	110	128		135	111
22-ago-21		86	114	110	86	94	82	107	106	83		94	85	98	98	86	118	89	94	97		112	90
23-ago-21		81	124	100	81	99	81	117	107	92	139		85	100	93	113	144	79	101	105		116	93
24-ago-21		92	144	98	90	96	76	114	118	79	112		88	104	86	132	161	74				108	88
25-ago-21		86	127	101	73	103	83	128	125	87	125		89	117	100		162	80				121	91
26-ago-21		94	140	101	92	123	102	127	117	106	142		96	119	111	149	150	90				112	96
27-ago-21		59	82	58	68	60	60	79	71	66	82		62	49	63	83	79	59				71	59
28-ago-21		37		39	47	40	41	52	47	44		47	43	35	39	61		38		39		53	43
29-ago-21		48		54	54	52	49	65	57	49	65	56	53	43	52	75	64	50		52		58	52
30-ago-21		47		45	50	52	52	58	52	51	65	52	49	41	46	75	62	44		45		53	45
31-ago-21		48	76	41	43	51	49	63	52	51	63	47		37	48	76	62	50	42	44		52	45
01-set-21		61	87	53	50	63	57	72	60	58	70	53	58	50	58	85	79	55	47	58		54	51
02-set-21		69	105	83	88	83	70	87	91	68	78	69	44	72	75	101	105	62	62	75		86	68
03-set-21		73	123	94	44	93	102	112	103	105	117	112	96	99	89	110	126	63	92	103		104	87
04-set-21		112	187	111	88	131	104	141	103	103	104	66		100	116	154	159	131	70	127		100	99
05-set-21		94	149	116	87	105	103	123	117	108	125	107		114	113	139	145	99		120		111	96
06-set-21		83	121	79	64	100	93	107	75	87	85	66		98	103	141	133	92	64	107		78	76
07-set-21		82	117	72	63	90	87	96	75	81	83	66		86	88	115	106	84	60	90		70	68
08-set-21		88	144	103	79	95	86	118	117	93	123	104		112	88	135	153	76	92	114		113	89
09-set-21		57	93	50	50	77	82	72	64	85	93	81	71	61	67	90	108	48	70	71		81	66
10-set-21		45	91	40	33	59	54	63	42	51	53	45	57	52	53	62	92	31	44	57		47	47
11-set-21		56	96	57	34	95	102	78	50	92	105	70	78	76	68	105	103	57	71	80		57	68
12-set-21		109	163	120	103	104	101	142	113	99	108	85	120	130	123	162	170	123	89	115		107	98
13-set-21		90	153	102	73	98	84	119	127	88	115	111	100	115	87	139	156	84	98	100		121	87
14-set-21		95	144		81	110	102	125	124	108	121	105	113	137	109	145	157	89	97	117		120	90
15-set-21		45	71		57	49	59	63	57	65	59	55	57	61	48	68	82	36	53	52		58	57
16-set-21		39	58		49	36	55	56	49	55	51	51	55	35	45	67	49	38	51	35		58	
17-set-21		37	63	34	47	46	53	49	43	54	48	43	49	30	39	65	48	30	47	36		49	45
18-set-21		71	112	73	46	93	97	94	71	96	94	71	89	95	91	134	122	73	76	89		79	80
19-set-21		112	166	88	70	122	108	129	68	104	108	56	114	126	120	165	162	115	75	112		70	105
20-set-21		102	176	140	129	116	105	146	149	113	157	138	126	129	118	158	182	115	136	127		152	134
21-set-21		66	112	70	57	87	91	94	78	93	92	80	82	85	82	127			78	80		83	71
22-set-21		49		52	58	45	62	62	58	62	55	58	64	51	54	74	58	47	62	51		61	60
23-set-21		56	78	44	44	52	62	67	54	59	57	51	63	43	52	85	71	52	56	49		53	54
24-set-21		67	105	71	67	86	98	87	75	93	96	84	78	74	72	118	112	66	84	67		82	77

Tabela 6.16 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP (conclusão)

Data	RMSP														
	Capão Redondo	Carapicuíba	Cid Universitária-USP-Ipen	Diadema	Grajaú-Parelheiros	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Interlagos	Itaim Paulista	Itaquera	Mauá	Mooca	Nossa Senhora do Ó	Parque D. Pedro II
25-set-21		55		58	60	45	56	64	66	54	57	53	62	39	54
26-set-21		94		115	100	111	108	123	115	107	115	93	115	110	111
27-set-21		129		94	80	106	101	169	101	97		89	115	105	113
28-set-21		115	158	115	110	135	127	140	125	122	137	106	129	127	175
29-set-21		91	129	79	66	120	109	109	84	103	104	79	109	104	108
30-set-21		78	105	56	62	79	81	83	69	79	74	61	84	81	79

Fonte: CETESB (2022)

Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim
-----	----------	------	------------

Tabela 6.17 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral

	INTERIOR																										LITORAL				
Data	Americana	Araçatuba	Araquara	Bauri	Campinas-Taquaral	Campinas-V. União	Catanduva	Guaratinguetá	Jacarei	Jaú	Jundiaí	Limeira	Marília	Paulínia	Paulínia-Sta Terezinha	Piracicaba	Presidente Prudente	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd. Guanabara	S. José Campos	S. José Campos-Jd. Sateélite	São José do Rio Preto	Sorocaba	Tatuí	Taubaté	Cubatão-Centro	Cubatão-Vale do Mogi	Santos	Santos-Ponta da Praia	São Sebastião	
17-ago-21	110		119	101	108	72	80	72	70		120	95	106	92	100	106	117	103	84	71	76		95	114	79	71	43		48	77	
18-ago-21	49		124	94	130	51	94	87	97		133	113	98	120	128	120	93	107	105		100		98	125	97	72	30		45	88	
19-ago-21	121		111	101	104	74	89	79	85		104	105	95	103	114	105	94	85	86		90		99	116	89	69	32		62	87	
20-ago-21	91		89	76	102	39	63	78	87		106	81	89	78	93	77	76	79	76	112	91		80	77	87	109	65		41	75	
21-ago-21	117		114	84	112	85	81	88	111		125	100	94	96	104	111	78	95	94	122	108		132	147	102	81	40		60	87	
22-ago-21	94		94	75	85	65	66	71	73		89	83	83	71	84	75	78	70	75	95	76		90	105	81	93	51		56	102	
23-ago-21	101		112	80	98	67	76	72	68		105	84	82	88	94	82	85	90	81	97	79		97	107	70	111			57	91	
24-ago-21	110		114	87	106	76	81	85	83		110	96	90	93	100	95	91	106	86	111	90		91	112	92	64	31			77	
25-ago-21	121		117	87	105	74	88	92	77		110	100	93	91	99	97	94	94	101	111	86		94	113	93	39	41		36	75	
26-ago-21	132		124	106	133	85	117	98	102		145	112	91	122	130	101	87	97	105		107		91	114	99	104	64		72	107	
27-ago-21	66		95	68	81	46	85	89	62		61	54		53	61	60	58	138	58		79		54	71	72	54	20		51	71	
28-ago-21	57		59	49	55	38	50	45	37		49	56		35	47	46	61	67	45		42		41	47	44	28	16		36	65	
29-ago-21	87		66	61	74	47	60	62	46		62	76		62	69	71	62	88	63		52		52	49	54	50	26		43	64	
30-ago-21	79		97	76	69	48	76	55	49		67	71		52	60	68	69	83	71		53		60	74	49	55	31		44	55	
31-ago-21	84		81	67	69	59	66	55	46		65	76	79	54	64	69	70	66	75		51		68	77	55	54	30		43	53	
01-set-21	90		73	69	79	72	73	61	51		68	75	81	66	73	78	75	69	63		55			76	59	51	28		40		
02-set-21	86		88	70	83	76	79	65	73		82	79	91	66	80	79	83	83	71		73		87	71	66	34			41	73	
03-set-21	108		103	83	104		81	78	76		95	92	103	93	101	87	108	93	83		79			109	74	57	33		31	69	
04-set-21	115		120	100	118		103	93	98		133	106	113	109	115	130	112	114	99		106		127	102	65	37			55	84	
05-set-21	130		133	97	120		108	104	92		119	124	119	117	123		111	102	101		98		100	100	55	27		45	76		
06-set-21	138		136	94	143		126	108	78		152	120	123	141	142	104	112	130	108		89		83	112	52	19		41	67		
07-set-21	131		155	109	107		129	86	76		106	113	136	106	110	126	133	126	106		79		114	92	64	36		46	70		
08-set-21	119		111	95	102		98	83	84		112	97	124	91	102	94	110	109	98		90		114	89	70	38		47	77		
09-set-21	121		120	63	121		89	92	84		106	104	91	101	110	91	74	133	92		87		84	86	49	27		43	71		
10-set-21	96		86	44	87		71	84	56		71	75	52	79	93	68	41	96	61		67		59		51	29		41	57		
11-set-21	101		85	66	99		66	82	110		95	81	85	87	93	81	73	104	77		113		62	90	55	26		31	56		
12-set-21	132		133	94	112		105	98	85		121	114	115	122	125	113	109	132	103		112		116	106	61	28		42	78		
13-set-21	123		121	82	114		97	96	101		115	103	117	100	106	105	106	95	105		104		112	99	67	37		44	78		
14-set-21	128		119	66	118		106	96	85		120	112	98	105	114	103	100	114	111		89		85	106	104	73	53		45	96	
15-set-21	86		107	55	84		106	72	64		67	86		70	77	79	79	104	81		74		52	73	76	55	28		46	70	
16-set-21	75		129	50	58		100	62	49		39	76		46	56	72	60	132	80		61		43	48	59	40	25		37		
17-set-21	113		122	79	101		105	51	50		66	96		95	102	98	101	117	93	62	52		61	73	52	49	21		41		
18-set-21	136		131	75	140		120	95	88		134	122		137	136	114	118	122	112	103	95		81	107	98	45	21			59	
19-set-21	140		162	87	134		138	102	112		139	134	146	128	129	123	143	148	124	121	113		98	110	105	52	23		36	71	
20-set-21	140		145	82	138		131	96	139		141	122	136	136	139	128	132	132	125	114	128		101	134	106	75	37			70	
21-set-21	152		147	88	141	119	139	106	83		124	133	139	135	139	120	124	139	123	103	93		84	104	104	50	23		41	67	
22-set-21	76		91	43	63	59	95	59	50		56	68	79	45	57	61	96	88	69	73	60		51	56	57	55	33		49		
23-set-21	103		126	61	82	76	100	68	49		74	98	67	71	76	93	71	113	109	70	54		63	61	64	59	36		46		
24-set-21	143		95	70	138	102	128	91	93	101	126	128	105	130	134	108	88	128	125	115	101		80	89	98	71	39		59		
25-set-21	138		137	72	134	89	135	80	50	99		123	105	132	137	111	99	147	113	69	55		58	70	86	49	19		50		
26-set-21	136		111	77	139	96		94	92	108		109	118	119	124	125	108	108	110	113	104		86	111	98	63	28		49		
27-set-21	164		129	79	128	98	109	104	86		146	116	122	124	123	124		138	116	99			102	119	76	95	49		62		
28-set-21	130		140	81	129	102	116	102	100		116	135	119	125	113	104	133	115	120	114			107	132	112	88	50		64		
29-set-21	168		162	91	162	109	107	84	77		140	137	156	160	131	132	127	137	121	90			90	101	116	68	39		47	74	
30-set-21	155		145	85	127	87	131	98	67		132	118	119	124	123	114	139	134	120	93			68	77	90	43	19		56		

Boa	Moderada	Ruim	Muito Ruim
-----	----------	------	------------

Fonte: CETESB (2022)

6.2.3 Dióxido de Nitrogênio – NO₂

As medições de dióxido de nitrogênio (NO₂), que também é precursor do ozônio, mostraram que, em 2021, não houve ultrapassagem do padrão horário (260 µg/m³) em nenhuma das estações da RMSP, sendo registrada a máxima concentração horária na estação Congonhas (219 µg/m³), seguida por Osasco (209 µg/m³) e São Caetano do Sul (201 µg/m³).

A distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, nos últimos cinco anos, é apresentada na **Tabela 6.18**, em que se verifica que, para esse poluente, a qualidade do ar foi predominantemente BOA.

Tabela 6.18 – NO₂ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – RMSP - Rede Automática

Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)							
Anos		máxima média de 1h					NU
		Boa 0 - 200 µg/m ³	Moderada >200 - 240 µg/m ³	Ruim >240 - 320 µg/m ³	Muito Ruim >320 - 1130 µg/m ³	Péssima >1130 µg/m ³	
RMSP	2017	99,84%	0,16%				0
	2018	99,93%	0,06%	0,01%			0
	2019	99,91%	0,09%				0
	2020	99,86%	0,14%				0
	2021	99,90%	0,10%				0

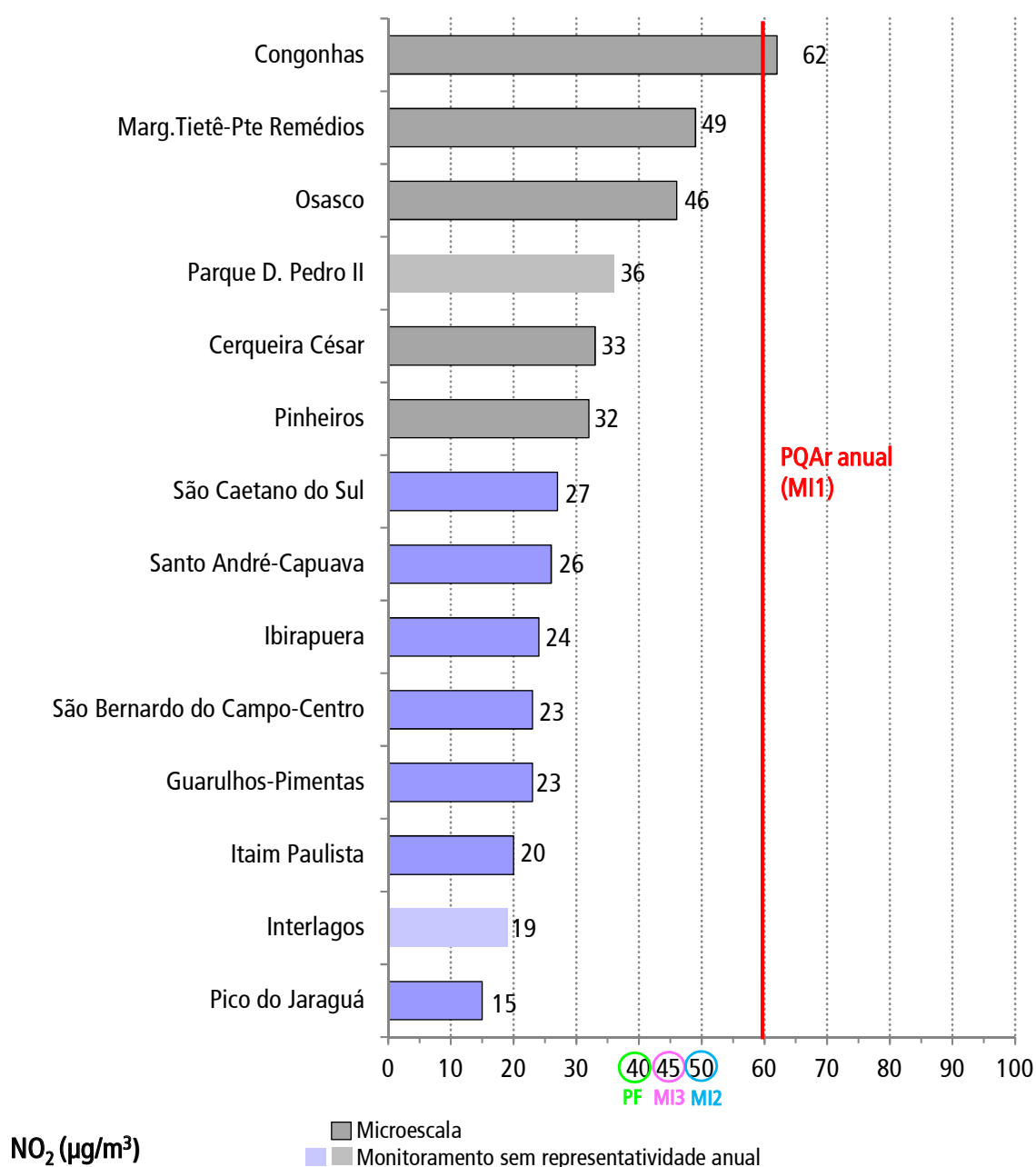
Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias com ultrapassagem do PQAr de 1 hora = 260 µg/m³. No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação

Base: Todas as estações fixas com representatividade anual.

Em 2021, na RMSP, houve ultrapassagem do padrão anual (60 µg/m³) apenas na estação Congonhas (**Gráfico 6.24**), que é uma estação de microescala, portanto, próxima das vias de tráfego. As demais estações da RMSP não ultrapassaram o padrão anual. Comparando-se as médias anuais obtidas em 2021, com os valores de referência estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, observa-se que na RMSP todas as estações distantes das vias de tráfego atenderam ao Padrão Final, que é a última etapa das metas progressivas a ser atingida, conforme o Decreto. Nota-se que, das cinco estações com representatividade espacial de microescala, as estações Cerqueira César e Pinheiros também atenderam ao Padrão Final, apesar de estarem próximas a vias de tráfego. As duas estações restantes, Osasco e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, atenderam ao valor da Meta Intermediária 2 (MI2).

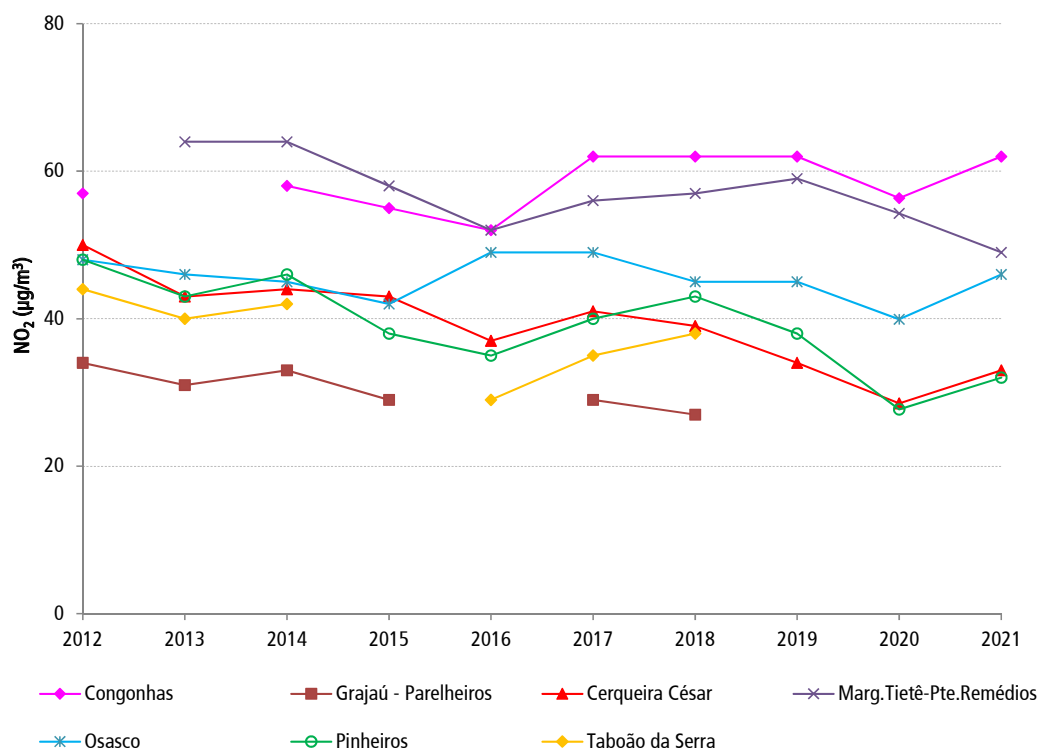
Gráfico 6.24 – NO₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

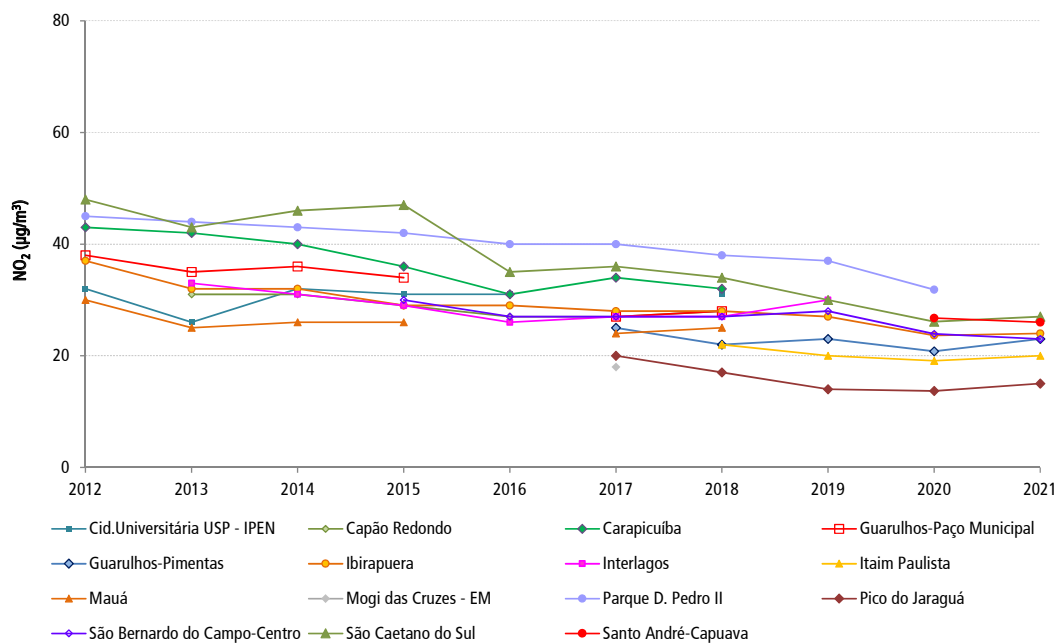
O **Gráfico 6.25** apresenta a evolução das concentrações médias anuais desse poluente na RMSP, para as estações com representatividade espacial de microescala, mais próximas às vias de tráfego, e **Gráfico 6.26** apresenta a mesma evolução para as estações com as demais escalas de representatividade espacial (ver seções 3.3.2 e 4.2 e **Apêndice 5**), mais distantes das vias de tráfego.

Gráfico 6.25 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Estações fixas com representatividade anual.

Gráfico 6.26 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Estações fixas com representatividade anual.

De maneira geral, na RMSP, os níveis observados nas estações próximas de vias de tráfego foram maiores do que nas estações mais distantes das vias. Houve aumento das concentrações médias anuais em 2021, em relação à 2020, na maioria das estações da RMSP, que foi mais acentuado nas estações de microescala.

O isolamento social estabelecido no estado de São Paulo, por causa da pandemia, provocou uma diminuição das atividades e consequentemente da circulação de veículos, principalmente nos primeiros meses da quarentena em 2020, reduzindo as emissões atmosféricas geradas por esse tipo de fonte na Região Metropolitana de São Paulo. Desse modo, as médias mensais de concentração de NO_2 , nesses primeiros meses, sofreram redução tanto nas estações de microescala, como nas estações de bairro. Em 2021, a pandemia ainda persistiu, no entanto, as restrições às atividades foram menores do que em 2020, consequentemente, houve aumento da circulação de veículos que pode ter influenciado o aumento dos níveis de NO_2 em 2021, em relação ao ano anterior.

Em relação à Baixada Santista, não ocorreram ultrapassagens do padrão de curto prazo de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nem do padrão de longo prazo de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As máximas concentrações horárias registradas em cada estação foram: $193 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vila Parisi, $174 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Centro, $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vale do Mogi e $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Santos-Ponta da Praia.

Nas estações do interior do estado, as concentrações se mantiveram abaixo dos padrões, tanto de curto prazo quanto de longo prazo. As máximas concentrações horárias registradas foram: Araraquara ($168 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Santa Gertrudes ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Jundiaí ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$), São José dos Campos-Jd. Satélite e Bauru ($133 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

De maneira geral, as concentrações médias têm se mantido nos mesmos níveis na maioria das estações do interior nos últimos anos.

Na Baixada Santista e no interior, quase todas as estações apresentaram médias anuais menores que o Padrão Final para esse poluente em 2021, à exceção da estação Cubatão-Vila Parisi, que atendeu à Meta Intermediária 2 (MI2).

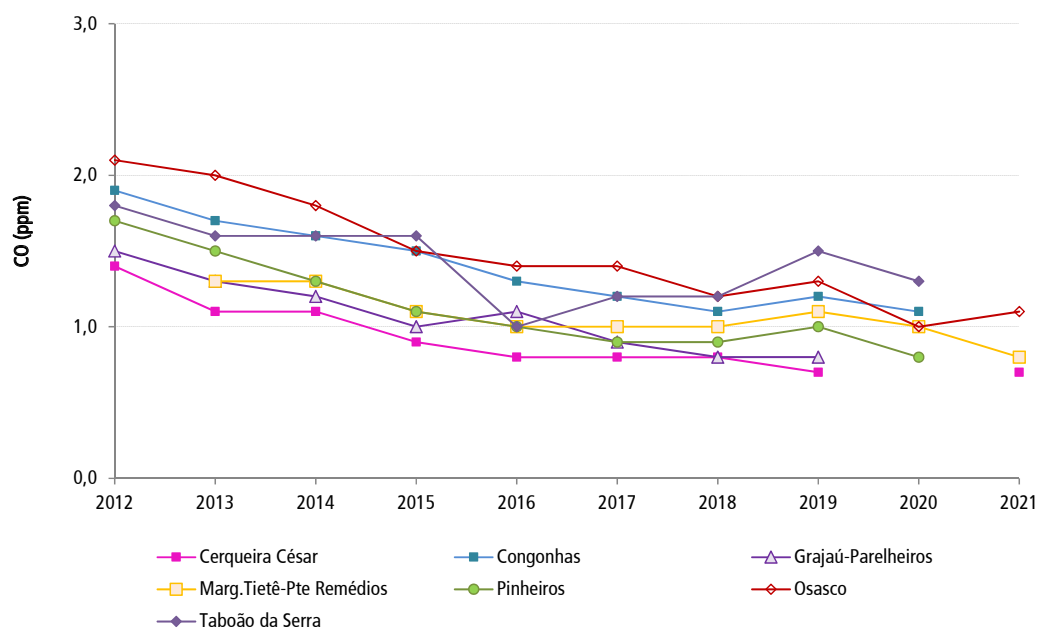
6.2.4 Monóxido de Carbono – CO

Desde 2008, não tem ocorrido ultrapassagem do padrão de qualidade do ar de 8 horas para o monóxido de carbono (9 ppm) em nenhuma das estações da RMSP. Em 2021, a qualidade do ar foi classificada como BOA em todas as medições realizadas nas 15 estações que monitoraram esse poluente na RMSP. A maior concentração média de 8 horas observada foi 5,1 ppm, na estação Taboão da Serra, seguida pelas estações São Caetano do Sul (3,9 ppm) e Congonhas (3,8 ppm).

Observa-se, nos **Gráficos 6.27** e **6.28**, a evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) desse poluente na RMSP, para as estações com representatividade espacial de microescala e estações com demais escalas de representatividade, respectivamente. Apesar do aumento da frota ao longo dos anos, as concentrações atuais são menores que as observadas na década de 2000, principalmente devido à redução das emissões dos veículos leves novos, em atendimento aos limites cada vez mais rígidos do PROCONVE e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), associada à renovação da frota existente. Essa queda, que foi mais acentuada no início da década de 2000, tem se dado de maneira mais lenta nos últimos anos.

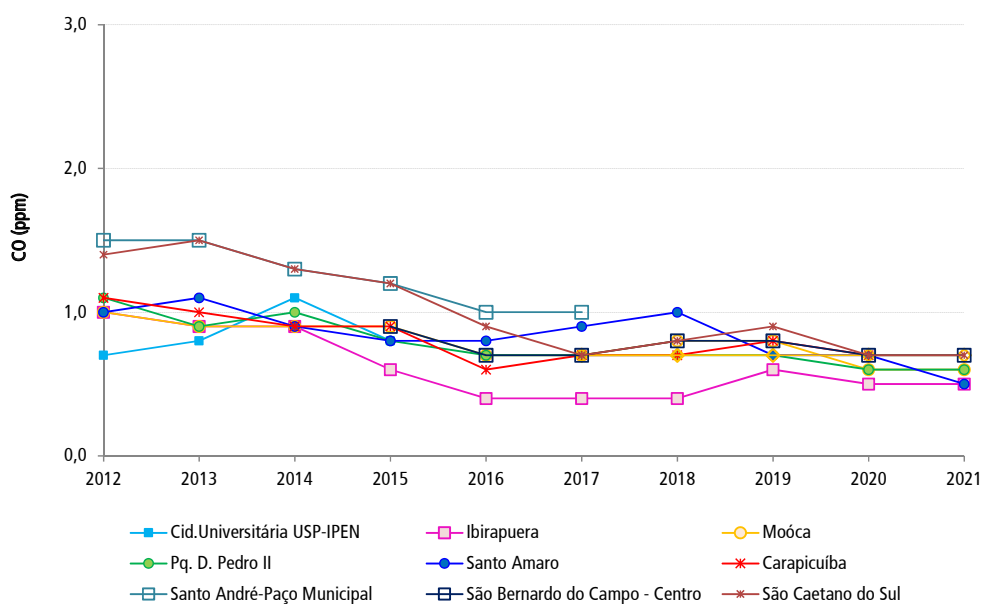
Pode-se observar que as reduções das concentrações ao longo do tempo na RMSP se deram de forma mais significativa em estações localizadas próximas a vias de tráfego intenso (microescala) (**Gráfico 6.27**) do que em estações que estão mais distantes desse tipo de via (demais escalas de representatividade espacial) (**Gráfico 6.28**). De maneira geral as concentrações médias em 2021 se mantiveram no mesmo patamar de 2020.

Gráfico 6.27 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP - Microescala



Fonte: CETESB (2022)

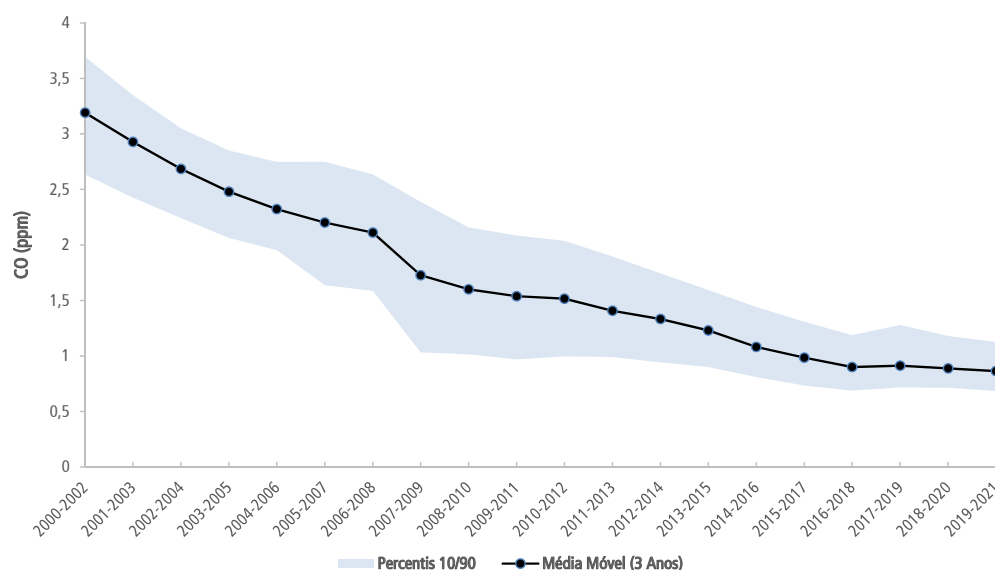
Gráfico 6.28 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas



Fonte: CETESB (2022)

No **Gráfico 6.29**, é apresentada a evolução da média das médias móveis de três anos, obtidas para as estações da RMSP, calculada a partir das médias anuais das concentrações máximas diárias (média de 8 horas) de CO, considerando a base de estações com monitoramento anual representativo. A média móvel de três anos foi utilizada de forma a atenuar a influência das variações meteorológicas de ano para ano. A área hachurada em azul do gráfico indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Nesse caso, o percentil 90 indica que 90% das estações consideradas apresentaram média móvel de três anos abaixo do valor apresentado no gráfico.

Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2022)

Base RMSP: Todas as estações com monitoramento anual representativo, exceto Lapa.

Em 2020, que é o ano de referência das emissões veiculares, os veículos foram responsáveis por cerca de 95 % das emissões de CO na RMSP (ver seção 4.3), dessa forma, há uma correlação estatística muito alta, entre as médias anuais das concentrações máximas de 8 horas das estações da RMSP no período de 2006 a 2020, e a estimativa da evolução das emissões veiculares de CO para a RMSP (vide **Gráfico 4.2**).

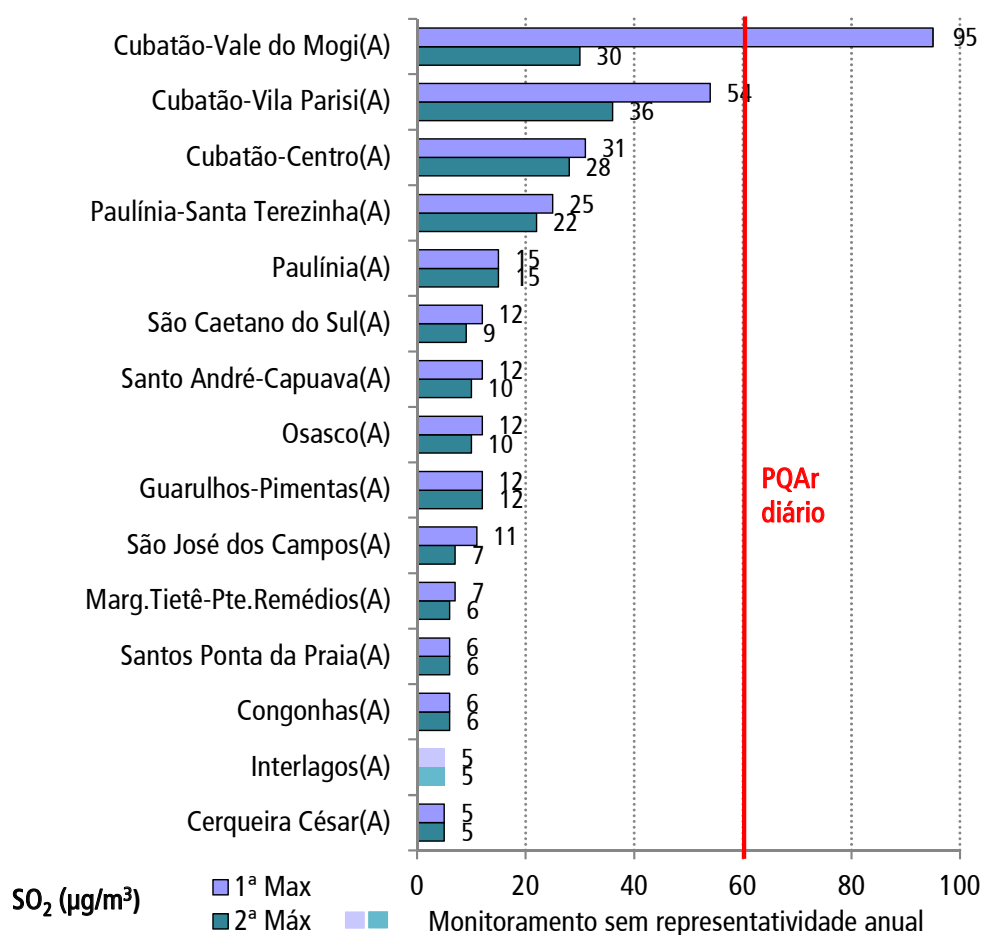
O período de isolamento social resultou em redução dos níveis dos poluentes emitidos tipicamente por veículos, como no caso do monóxido de carbono. Além do menor número de veículos em circulação, as condições mais livres do trânsito também contribuíram para uma menor emissão de poluentes. Em 2021, com a retomada parcial das atividades na RMSP, apesar do leve aumento de ocorrência dos dias desfavoráveis à dispersão desse poluente, na maior parte das estações, as médias anuais das concentrações máximas diárias se mantiveram no mesmo patamar de 2020. As máximas concentrações médias de 8 horas foram menores em 2021 do que em 2020, na maioria das estações da RMSP.

Em 2021, além das estações de monitoramento da RMSP, o monóxido de carbono foi monitorado nas estações Campinas-Centro, Ribeirão Preto e São José dos Campos-Jd. Satélite, alcançando as concentrações máximas de 8 horas de 1,7 ppm, 2,8 ppm e 1,9ppm, respectivamente, valores esses bem abaixo do PQAr (9 ppm).

6.2.5 Dióxido de Enxofre – SO_2

Observa-se no **Gráfico 6.30** que, em 2021, não houve ultrapassagem do PQAr diário ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de dióxido de enxofre (SO_2) em nenhuma das estações da RMSP que monitoram esse poluente. Na RMSP, a qualidade do ar foi classificada como BOA em todas as medições de curto prazo realizadas. As concentrações máximas diárias foram registradas nas estações automáticas de Guarulhos-Pimentas, Osasco, Santo André-Capuava e São Caetano do Sul, todas com a máxima de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os valores das médias anuais variaram entre 2 e $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dentre as estações da RMSP. Nas estações da Baixada Santista houve uma ultrapassagem do PQAr diário, em Cubatão-Vale do Mogi, em 18/11, quando também foram observadas elevadas concentrações de MP_{10} na estação da Vila Parisi, ocorrências relacionadas à evento ocorrido na área industrial. Nas demais estações da Baixada Santista e do interior do estado, não houve ultrapassagem do padrão de curto prazo.

Gráfico 6.30 – SO_2 – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021



Fonte: CETESB (2022)

A **Tabela 6.19** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, Baixada Santista e interior do estado, em 2021. A qualidade RUIM foi observada nas estações Cubatão-Vale do Mogi e Cubatão-Vila Parisi, na Baixada Santista.

Tabela 6.19 – SO₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2021 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática

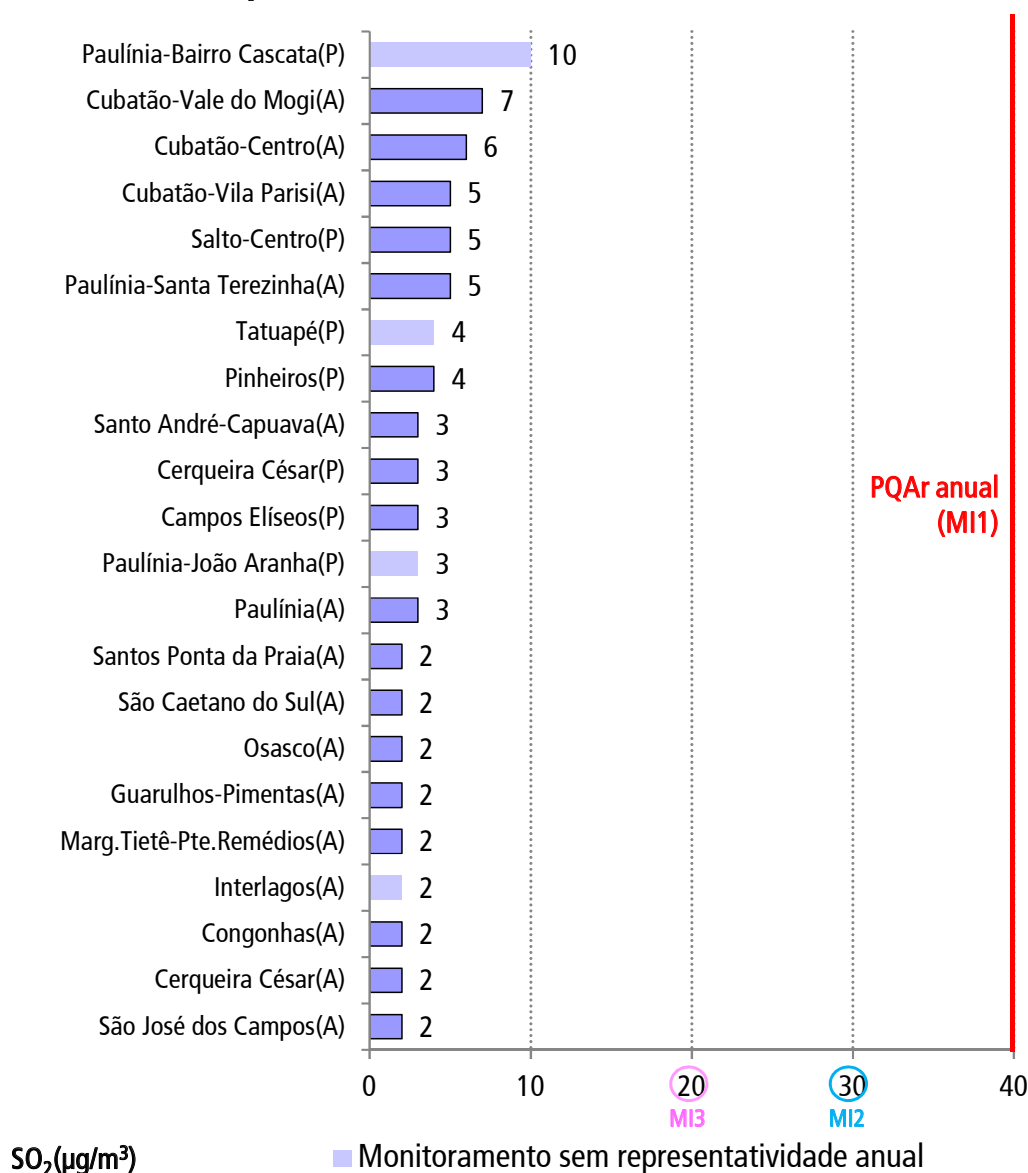
Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2021						
Estação	média de 24h					NU
	Boa 0 - 20 µg/m ³	Moderada >20 - 40 µg/m ³	Ruim >40 - 365 µg/m ³	Muito Ruim >365 - 800 µg/m ³	Péssima >800 µg/m ³	
RMSP	100,0%					0
Cubatão-Centro	97,5%	2,0%				0
Cubatão-Vale do Mogi	99,4%	0,3%	0,3%			1
Cubatão-Vila Parisi	96,4%	3,2%	0,3%			0
Paulínia	100,0%					0
Paulínia-Sta Terezinha	99,4%	0,6%				0
S.José Campos	100,0%					0
Santos-Ponta da Praia	100,0%					0

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

NU = Número de dias com ultrapassagem do PQAr de 24 horas = 60 µg/m³. No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação

No **Gráfico 6.31**, observa-se que não houve ultrapassagem do PQAr anual (40 µg/m³) nas estações da RMSP, Baixada Santista e no interior do estado. A maior média anual foi registrada na estação automática Cubatão-Vale do Mogi; na Baixada Santista. Nas estações manuais com amostradores passivos e com representatividade anual dos dados, a estação Salto-Centro, no interior, registrou a maior média anual (5 µg/m³), sendo que na maioria dessas estações os valores se aproximaram do limite de detecção do método. Observa-se também que, em 2021, todas as estações atenderam à Meta Intermediária 3 (MI3) que, conforme o Decreto Estadual nº 59.113/2013, é a última etapa a ser atingida para as concentrações médias anuais desse poluente.

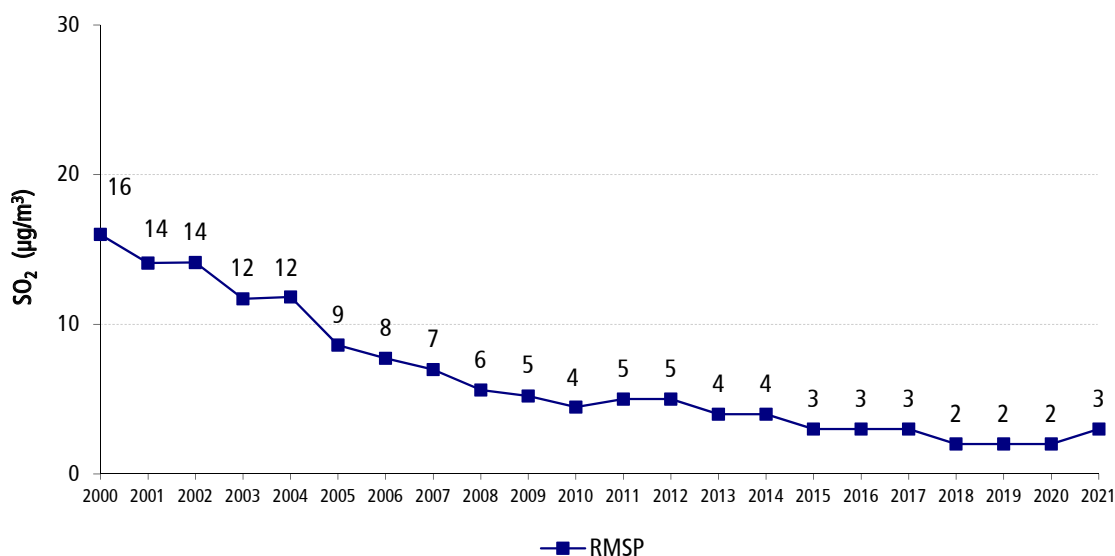
Gráfico 6.31 – SO₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

MI1 = PQAr; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

No **Gráfico 6.32**, observa-se que os níveis de dióxido de enxofre na RMSP vinham sendo reduzidos ao longo dos anos, como resultado, principalmente, do controle exercido sobre as fontes fixas e da redução do teor de enxofre dos combustíveis, tanto industrial como automotivo. Em 2021, foi observado um pequeno aumento em relação aos últimos três anos, no entanto, não é possível afirmar que está havendo reversão na tendência de queda. As diferenças são muito pequenas e podem estar associadas à base de estações com representatividade anual dos dados, bem como nas condições de dispersão para esse poluente.

Gráfico 6.32 – SO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base RMSP: Estações automáticas e amostradores passivos com monitoramento anual representativo.

A **Tabela 6.20** exemplifica algumas das principais alterações dos teores de enxofre no diesel comercializado no Brasil, desde 2006. A utilização do diesel com baixo teor de enxofre, tais como S-50 e S-10, foi obrigatória para poder viabilizar a introdução das novas tecnologias de controle, mas também permitiu a redução da emissão de alguns poluentes nos veículos mais antigos. Pelo mesmo motivo, a partir de 2014, a gasolina passou a ter teor máximo de enxofre de 50 mg/kg em substituição ao limite de 800 mg/kg, vigente até então, o que também contribuiu para a redução das concentrações de SO₂ na atmosfera.

Tabela 6.20 – SO₂ – Evolução do teor de enxofre no diesel

Ano	Enxofre Máximo Limite em mg/kg		Observação
	Metropolitano	Interior	
2006	500	2000	
2009	500	1800	A partir de 01/01/2009 o diesel S-50 (teor máximo de 50mg/kg de enxofre), passou a ser fornecido para as frotas cativas da cidade de São Paulo, em substituição ao diesel S-500 (com teor até 500 mg/kg de enxofre).
2010	500	1800	A partir de 01/01/2010 o fornecimento do diesel S-50 foi estendido para as frotas cativas de toda a RMSP.
2012	50/500	1800	A partir de 01/01/2012 o diesel S-50 passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, incluindo a RMSP e outras cidades do Estado de São Paulo.
2013	10/500	500/1800	A partir de 01/01/2013 o diesel S-10 (com teor até 10 mg/kg de enxofre) passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, em substituição ao diesel S-50.
2014	10	500	A partir 01/01/2014 o diesel S-500 passou a ser fornecido em todo o país, em substituição ao diesel S-1800; e nas regiões metropolitanas passou a ser fornecido o diesel S-10.

Fonte: CETESB (2022) adaptado de CETESB (2020)

6.2.6 Outros Poluentes

Nesta seção, são apresentados os resultados dos monitoramentos de poluentes que não possuem padrões de qualidade do ar estabelecidos nas legislações nacional e estadual vigentes.

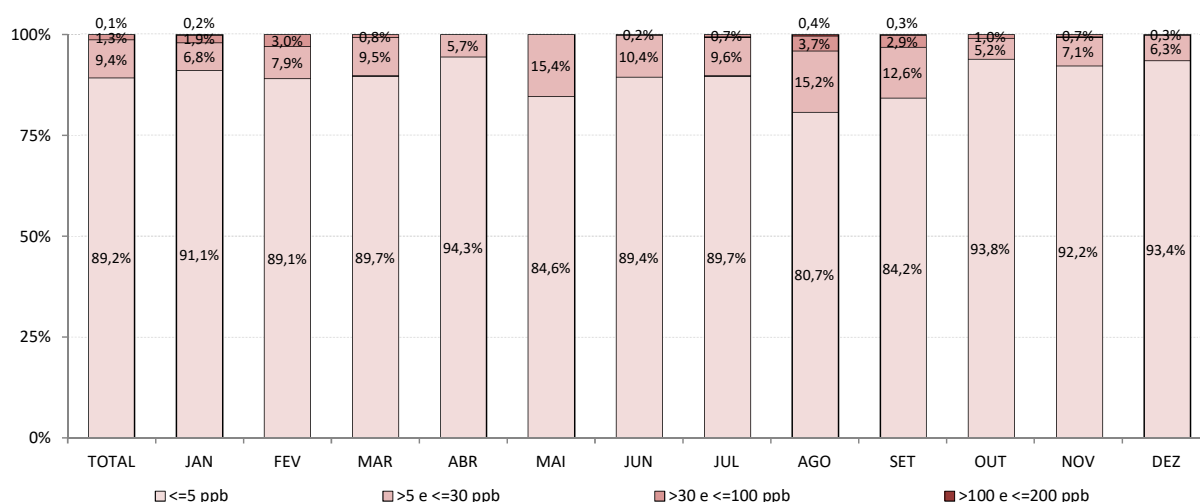
6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT

Os compostos de enxofre reduzido mais frequentes e abundantes são: sulfeto de hidrogênio (H_2S), metil-mercaptana (CH_3SH), dimetil-sulfeto ($(CH_3)_2S$) e dimetil-dissulfeto ($(CH_3)_2S_2$). Esses compostos se caracterizam por produzir odor desagradável, semelhante ao de ovo podre ou repolho, mesmo em baixas concentrações.

Alguns bairros residenciais, na cidade de Americana, localizam-se na área de influência de indústrias, cujos processos são passíveis de emitir compostos de enxofre reduzido para a atmosfera. Em razão disso, a CETESB tem monitorado no município, por meio de convênio firmado com indústria da região, as concentrações de Enxofre Reduzido Total (ERT) na atmosfera.

O **Gráfico 6.33** apresenta a distribuição percentual mensal, por faixa de concentração, calculada com base nos dados horários válidos obtidos em 2021.

Gráfico 6.33 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2021



Fonte: CETESB (2022)

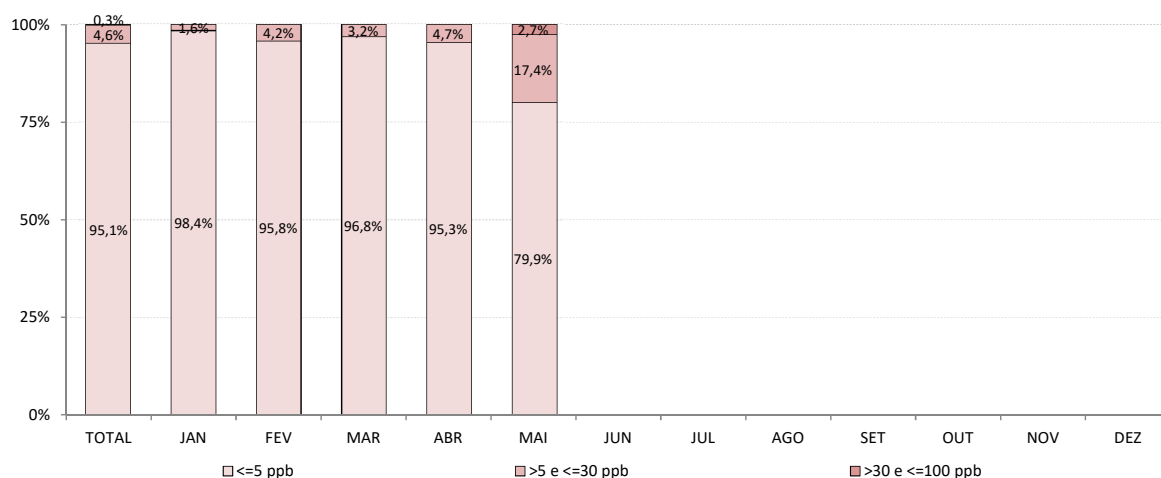
Nota:

Base: Dados de ERT com arredondamento.

Além de emissões industriais diretas para a atmosfera, condições de degradação dos corpos hídricos, devido ao lançamento de efluentes sanitários, fazem com que os corpos de água possam apresentar condições que favorecem a decomposição anaeróbica da matéria orgânica e a redução biológica dos sulfatos carregados pelo rio, ocasionando a emissão de compostos de enxofre reduzido para a atmosfera.

Dessa forma, na RMSP, há monitoramento de ERT na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios.

O **Gráfico 6.34** apresenta a distribuição percentual mensal, por faixa de concentração, calculada com base nos dados horários válidos em 2021. Em razão das concentrações horárias obtidas nesse local, pode haver, em determinadas ocasiões, incômodo por odor, principalmente nos meses de inverno.

Gráfico 6.34 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2021

Fonte: CETESB (2022)

Nota:

Base: Dados de ERT com arredondamento

No Brasil não há padrão de qualidade do ar para ERT. Também não existe limite de percepção de odor para os compostos de enxofre total reduzido como um todo, e sim para seus componentes individuais. Dentre esses compostos, o limite de percepção de odor para H_2S é de 5 ppb. Por outro lado, algumas mercaptanas possuem limites de percepção de odor ainda menores. Há vários fatores que afetam a sensibilidade ao odor, e mesmo o odor originado com concentrações de 30 ppb de H_2S , que é o padrão de qualidade do ar adotado na Califórnia, pode não ser detectado por uma parcela da população.

6.2.6.2 Aldeídos

Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por diversas fontes, das quais se destacam os veículos automotores. Podem ainda ser formados na atmosfera por meio de reações químicas, mediante a oxidação de hidrocarbonetos e desempenham papel de relevância na química da atmosfera, pois podem afetar a qualidade do ar de forma direta ou indireta, sendo precursores de ozônio e precursores na formação de aerossol orgânico em áreas urbanas.

Não existe padrão de qualidade do ar para esses poluentes na legislação nacional vigente.

Entre 2014 e 2017, foi realizado o monitoramento de formaldeído e acetaldeído na estação Pinheiros, localizada a cerca de 250 metros da Marginal do Rio Pinheiros, e que sofre influência significativa das emissões veiculares, cujos resultados estão apresentados nas **Tabelas S e T do Apêndice 4**.

Em 2018 e 2019, o monitoramento de formaldeído e acetaldeído foi efetuado na estação Cerqueira César, que sofre também influência significativa das emissões veiculares.

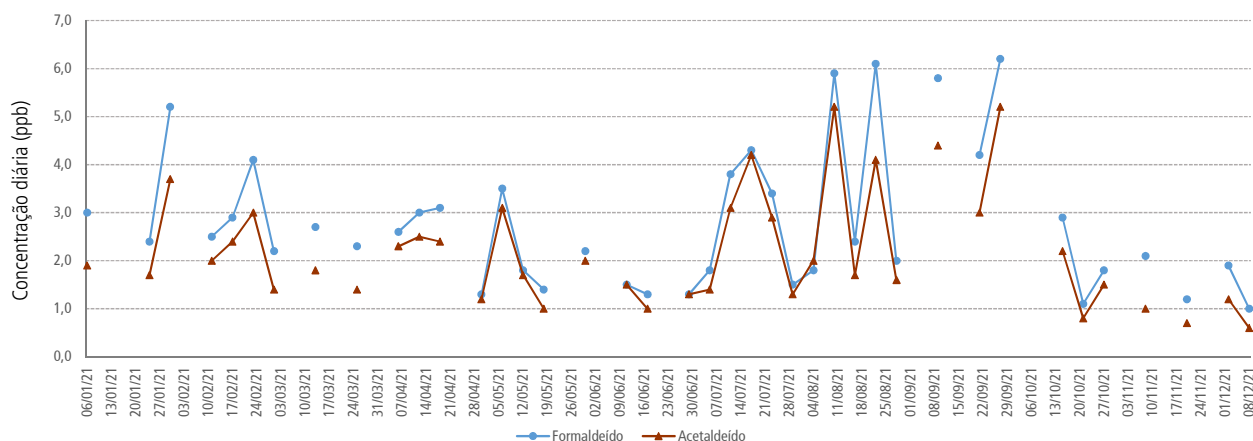
Em 2020, o monitoramento passou a ser realizado na estação Santo-André-Capuava, que sofre também influência de fontes industriais. As amostragens foram realizadas a cada 6 dias, por período de 24 horas.

A média das concentrações de formaldeído em 2021 foi 3,0 ppb, com máximas diárias de 6,0 ppb em 10/08, 22/08, 09/09 e 27/09, enquanto a média das concentrações de acetaldeído foi 2,0 ppb, com máximas

diárias de 5,0 ppb em 10/08 e 27/09, resultados da mesma ordem de grandeza dos observados em 2020. Os resultados também estão apresentados nas **Tabelas S e T** do **Apêndice 4**.

No **Gráfico 6.35** é apresentado o perfil das concentrações diárias de aldeídos observados em 2021, na estação Santo André-Capuava.

Gráfico 6.35 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Santo André-Capuava – 2021



Fonte: CETESB (2022)

6.2.6.3 Benzeno e Tolueno

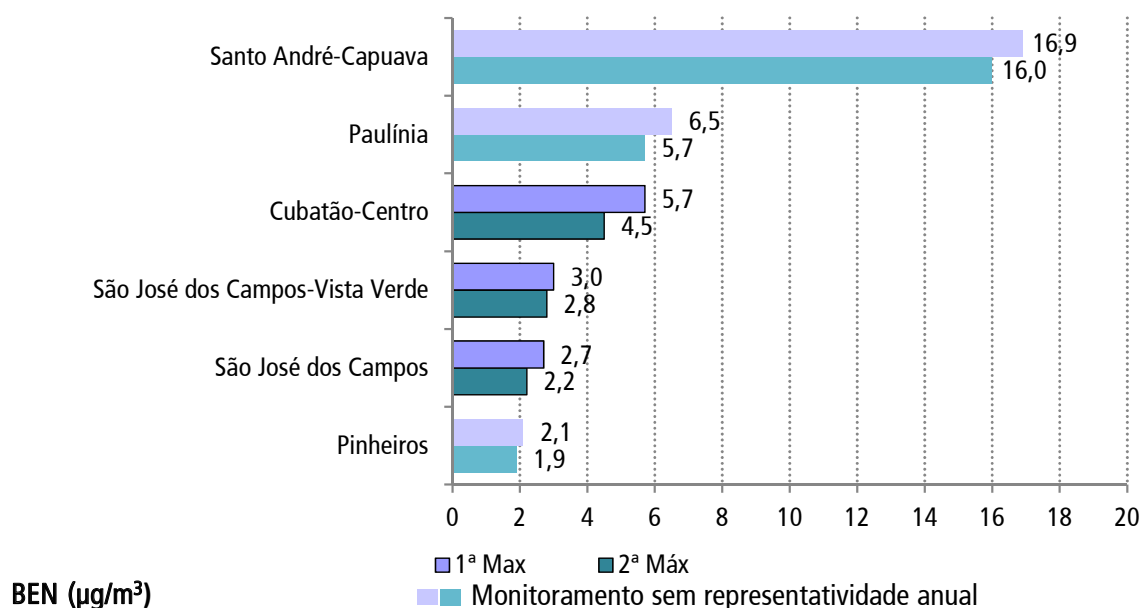
Benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis que constam da lista de poluentes atmosféricos classificados como perigosos (ESTADOS UNIDOS, 1990).

Algumas das principais fontes de emissão desses compostos são os veículos a gasolina, quer pela emissão de produtos não queimados pelo escapamento, quer pela evaporação em diferentes partes do veículo e de maneira indireta pelos processos de distribuição de combustível, além das instalações industriais, como refinarias de petróleo e instalações de armazenamento da indústria petroquímica.

O Brasil não possui padrão de qualidade do ar para esses poluentes. A União Europeia adota o valor de referência para o benzeno de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média aritmética anual (EUROPA, 2008), enquanto a OMS indica o valor-guia de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de tolueno, média semanal, para a proteção à saúde da população (WHO, 2000).

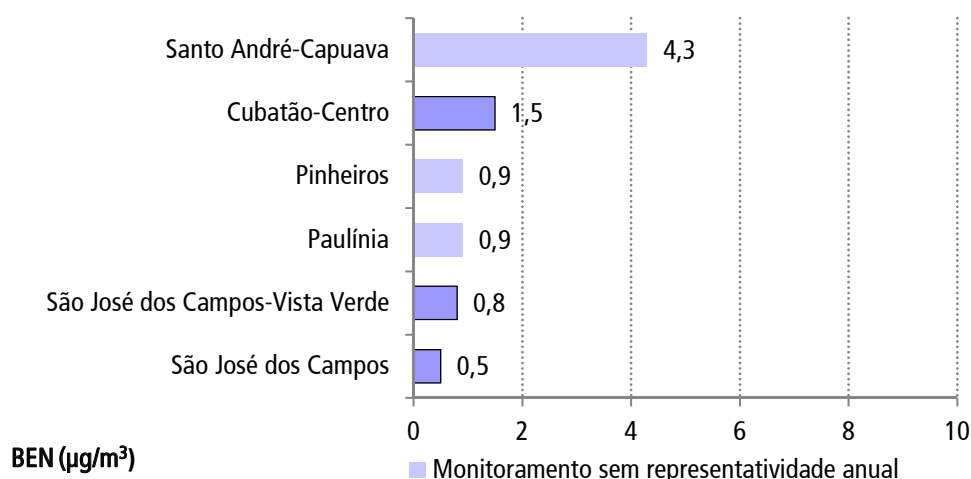
No município de São José dos Campos, em 2015, iniciou-se o monitoramento automático de benzeno e tolueno nas estações São José dos Campos e São José dos Campos-Vista Verde. Em 2017, esse monitoramento foi estendido para as estações Pinheiros e Santo André-Capuava, na RMSP; para Cubatão-Centro, no litoral, e para Paulínia, no interior.

O **Gráfico 6.36** apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de benzeno em 2021, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado.

Gráfico 6.36 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021

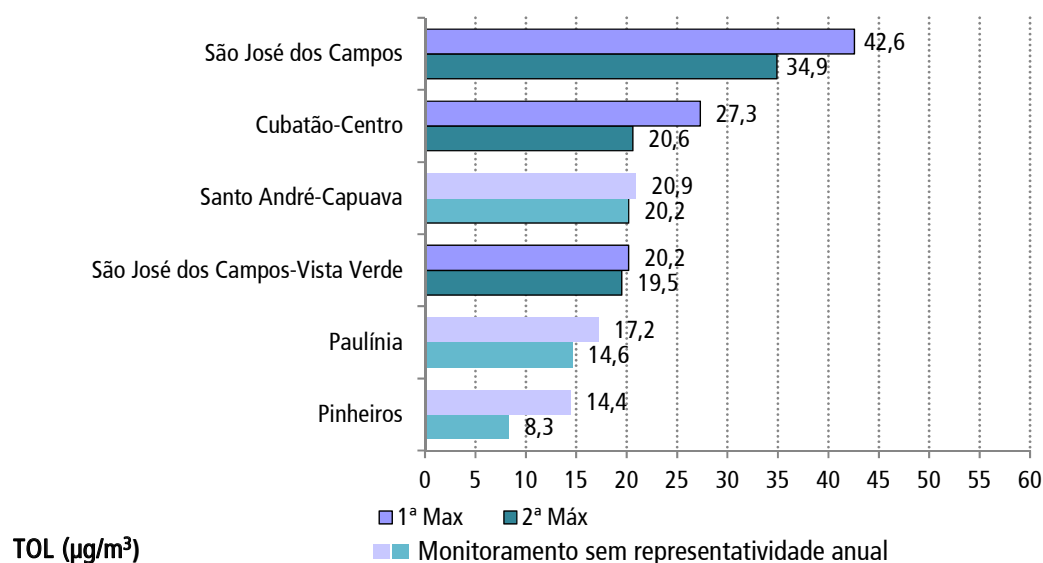
Fonte: CETESB (2022)

O **Gráfico 6.37** apresenta as concentrações médias anuais de benzeno em 2021, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior. As concentrações médias anuais de benzeno, tanto em áreas industriais quanto urbanas, ficaram abaixo do valor de referência adotado pela União Europeia para benzeno, 5 µg/m³ – média anual.

Gráfico 6.37 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021

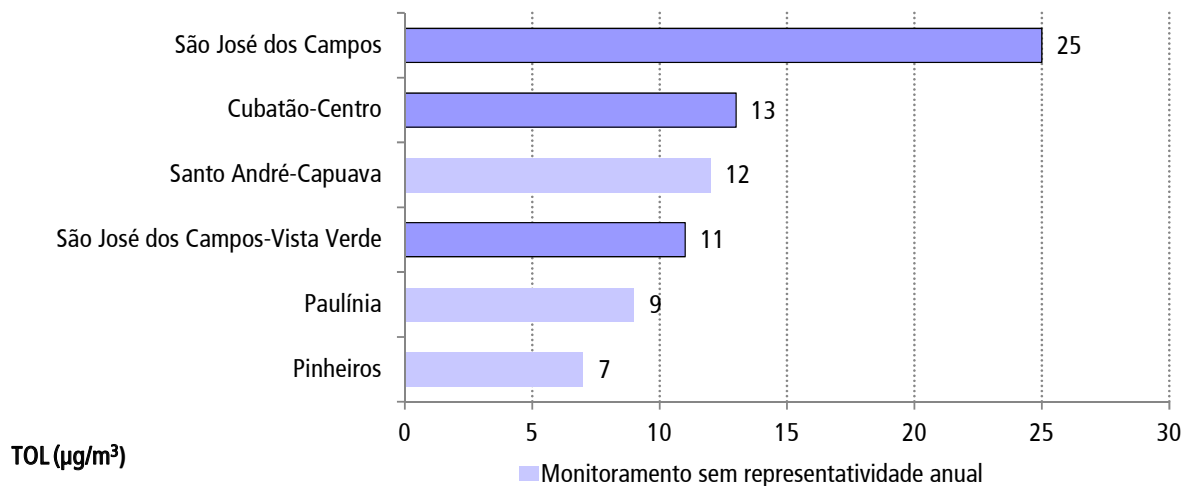
Fonte: CETESB (2022)

O **Gráfico 6.38** apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de tolueno em 2021, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado.

Gráfico 6.38 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021

Fonte: CETESB (2022)

O **Gráfico 6.39** apresenta as concentrações máximas médias móveis de sete dias de tolueno em 2021, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado. As concentrações máximas médias móveis de sete dias de tolueno detectadas, tanto em áreas industriais quanto urbanas, ficaram muito abaixo do valor guia da OMS (260 µg/m³, média semanal).

Gráfico 6.39 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2021

Fonte: CETESB (2022)

Dentre as estações de monitoramento de benzeno e tolueno, a estação de Pinheiros sofre influência significativa das fontes de emissões veiculares, estando muito próxima de vias de tráfego intenso e não possui fontes industriais emissoras desses poluentes em seu entorno. As demais estações possuem características locais distintas, com influência de fontes de emissões industriais nas proximidades.

6.2.7 Estudos Especiais

Nesta seção, são apresentados os resultados do estudo de compostos orgânicos voláteis (COVs) realizado na estação Pinheiros, na RMSP (SÃO PAULO, 2022e), e do estudo sobre os reflexos da pandemia de Covid-19 na poluição do ar, nas estações de monitoramento da RMSP (SÃO PAULO, 2022f).

6.2.7.1 Avaliação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na atmosfera do município de São Paulo (Pinheiros)

Dentre os poluentes presentes na atmosfera, além dos regulamentados na legislação, como o material particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono, os COVs são importantes do ponto de vista ambiental e de saúde pública, sobretudo em áreas urbanas e industriais, desempenhando papel na formação do conjunto de oxidantes fotoquímicos, dos quais se destaca o ozônio.

Os COVs são parte de uma ampla classe de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, incluindo seus derivados halogenados, álcoois, cetonas e aldeídos. Têm grande importância, na medida em que direta ou indiretamente afetam o meio ambiente e a saúde humana. Podem originar-se naturalmente, a partir de emissões biogênicas em oceanos, florestas, vulcões etc., ou resultar de atividades antropogênicas, como emissões veiculares, produtos de petróleo, químicos, indústrias manufatureiras, entre outras.

As concentrações de 28 compostos orgânicos voláteis, na sua maioria associados às emissões veiculares, foram medidas na estação Pinheiros, pertencente à rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB, em 2017, e, para comparação dos resultados, entre abril e outubro de 2020, para avaliar o impacto da diminuição do tráfego urbano em razão da pandemia de COVID-19, relativamente a esses compostos. As amostragens foram realizadas a cada seis dias durante 24 horas.

Os compostos que apresentaram concentrações mais elevadas foram: tolueno, n-hexano, m,p-xileno e benzeno, sendo que as concentrações obtidas em 2020 foram menores que as de 2017, conforme o esperado, devido à diminuição da circulação de veículos ocorrida em razão da pandemia. As relações tolueno/benzeno de 3,2 em 2020 e 4,2 em 2017, em Pinheiros, indicaram que as fontes de emissão estão próximas do local de amostragem, pois as concentrações de tolueno tendem a se degradar mais rapidamente do que as de benzeno à medida que aumenta a distância em relação às fontes, resultando em razões T/B menores.

A forte correlação entre as concentrações de tolueno e benzeno ($R = 0,85$) sugere que, nesse local, esses poluentes provavelmente se originam do mesmo tipo de fonte.

A média anual de benzeno na estação Pinheiros em 2017, de $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi inferior ao valor de referência indicado pela Comunidade Europeia - $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média anual). A média de 2020 também foi menor que esse valor, embora o monitoramento não tenha completado um ano de dados.

6.2.7.2 Pandemia de Covid-19: Reflexos na poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo

O novo Coronavírus SARS-CoV-2, causador da COVID-19, exigiu reduções de atividades no mundo todo inclusive na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. A forte redução inicial resultou na restrição de atividades comerciais, educacionais e de lazer, apenas com a abertura mais livre de farmácias e mercados. Como consequência ocorreu uma sensível redução de tráfego de veículos, fato esse de especial interesse para a poluição do ar, por serem os veículos um dos maiores agentes causadores da poluição do ar na RMSP.

Mesmo sem uma quantificação precisa de redução da frota circulante, os dados quantitativos de qualidade do ar foram associados às informações de redução de trânsito e de forma a se extrair conhecimentos sólidos do significado da diminuição das emissões veiculares.

O comportamento de poluentes na atmosfera depende não apenas das emissões pelas fontes, mas também das condições meteorológicas – chuvas e ventos. Por essa razão os estudos foram realizados em vários períodos para que se tenha o mínimo de influência da meteorologia e, portanto, permitindo verificar o efeito da redução das emissões. O estudo analisou o comportamento dos dados em três períodos, centralizando sempre no de máxima restrição de 24 de março a 23 de abril de 2020. Para efeito de comparação, foram considerados os comportamentos dos três anos anteriores, bem como dos doze meses posteriores.

Os poluentes analisados foram o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), material particulado em dois tamanhos (MP_{2,5} e MP₁₀) e ozônio (O₃).

Como principal objetivo do estudo foi verificar a que níveis de poluição se atinge com a forte redução de frota, foram tomados como valores referência as metas de redução de poluição estabelecidas legalmente. Em ordem decrescente tais níveis são MI1, MI2, MI3 e PF. (metas intermediárias 1,2,3 e padrão final).

Os dados de São Paulo também foram comparados com dados internacionais e demonstraram similar comportamento. Nos períodos de maior redução de tráfego ocorreu queda nas concentrações de material particulado, nos dois tamanhos, dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono e acréscimo de ozônio nas atmosferas de São Paulo, Cidade do México, Londres e Delhi (este último com queda também do ozônio). O aumento do ozônio é teoricamente explicado pelas complexas reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera.

De forma geral pode-se afirmar que na RMSP distinguu-se três comportamentos das concentrações dos poluentes no período da pandemia:

Demonstraram redução: os emitidos principalmente pelos veículos, CO, NO e NO₂. Não só ocorreram reduções das concentrações no período de maior restrição das atividades (24/03 a 23/04 de 2020) mas também quando se compara com concentrações em relação ao mesmo período nos anos anteriores (2017 a 2019), do mesmo modo, houve uma leve diminuição das concentrações anuais. Esse é um bom indicativo que para esses poluentes, as reduções de emissões impostas pela pandemia são adequadas como meta de controle a ser perseguida.

Demonstrou aumento: o ozônio foi o único poluente que teve aumento de suas concentrações durante a pandemia, em relação aos anos anteriores. Atribui-se que esse comportamento se deve à diminuição da geração do NO, pois esse poluente consome o ozônio. Como já dito, comportamento observado em várias cidades pesquisadas.

Demonstraram estabilidade: As concentrações médias anuais em 2020 (abril a março do ano subsequente) foram praticamente iguais às de 2019, tanto para MP₁₀ como o MP_{2,5}. As médias observadas no

período de maior restrição em relação ao imediatamente anterior, em 2020, foram também praticamente iguais. Entretanto, comparando-se os períodos referentes ao de maior restrição de 2020 com o de 2017 a 2019, nota-se uma queda das concentrações médias em 2020, diminuição também observada no número de ultrapassagens do PF.

As ultrapassagens das metas diárias em 2020 em relação ao ano anterior, mantiveram-se praticamente nos mesmos patamares.

Apesar dos veículos representarem na RMSP uma fonte importante de emissão de material particulado, uma parcela significativa desse material é formada por aerossóis secundários e no caso do MP_{10} por poeira ressuspensa do solo. Dessa forma, em que pese a diminuição do tráfego e da emissão de material particulado, os efeitos nas concentrações atmosféricas não foram tão marcantes.

6.2.8 Síntese das Observações da Qualidade do Ar

Uma vez apresentado o comportamento individual dos poluentes, é importante ressaltar a situação da poluição do ar no estado de São Paulo de maneira integrada.

Os poluentes gasosos primários SO_2 , NO_2 e CO são emitidos principalmente nos processos de combustão, tanto de combustíveis fósseis como de biomassa. As fontes de combustão são um dos principais focos no combate à poluição do ar. Cada combustível, dadas as suas características, emite diferentes proporções de cada um desses gases. A queima ocorre em condições diversas, sendo os controles também distintos. A apresentação de alguns exemplos concretos caracteriza melhor essa afirmação. O SO_2 foi reduzido com o controle do teor de enxofre nos óleos combustíveis, industriais e veiculares. Já o CO teve emissões diminuídas com o uso de catalisadores e injeção eletrônica nos automóveis. As emissões de NO_2 foram abrandadas com a melhoria tecnológica dos veículos movidos a diesel, que implicaram, entre outras ações, o uso de compostos específicos (Agente Redutor Líquido Automotivo-ARLA) no catalizador.

Ou seja, diversas medidas contribuíram para a melhoria da qualidade do ar ao longo do tempo. Dentre os programas e atividades que a CETESB desenvolve para o controle da poluição destacam-se, entre outros, o PREFE e o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), a fiscalização e controle das emissões industriais, programa de fiscalização de fumaça emitida pelos veículos a diesel. Citam-se também o PROCONVE e o PROMOT, programas federais que contam com a participação da CETESB, nos quais os veículos novos têm limites de emissão cada vez mais reduzidos, melhoria nos combustíveis, melhorias técnicas dos veículos, renovação da frota veicular, entre outros.

O CO, desde 2008, obedece a valores menores que os estabelecidos como Padrão Final. O SO_2 apresenta médias anuais bastante baixas. Em 2021, ocorreu a ultrapassagem do padrão diário uma única vez, na área industrial de Cubatão. Esse evento mais indica algum descontrole pontual de uma fonte do que um problema de poluição constante. No caso do NO_2 , ocorreu ultrapassagem do padrão anual apenas na estação de Congonhas, na RMSP, que tem forte influência das emissões veiculares, sendo os padrões vigentes respeitados nas demais localidades. Entretanto, esse poluente merece atenção e deve ser sempre controlado, pois, além de efeitos à saúde, participa no processo de formação dos oxidantes fotoquímicos, tipicamente o ozônio.

O ozônio depende dos óxidos de nitrogênio e de COVs para a sua formação, fazendo-se necessário o controle de ambos. É um controle complexo, pois a teoria indica que há situações em que o controle de apenas

um dos precursores pode levar a um aumento das concentrações de ozônio. Atribui-se a esse fato o observado durante a pandemia quando, em várias cidades do mundo, a redução do tráfego levou a uma redução de NO na atmosfera, mas sendo observado um aumento das concentrações de ozônio. No estado de São Paulo, no ano de 2021, foi verificada a ocorrência de ultrapassagens de padrão desse poluente tanto na RMSP como no interior/litoral. A RMSP possui condições mais propícias à formação do ozônio que nas outras áreas do estado, devido ao tamanho de sua frota, portanto da magnitude de suas emissões. Verifica-se, assim maior frequência de eventos na RMSP que no interior. Tem-se atribuído à sua característica de poluente secundário, dependente de precursores e da radiação solar, o comportamento variável desse poluente, não permitindo uma consistente análise de tendência.

O ozônio faz parte de um conjunto de substâncias que resultam do processo fotoquímico. Dentre elas, destaca-se a formação de compostos orgânicos na forma de partículas. Juntamente com esse material particulado secundário também se encontram os sulfatos, provenientes do SO₂ e os nitratos, provenientes do NO₂. Esses artefatos secundários compõem uma das frações mais importantes do material particulado fino. Devido ao seu pequeno tamanho, essas partículas são bastante agressivas à saúde, por penetrarem profundamente no trato respiratório.

O **Material Particulado**, em 2021, medido nas diversas frações de tamanho, apresentou-se com valores elevados em algumas localidades. As médias anuais são aqui comentadas por sofrerem menor influência de eventos pontuais. Das 21 estações da RMSP observa-se que o padrão anual vigente (40 µg/m³) do MP₁₀ foi atendido em todas elas. Em contraposição, no interior/litoral o padrão anual foi ultrapassado em 5 das 32 estações, todas em áreas com presença de atividade industrial. Considerando-se as medições de MP_{2,5}, o padrão anual (20 µg/m³) foi ultrapassado em uma estação da RMSP (Osasco) e em uma do interior/litoral (Ribeirão Preto). As medições desse poluente indicam que há maior semelhança dos dados de MP_{2,5} obtidos na RMSP com os obtidos no interior/litoral. Dessa forma conclui-se que as partículas no interior são primordialmente mais grossas que as da RMSP, o que é corroborado pelas menores relações MP_{2,5}/MP₁₀ observadas, de maneira geral no interior/litoral. Essa é uma indicação de como devem ser feitos os controles nas duas regiões, pois possuem características distintas.

Das análises efetuadas de forma integrada, com todos os poluentes, pode-se concluir que tanto a RMSP como o interior/litoral possuem desconformidades tanto no ozônio como no material particulado. No entanto, o ozônio é mais presente na RMSP que no interior enquanto que no interior/litoral, o material particulado é mais relevante.

7 • Medidas de Gestão das Fontes de Poluição Atmosférica

Nesta seção, são apresentadas as principais medidas implementadas ou em fase de implementação, visando aprimorar o controle das fontes fixas e móveis de poluição atmosférica, no estado de São Paulo.

7.1 Fontes Estacionárias

A CETESB desenvolve uma série de ações de rotina para o controle preventivo de emissões por meio do licenciamento ambiental e corretivo baseado na fiscalização das fontes estacionárias.

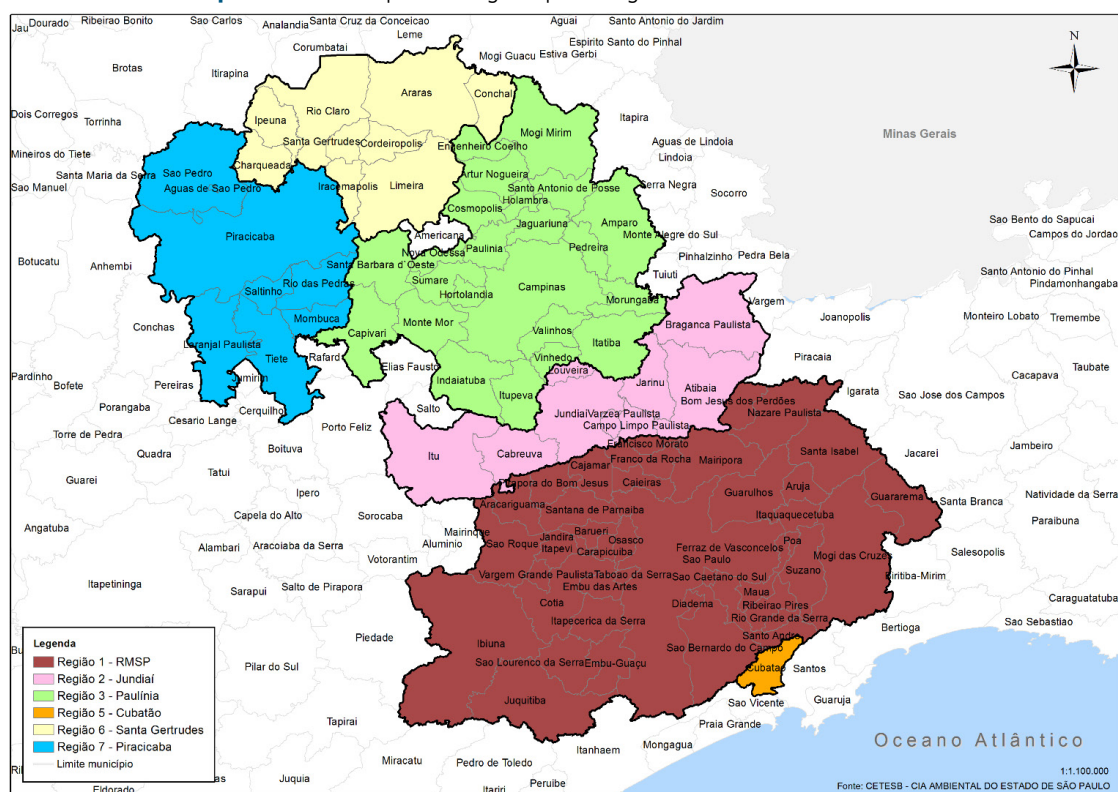
Além disso, desde sua criação, a CETESB vem adotando medidas de gestão por meio de programas de controle de emissões de fontes estacionárias de forma a mitigar a poluição atmosférica gerada na atividade industrial e que foram precursores do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE).

O PREFE é um conjunto de ações que tem como objetivo final reduzir, proporcionalmente, a contribuição das fontes industriais na poluição atmosférica para o pleno atendimento aos padrões vigentes de qualidade do ar no estado de São Paulo, previsto no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013). Aprovado pela Decisão de Diretoria nº 289/2014/P e apresentado ao CONSEMA em 18/11/2014, o PREFE publicado em 2014 definiu as áreas de abrangência do plano (Regiões de Controle de Qualidade do Ar) e relacionou as principais fontes estacionárias de poluição atmosférica de cada região (CETESB, 2014).

Em decorrência da alteração dos padrões de qualidade do ar, passando a vigor a partir de 01/01/2022 os valores constantes da Meta Intermediária 2 (Deliberação CONSEMA nº 4, de 19/05/2021, publicada no DOE de 26/05/2021) e considerando que o Decreto Estadual nº 59.113/13 prevê a revisão e atualização do PREFE, esse plano foi revisado e atualizado em 2021, sendo então aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB nº 118/2021/I/C e denominado como PREFE 2021 (CETESB, 2021d).

Considerando os dados e as informações da rede de monitoramento de qualidade do ar da CETESB, a abrangência das áreas administrativas do Estado e as características regionais das fontes de emissão foram revisadas as áreas de abrangência de cada Região de Controle (RC) e consequentemente os empreendimentos envolvidos, com o objetivo de racionalizar os esforços necessários na implementação das ações de controle, de forma a reduzir a emissão de poluentes nas áreas que não atendem aos padrões de qualidade do ar vigentes.

A seguir, o **Mapa 7.1** apresenta os municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021.

Mapa 7.1 – Municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021

Fonte: CETESB (2022), adaptado de Decisão de Diretoria CETESB no 118/2021/I/C

O PREFE estabelece metas de redução de emissões proporcionais à participação das fontes fixas e móveis no total das emissões da sub-região e adota instrumentos e diretrizes como:

- Classificação das estações de monitoramento da qualidade do ar com relação aos padrões;
- Lista de empreendimentos de maior contribuição para a condição de criticidade da qualidade do ar nas sub-regiões, considerando as informações disponíveis no inventário de fontes e no licenciamento ambiental;
- Metas calculadas com base na diferença entre as médias de concentração de classificação da sub-região nos últimos três anos e o padrão de qualidade a ser atendido;
- Convergência com planos, programas, ações e metas definidos para o atendimento da Política Estadual de Mudanças Climáticas;
- Acompanhamento das melhores práticas nacionais ou internacionais para a melhoria da qualidade do ar e o estudo de viabilidade de implantação dessas práticas;
- Planejamento da expansão da rede de monitoramento.

Tendo em vista que as ações de mitigação foram estabelecidas em etapas gradativas e sequenciais, as fontes de emissão das empresas integrantes do plano estão sendo avaliadas quanto à possibilidade de reduzir as emissões de poluentes considerando o estágio tecnológico do processo produtivo e as operações realizadas e do sistema de controle de emissões atmosféricas.

No escopo dos planos setoriais visando o controle de emissões de um conjunto de atividades de uma determinada região, a CETESB, por meio da Decisão de Diretoria nº 120/2021/I/C (CETESB, 2021b), ampliou a área de abrangência do “Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – Setor das Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila” aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB nº 192/2016/C (CETESB, 2016b).

Ainda dentro do escopo dos planos setoriais, foi aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB nº 119/2021/I/C o “Plano Setorial de Controle de Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis e Semivoláteis” provenientes de Unidades de Armazenamento, Distribuição e Comércio Atacadista de Combustíveis (CETESB, 2021c).

7.2 Fontes Móveis

As ações de controle de poluição veicular no estado de São Paulo são previstas nos Planos de Controle da Poluição Veicular (PCPV). Os planos têm sido elaborados desde 2011 em períodos de vigência de três anos. O PCPV para o período 2020 a 2022 foi aprovado no início de 2021 (CETESB, 2021), em razão das alterações decorrentes da pandemia pelo COVID-19. As restrições impostas pela quarentena alteraram algumas das ações planejadas para 2020. Ainda assim, diversas ações foram realizadas em 2020 que possibilitaram a manutenção das metas originalmente propostas.

O Plano considerou como base os dados de emissão veicular publicados no Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo – 2019 (CETESB, 2020) e a classificação da qualidade do ar aprovada pela Deliberação CONSEMA nº 20/2019 (SÃO PAULO, 2019). A área prioritária para o controle da poluição emitida por veículos é a Macrometrópole Paulista, onde o poluente ozônio ultrapassa o padrão de qualidade do ar estabelecido. Além disso, a análise da concentração de material particulado nas estações de monitoramento localizadas próximas às vias de maior tráfego mostra níveis de significativo impacto sobre a saúde. Considerando a existência de centenas de quilômetros de vias com grande fluxo de tráfego, localizadas nas áreas urbanas, apontou-se a necessidade de melhoria do controle desse poluente em todo o estado.

As ações propostas pelo PCPV 2020-2022, as metas e os indicadores de acompanhamento estão expostos na **Tabela 7.1**.

Tabela 7.1 – PCPV 2020-2022 – Ações, metas e indicadores (continua)

Ação	Meta		Indicador
Inspeção ambiental de veículos	1	Elaborar e implantar em um prazo de 24 meses para a Fase I, e de 36 meses para a Fase II, assim que houver base legal.	Implantação das fases
Índice de não conformidade	2	Manter o percentual de não conformidade igual ou menor que 5,0% na RMSP.	Estimativa anual do percentual de não conformidade.
Fiscalização de fumaça dos veículos a diesel com a Escala de Ringelmann	3	Desenvolvimento, até 2021, de aplicativo para fiscalização digital e integração de sistemas pertinentes à multa por fumaça preta.	Desenvolvimento do sistema de fiscalização.
	4	Aquisição, até 2021, de dispositivos para aplicação da Meta 3.	Aquisição de equipamentos, se necessário.
	5	Utilização do aplicativo, até 2022, para todas as multas por fumaça lavradas.	Sistema informatizado de registro de multas.
Fiscalização de fumaça dos veículos a diesel com o uso do opacímetro	6	Realizar, por ano, 120 avaliações de opacidade em veículos a diesel.	Número de avaliações de opacidade.
	7	Realizar, por ano, 5 vistorias técnicas em empresas que operam veículos a diesel.	Vistorias técnicas realizadas.
Fiscalização de Arla 32	8	Realizar, por ano, 60 inspeções de uso de ARLA 32 em veículos a diesel e em tanques de abastecimento de empresas frotistas na RMSP.	Número de inspeções de ARLA 32.
Operação Inverno	9	Fiscalizar, por ano, 150.000 veículos a diesel durante os comandos da Operação Inverno.	Número de veículos fiscalizados.
	10	Participar, por ano, de duas ações de orientação aos condutores e proprietários.	Eventos realizados.
Expansão do Programa de Melhoria da Manutenção de Veículos a Diesel - PMMVD	11	Aumentar, até dezembro de 2022, a relação percentual entre pedidos de redução e multas para 25%.	Relação percentual entre pedidos de redução e multas.
	12	Implantar, até dezembro de 2021, o sistema informatizado em 100% das unidades operacionais do PMMVD.	RMO emitidos pelas unidades operacionais pelo sistema do PMMVD.
Laboratório de emissões veiculares	13	Obter, até 2021, a extensão do escopo de acreditação no Inmetro do Laboratório de Emissões de São Paulo para ensaios de teor de etanol na gasolina, etanol não-queimado, monóxido de carbono em regime de marcha-lenta.	Certificado de acreditação.
	14	Obter, até 2021, a acreditação no Inmetro do Laboratório de Emissões de São Bernardo do Campo para os ensaios de emissão e consumo de veículos.	Certificado de acreditação.
	15	Adquirir, até 2022, a atualização de software para atendimento às demandas de ensaios de motores para o Laboratório de Emissão Veicular Diesel em São Bernardo do Campo.	Formalização do comissionamento do software e equipamentos realizado pelo fornecedor.
Estruturação das novas fases do PROCONVE e PROMOT	16	Finalizar, até dezembro de 2022, quatro minutas de instruções normativas do Ibama e três minutas de normas técnicas ABNT referentes à regulamentação das novas fases L7 e L8 do Proconve voltadas aos veículos leves, conforme plano de trabalho.	Propostas das minutas encaminhadas às respectivas instituições.
	17	Finalizar, até dezembro de 2022, cinco minutas de normas técnicas ABNT referentes à regulamentação da nova fase P8 do Proconve voltada aos veículos pesados, conforme plano de trabalho.	Propostas das minutas encaminhadas à ABNT.
	18	Finalizar, até dezembro de 2022, uma minuta de instrução normativa do Ibama e três minutas de normas técnicas ABNT referentes à regulamentação da nova fase M5 do PROMOT voltada às motocicletas, conforme plano de trabalho.	Propostas das minutas encaminhadas às respectivas instituições.
Avaliação da Conformidade de Produção - ACP	19	Publicação, até janeiro de 2022, da Instrução Normativa Ibama com os critérios para a Avaliação de Conformidade de Produção.	Instrução Normativa publicada.
	20	Iniciar, até dezembro de 2022, a Avaliação de Conformidade de Produção em veículos leves.	Número de veículos avaliados.

Tabela 7.1 – PCPV 2020-2022 – Ações, metas e indicadores (conclusão)

Ação	Meta		Indicador
Confiabilidade laboratorial	21	Finalizar, até dezembro de 2021, a minuta da instrução normativa do Ibama que prevê critérios e periodicidade para a o reconhecimento de laboratórios e pista de prova para a realização de ensaios para o PROCONVE e para o PROMOT.	Proposta da minuta encaminhada ao Ibama.
	22	Finalizar, até dezembro de 2021, a minuta de resolução CONAMA que prevê exigências de acreditação no Inmetro e outros critérios para a o reconhecimento de laboratórios e pista de prova para a realização de ensaios para o PROCONVE e para o PROMOT.	Proposta da minuta encaminhada ao Ibama.
Capacitação	23	"Oferecimento anual dos cursos listados. 1. Emissão Veicular 2. PMMVD - Regras e Procedimentos para Unidades Operacionais 3. PMMVD - Regras e Diretrizes para Auditores 4. Fiscalização de Fumaça Preta com a Escala de Ringelmann 5. Cálculo de consumo e emissões em veículos híbridos conforme ABNT NBR 16567"	Cursos realizados no ano.

Fonte: CETESB (2022) adaptado do relatório PCPV 2020-2022 (CETESB, 2021)

Considerações Gerais

No estado de São Paulo, destacam-se algumas áreas críticas em termos de poluição do ar, especialmente a RMSP e os polos industriais, alguns dos quais vêm ganhando relevância nos últimos anos. A seguir, são apresentadas algumas considerações sobre a RMSP, Cubatão e Santa Gertrudes.

RMSP

Na Região Metropolitana de São Paulo, os problemas de qualidade do ar ocorrem especialmente em razão dos poluentes provenientes dos veículos, motivo pelo qual se enfatiza a importância das medidas de redução das emissões veiculares.

Entretanto, em que pese ter havido ainda em 2021, na RMSP, alguma redução de circulação da frota e diminuição das atividades por causa da pandemia, a consequente redução das emissões de poluentes não foi suficiente para que fossem atendidos plenamente os valores-guia preconizados pela OMS para alguns poluentes primários, como material particulado e NO_2 . Isso indica a dificuldade da exequibilidade de atingimento desses valores, principalmente em grandes centros urbanos.

Os programas federais de controle da poluição do ar por veículos e por motocicletas, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), têm sido responsáveis por levar os fabricantes a adotarem

tecnologias progressivamente mais avançadas para atender aos limites de emissão de poluentes cada vez mais restritivos. Entretanto, mesmo com limites de emissão mais restritivos e a renovação natural da frota, a redução da carga de poluentes é influenciada por outros fatores, como o aumento da frota, as condições de manutenção dos veículos, o tipo de combustível e os congestionamentos.

As características dos combustíveis vêm melhorando de forma a garantir o atendimento aos limites estabelecidos pelos programas de controle, o que também contribui para mitigar a emissão de poluentes atmosféricos.

Veículos novos, leves e pesados, com novos limites de emissão mais restritivos, começam a ser produzidos a partir de 2022 e devem propiciar ganhos em médio e longo prazos. Iniciativas adicionais sobre a frota circulante, tais como programas de inspeção e fiscalização, são importantes para a manutenção dessas emissões nos níveis desejados. Também devem ser adotadas medidas que busquem a renovação da frota e a introdução de tecnologias mais limpas, com a substituição gradual dos combustíveis fósseis por fontes renováveis e de baixa emissão de poluentes tóxicos e de gases de efeito estufa.

No caso do ozônio, o quadro reinante conduz à necessidade de maior controle dos compostos orgânicos voláteis (COV) e óxidos de nitrogênio (NOx), precursores da formação desse poluente por processos fotoquímicos.

Nesse sentido, as novas fases do PROCONVE estabelecem um maior controle sobre as emissões de NOx e COV, incluindo o controle nos veículos das emissões evaporativas de abastecimento. No entanto, benefícios mais significativos em termos de qualidade do ar são esperados ao longo dos anos, com a gradual renovação da frota. No caso das fontes fixas, melhorias nos controles sobre o armazenamento e transferência de combustíveis também deverão trazer reduções importantes nas emissões de COV.

Além do ozônio, os processos fotoquímicos ainda geram uma gama de substâncias agressivas, denominadas genericamente de oxidantes fotoquímicos, e contribuem para a formação de aerossóis secundários, que em razão de seu pequeno tamanho podem penetrar profundamente no sistema respiratório, afetando a saúde.

A atual situação da poluição do ar na RMSP requer também medidas complementares que viabilizem a redução do número de viagens motorizadas e dos congestionamentos, como a redução das distâncias a serem percorridas, a maior oferta de transporte público não poluente, o aumento da eficiência do transporte público por ônibus e do transporte de carga, a melhoria da gestão do sistema viário complementada com ações de planejamento do uso do solo voltado para a redução do impacto da mobilidade e da logística.

Também devem ser adotadas medidas que busquem a renovação da frota e a introdução de tecnologias mais limpas, de baixa emissão ou emissão zero de poluentes tóxicos e de gases de efeito estufa.

Dessa forma, a redução dos níveis de poluição do ar não deve se basear, exclusivamente, em medidas tecnológicas para a redução das emissões dos veículos isoladamente, mas numa ação integrada dos diversos setores da sociedade.

Cubatão

A qualidade do ar em Cubatão é determinada, principalmente, por fontes industriais, caracterizando um problema totalmente diferente dos grandes centros urbanos. É importante ressaltar que as altas concentrações de poluentes em Cubatão são observadas quase que exclusivamente na área industrial, e que os níveis de concentração da maioria dos poluentes monitorados permanentemente na área central são semelhantes aos observados em alguns bairros da RMSP.

Na área central de Cubatão, em 2021, houve um dia de ultrapassagem do padrão pelo poluente ozônio, e não houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar para o poluente SO_2 e nem para material particulado.

A principal preocupação em Vila Parisi, na área industrial, são as altas concentrações de material particulado. Em 1984, o Plano de Prevenção de Episódios Agudos de Poluição do Ar foi implementado na área, observando-se em muitas ocasiões a declaração de estados de Alerta e Emergência. Os níveis caíram significativamente nos anos 1980 e 1990, mas ainda se mantêm acima dos padrões de qualidade do ar. Nos últimos cinco anos, as concentrações médias das estações Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Vale do Mogi têm se mantido praticamente estáveis, o que pode estar relacionado às condições meteorológicas mais favoráveis observadas na região, nesses anos, bem como a manutenção da paralisação parcial de alguns processos industriais de empresas locais. Em 2021, a redução de atividades de produção industrial se manteve, principalmente, nas unidades de fertilizantes.

Na área industrial, em 2021, os níveis de SO_2 ultrapassaram uma única vez o padrão diário de qualidade do ar para esse poluente, na estação Cubatão-Vale do Mogi. Deve-se considerar que a redução nas emissões de SO_2 , além de diminuir os níveis atmosféricos desse poluente, também propicia a redução do teor de sulfatos secundários, que contribuem para a formação do material particulado na região. Outra razão para se controlar as emissões de SO_2 é a proteção da vegetação da área, uma vez que estudos têm mostrado que curtas exposições a altas concentrações desse poluente podem causar danos à vegetação.

O problema de poluição do ar em Cubatão, a despeito de sua complexidade, tem seu equacionamento encaminhado e parte dos planos de controle já foi consolidada, e ações estão previstas no Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE). Além da ênfase ao cumprimento das metas de controle estabelecidas, deve-se ressaltar que foi estabelecido um programa de manutenção das reduções obtidas. Dada a grande quantidade de equipamentos de controle instalados, é de fundamental importância um programa de vigilância das condições de seu funcionamento, uma vez que tão importante quanto a instalação do sistema de controle é a sua operação e manutenção adequadas.

Polo Cerâmico de Santa Gertrudes

O Polo Cerâmico de Santa Gertrudes destaca-se pela concentração da atividade ceramista de fabricação de pisos de revestimento a partir da argila, sendo responsável por uma parcela considerável da produção nacional de piso cerâmico. Esse polo engloba os municípios de Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Rio Claro e Ipeúna, incluindo empresas nos municípios de Limeira e Piracicaba.

Nesse polo, as atividades de extração, beneficiamento e transporte de matéria-prima constituem-se nas principais fontes de emissão de material particulado (MP), notadamente por emissões fugitivas, e a concentração da atividade nos municípios faz com que os impactos na qualidade do ar sejam significativos. Merece atenção o município de Santa Gertrudes, onde as estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB registram elevadas concentrações de partículas inaláveis (MP_{10}).

Visando à redução das desconformidades registradas na qualidade do ar no que se refere ao material particulado, em face da concentração de atividades desse setor inseridas na região, a CETESB estabeleceu, no âmbito do PREFE, um plano específico para o Setor de Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila, incluindo os municípios de Santa Gertrudes, Rio Claro, Ipeúna e Cordeirópolis, e empresas do setor dos municípios de Limeira e Piracicaba (CETESB, 2016b).

O Plano possui um conjunto de ações a serem implementadas pelos empreendimentos, com prazos definidos, para cada tipo de fonte de emissão de material particulado (MP): áreas de secagem de argila; áreas de mineração de argila; armazenamento temporário de argila; transporte de argila; setores de armazenamento, transferência e beneficiamento; e pátios de carga e descarga nas unidades industriais, visando à redução das emissões em fontes pontuais e operações não pontuais.

As ações desenvolvidas pela CETESB, até o momento, já resultaram na eliminação da maior parte dos pátios de secagem do entorno de núcleos urbanos, na implantação de cortina vegetal em áreas de mineração, na implantação de equipamentos de controle em fornos de monoqueima para controle de fluoretos, adequação de cobertura de veículos para transporte de argila, armazenamento de argila em galpões fechados nas indústrias, pavimentação dos pátios de movimentação de máquinas e veículos nas indústrias, implantação de equipamentos de controle nas áreas de beneficiamento (moagem, peneiramento, prensagem) de argila nas indústrias, implantação de enclausuramento e equipamentos de controle nos pontos de transferências de esteiras transportadoras e implantação de sistema de lavagem dos veículos, após descarga da argila nas indústrias. Também foram realizadas ações em pátios de logística, de caminhões que transportam os produtos cerâmicos, tendo como resultado a pavimentação e relocação de pátios na área urbana.

Alguns avanços foram obtidos com as ações implementadas. Outras ainda serão discutidas com o setor produtivo, pois envolvem ações adicionais e que fazem parte do processo de busca de uma solução sustentável para mitigação do impacto causado pela atividade.

Referências

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 ago. 1990. Seção 1, p. 15937-15939. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=100 Acesso em: mar2022.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 490, de 16 de novembro de 2018. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21. nov. 2018. Seção 1, p. 153-155. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=767 Acesso em: mar2022

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018a. Dispõe sobre qualidade do ar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 nov. 2018a. Seção 1, p. 155-156. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766 Acesso em: mar2022.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 492, de 20 de dezembro de 2018b. Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário, altera a Resolução CONAMA nº 15/1995 e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24. dez. 2018b. Seção 1, p. 141. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765 Acesso em: mar2022

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 493, de 24 de junho de 2019. Estabelece a Fase PROMOT M5 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos similares - PROMOT para controle de emissões de gases poluentes e de ruído por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, altera as Resoluções CONAMA nºs 297/2002 e 432/2011, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 jun 2019. Seção 1, p. 96. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-493-de-24-de-junho-de-2019-173020570> Acesso em: mai2022.

CETESB. **Modelo Receptor – Estudo de Caracterização de Aerossóis na Região Metropolitana de São Paulo – Cerqueira César**. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: mar 2022.

CETESB. **Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – PREFE 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2015/09/PREFE_2014.pdf. Acesso em: mar 2022.

CETESB. **Classificação expedita da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2016a. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Relat%C3%B3rio-Classifica%C3%A7%C3%A3o_Terceira-Etapa.pdf. Acesso em: mar 2022.

CETESB. **Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – Setor das Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila – Região de Controle 6 do PREFE 2014 - e dá outras providências**. Decisão de Diretoria n. 192/2016/C. **Diário Oficial**: Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.126, n.167, 03.set.2016b. Seção 1, p.85. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: fev.2021.

CETESB. Classificação da Qualidade do Ar – Relação de Municípios e Dados de Monitoramento. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/Classifica%C3%A7%C3%A3o-dos-Municipios-2019.pdf>. Acesso em: mar.2022.

CETESB. Emissões veiculares no estado de São Paulo 2019. São Paulo, 2020. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Acesso em: mar.2022.

CETESB. PCPV. Plano de Controle de Poluição Veicular no Estado de São Paulo 2020-2022. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2021/01/PCPV-Plano-de-Controle-de-Poluicao-Veicular-do-Estado-de-Sao-Paulo-2020-2022.pdf>. Acesso em: mar. 2022.

CETESB. Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias. – Setor das Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila. São Paulo, 2021b – Região de Controle 06 e 07 do PREFE 2021 - e dá outras providências. Decisão de Diretoria n. 120/2021/I/C. **Diário Oficial:** Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.228, n.131, 01/12/2021. Seção 1, p.107. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: mai.2022.

CETESB. Plano Setorial de Controle de Emissão de Compostos Orgânicos Voláteis e Semi-voláteis provenientes de Unidade de Armazenamento, Distribuição e Comércio Atacadista de Combustíveis. São Paulo, 2021c. Decisão de Diretoria n. 119/2021/I/C. **Diário Oficial:** Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.232, n.131, 07/12/2021. Seção 1, p.137 a 140. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: mai.2022.

CETESB. Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias. –PREFE 2021. São Paulo, 2021d. Decisão de Diretoria n. 118/2021/I/C. **Diário Oficial:** Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.234, n.131, 09/12/2021. Seção 1, p.68. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: mai.2022.

CETESB. Comunicação da queima de palha de cana-de-açúcar – Safra 2020/2021. Destinatário CETESB.EQQM. São Paulo, 21.fev.2022a. 1 mensagem eletrônica.

CETESB. QUALAR: Sistema de Informações da Qualidade do Ar. São Paulo, 2022b. 1 base de dados eletrônicos (portal). Tema: Qualidade do Ar. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: fev.2022.

CETESB. Emissões veiculares no estado de São Paulo de São Paulo 2020. São Paulo, 2022c. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2022/03/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2020.pdf>. Acesso em: abr.2022.

CETESB. Emissões veiculares nas regiões metropolitanas do estado de São Paulo 2020. Destinatário: CETESB.EQQM. São Paulo, 15.fev.2022d. 1 mensagem eletrônica.

CETESB. Estudo dos Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) na Atmosfera do Município de São Paulo (Pinheiros)-SP. São Paulo, 2022e. 25p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em mai.2022.

CETESB. Pandemia de COVID 19 Reflexos na Poluição do Ar na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 2022f. 37p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em mai.2022.

CIIAGRO. Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 2021 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/>. Acesso em: mar.2022.

CODESP. Mensário Estatístico do Porto de Santos. DINEG/SUPOR/Gerência de Inteligência de Mercado e Estatísticas (GERIN). jan-dez. 2021. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>. Acesso em: mar.2022.

CPTEC. Monitoramento Climático [Mapas de precipitação e de temperatura]. Jan-dez, 2021. 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: mar.2022.

DAEE. **Hidrologia** [Situação e Alerta/Boletim Mensal]. São Paulo, jan-dez,2021. 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: http://sibh.daee.sp.gov.br/boletim_mensal. Acesso em: mar.2022.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Environmental Protection Agency. **Initial List of Hazardous Air Pollutants with Modifications**. 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications>. Acesso em: mar.2022.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Environmental Protection Agency. **National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)**. 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em: mar.2022.

EUROPA. European Parliament; Council of the European Union. Directive 2004/107/EC of the **Oficial da União Europeia**, L 23, 26.01.2005, p. 3-16. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=EM>>. Acesso em: mar.2022. European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. Edição em Português. **Jornal**

EUROPA. European Parliament; Council of the European Union. Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2008, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Edição em Português. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 152, 16.06.2008, p.1-44. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=PT>. Acesso em: fev.2021.

IBGE. **Estimativa de população**. 2021. 1 base de dados eletrônicos (portal). Tema: Estatísticas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?&t=downloads>. Acesso em: mar.2022.

INMET. **[Dados Meteorológicos]**. 2021a. 1 base de dados eletrônicos (portal). Tema: Histórico de dados meteorológicos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: mar.2022.

INMET. Prognóstico Climático do CPTEC/INMET/FUNCEME. **Previsão Climática Sazonal**, jan-dez. 2021b. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/boletinsprog>. Acesso em: mar.2022.

INMET. **Notas Técnicas**. jan-dez.2021c. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas>. Acesso em: mar.2022.

INPE. **Programa Queimadas**. São José dos Campos, 2021. 1 base de dados eletrônicos (portal). Tema: Queimadas e incêndios florestais: monitoramento orbital e risco de fogo. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: mar.2022.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013**. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Com retificações posteriores. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>. Acesso em: mar.2022.

SÃO PAULO (Estado). Deliberação CONSEMA 20/2019. Aprova a Classificação da Qualidade do Ar – Relação de Municípios e Dados de Monitoramento – proposta pela Cetesb. **Diário Oficial**: Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.129, n.183, 26.SET.2019. Seção 1, p.42-45. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: mar.2022.

SÃO PAULO (Estado). Deliberação CONSEMA nº 4/2021, de 19/05/2021 Covalida o Estudo técnico da CETESB para avaliação e proposta de início de vigência da Meta intermediária Etapa 2 (MI2) **Diário Oficial**: Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, v.131, n.100, 26 maio 2021. Seção 1, p38. Disponível em: www.imprensaoficial.com.br. Acesso em: abril.2022.

SÃO PAULO (Estado). CEPDEC. **Meteorologia**. São Paulo: Defesa Civil, 2021b. Dados observados. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br/meteorologia/>. Acesso em: mai. 2022.

SÃO PAULO (Estado). SMA. **Etanol Verde**. [Resultado das safras]. Relatório anual. São Paulo, 2022a. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2021/64_saa-comunicacao_protocolo-agroambiental-etanol-mais-verde.pdf. Acesso em: fev.2022.

SÃO PAULO (Estado). SMA. **Etanol Verde**. [Protocolo Etanol Mais Verde]. São Paulo, 2022b. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/etanolverde/>. Acesso em: fev.2022.

SÃO PAULO (Estado). SMA. SIGAM. **Eliminação Gradativa da Queima da Palha da Cana-de-Açúcar**. São Paulo, 2022c. 1 base de dados eletrônicos (Portal). Acesso restrito. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=123>. Acesso em: fev.2022.

WHO. World Health Organization. **Air quality guidelines for Europe**. Second edition - WHO regional publications. European series, n. 91. 2000. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>. Acesso em: mar.2022.

WHO. World Health Organization. **WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005**. Report on a working group meeting, Bonn/Germany, 18-20 october 2005, 2005. Disponível em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf. Acesso em: fev.2021.

WHO. World Health Organization. **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. Global update 2005. Summary of risk assessment. 2006. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>. Acesso em: mar.2022.

WHO. World Health Organization. **WHO Global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. 2021. ISBN: 9789240034228. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>. Acesso em: mai. 2022.



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

Acompanhe as redes sociais da CETESB:



Site: cetesb.sp.gov.br



Facebook: facebook.com/cetesbsp



Linkedin: linkedin.com/company/cetesb



Instagram: instagram.com/cetesbsp



SoundCloud: soundcloud.com/cetesbsp