



**FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
HENRIQUE LUIZ ROESSLER/RS – FEPAM**

**DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL – DQA
DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – DIPLAN
DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL – DIMAM
SERVIÇO DE INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL - SIGEO**

QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR
REDE AUTOMÁTICA – AR DO SUL
ANO DE 2025**

RELATÓRIO TÉCNICO

Porto Alegre/RS
Junho de 2026





FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Renato das Chagas e Silva

DIRETORIA TÉCNICA

Gabriel Simione Ritter

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Equipe Técnica da Rede Ar do Sul

Eng. Quím. Dr. Felipe Norte Pereira

Met. Me. Flávio Wiegand

Quím. Me. Márcio D'Avila Vargas

Elaboração Técnica

Met. Me. Flávio Wiegand

Quím. Me. Márcio D'Avila Vargas

2026



SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	12
3 DESCRIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	13
3.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS	13
3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	14
3.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	16
3.4 DISPERSÃO ATMOSFÉRICA	18
3.5 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS PARA DISPERSÃO DE POLUENTES EM 2025	19
4 REDE DE MONITORAMENTO	25
4.1 REDE ESTADUAL DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICA DA QUALIDADE DO AR	25
4.1.1 <i>ESTAÇÃO GRAVATAÍ/JT</i>	26
4.1.2 <i>CANDIOTA/CANDIOTA CENTRO</i>	26
4.1.3 <i>CANDIOTA/TRÊS LAGOAS</i>	26
4.1.4 <i>CANDIOTA/AEROPORTO</i>	26
4.1.5 <i>ESTAÇÃO CANOAS/PU</i>	26
4.1.6 <i>ESTAÇÃO TRIUNFO/POLO PETROQUÍMICO</i>	26
4.1.7 <i>ESTAÇÃO ESTEIO/PE</i>	27
4.1.8 <i>ESTAÇÃO GUAÍBA/PARQUE 35</i>	27
4.1.9 <i>ESTAÇÃO PORTO ALEGRE/CETE</i>	27
4.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS MONITORADOS	27
4.2.1 <i>MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</i>	28
4.2.2 <i>ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NOx)</i>	28
4.2.3 <i>MATERIAL PARTICULADO (MP10 E MP2,5)</i>	28
4.2.4 <i>DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO2)</i>	29
4.2.5 <i>OZÔNIO (O3)</i>	29
4.3 METODOLOGIA DE MONITORAMENTO	29
4.4 DIVULGAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	30
4.5 REPRESENTATIVIDADE DOS DADOS DE QUALIDADE DO AR	30
4.6 PERCENTUAL DE DADOS VÁLIDOS EM 2025	31
5 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR	33
6 ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS E FIXAS	34
6.1 FONTES FIXAS	34
6.2 FONTES MÓVEIS	35
7 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR	39
8 POLUENTES E A QUALIDADE DO AR	41
8.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR)	41
8.2 IQAR E SEUS EFEITOS NA SAÚDE	42





9	RESULTADOS	43
9.1	ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR EM 2025	43
9.2	DADOS DO MONITORAMENTO EM 2025	44
9.2.1	<i>POLUENTES ATMOSFÉRICOS: CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL</i>	45
9.2.2	<i>POLUENTES ATMOSFÉRICOS: ÚLTIMOS CINCO ANOS</i>	46
9.2.3	<i>POLUENTES ATMOSFÉRICOS: CONCENTRAÇÃO MÁXIMA ANUAL</i>	49
9.2.4	<i>ESTUDO DOS CASOS DE ULTRAPASSAGEM DO PADRÃO DE QUALIDADE DO AR</i>	50
9.2.5	<i>POLUENTES ATMOSFÉRICOS: MÉDIA ANUAL DAS MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES</i>	54
10	CONCLUSÕES	55
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56





LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: micrograma por metro cúbico

°C: Grau Celsius

BID: Banco Interamericano de Desenvolvimento

CCEE: Coordenadoria do Controle do Equilíbrio Ecológico

CMPC: Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CO: Monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento

COVs: Compostos orgânicos voláteis

DEE: Departamento de Economia e Estatística do RS

DETRAN-RS: Departamento estadual de trânsito do Rio Grande do Sul

DV: Direção do vento

E: Leste

EMQA: Estação de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar

FAPERGS: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

FFE: Fundação de economia e estatística

GM: General Motors do Brasil

GOES: Geostationary Operational Environmental Satellite

h: Hora

HCs: Hidrocarbonetos

hPa: Hectopascal

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INMET: Instituto nacional de meteorologia

Inpp-I: Índice de potencial poluidor da indústria

IQAr: Índice de Qualidade do Ar

IOS: Índice de Oscilação Sul

JT: Jardim Timbaúva



km: Quilômetro

L: Local

Log: Logaritmo

m/s: Metro por segundo

MP2,5: Material particulado com diâmetro aerodinâmico de corte de 2,5 micra

MP10: Material particulado com diâmetro aerodinâmico de corte de 10 micra

m: Metro

mm: Milímetros

N: Norte

NASA: National Aeronautics and Space Administration

NE: Nordeste

NW: Noroeste

NO: Óxido nítrico

N₂O: Óxido nitroso

NO₂: Dióxido de nitrogênio

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

NO_x: Óxidos de nitrogênio

O₃: Ozônio

OMS: Organização mundial da saúde

OPM: Optical Particle Monitor

OPS: Organização PanAmericana de Saúde

P: Pressão

PCPV: Programa de Controle de Poluição Veicular

PF: Padrão final

PI-1 (PI-2) (PI-3): Padrão intermediário 1 (2) (3)

PIB: Produto interno bruto

ppm: Partes por milhão

PROCONVE: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PROMOT: Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares

PTS: Partículas totais em suspensão

PU: Parque universitário

RCHO: Aldeídos

REFAP: Refinaria Alberto Pasqualini S/A





RG: Radiação solar global
RMPA: Região Metropolitana de Porto Alegre
RS: Rio Grande do Sul
S: Sul
SE: Sudeste
SO₂: Dióxido de enxofre
SSMA: Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente
SW: Sudoeste
T: Temperatura
TRS: Compostos totais de enxofre reduzidos
UR: Umidade relativa do ar
UTC: Universal Time Coordinated
UTM: Universal Transversa de Mercator
UVA: Radiação ultravioleta-A
V COMAR: V Comando Aéreo Regional
VAB: Valor adicional bruto
VE: Vila Ezequiel
VV: Velocidade do vento
W: Oeste
W/m²: Watt por metro quadrado
WHO: World Health Organization



Fepam
LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Municípios com mais de 100 mil habitantes.	14
Figura 2: Temperaturas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	22
Figura 3: Umidades relativas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	22
Figura 4: Precipitações acumuladas mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	23
Figura 5: Velocidades médias mensais do vento registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.	23
Figura 6: Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.	24
Figura 7: Índice de Potencial Poluidor da Indústria, por município.	34
Figura 8: As Macrorregiões do Estado do RS.	36
Figura 9: Contribuições das emissões veiculares totais, por Macrorregiões do Estado.	37
Figura 10: Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.	41
Figura 11: Gráfico do IQAr por Estação de Monitoramento.	44
Figura 12: Imagens de satélite GOES-16, no espectro infravermelho com realçamento. A seta vermelha indica a localização aproximada da estação Candiota/Três Lagoas: a) Dia 28/02/25 às 22:00 UTC (19h local); b) Dia 01/03/25 às 00:00 UTC (dia 28/02/25 às 21h local). c) Dia 01/03/25 às 15:00 UTC (12h local). d) Dia 02/03/25 às 00:00 UTC (dia 01/03/25 às 21h local).	50
Figura 13: Plotagem das isóbaras em superfície e flags do vento em 1000 hPa (velocidade em nós). A estrela preta indica a localização aproximada da estação Candiota/Três Lagoas: a) Dia 01/03/25 às 00:00 UTC (dia 28/03/25 às 21h local); b) Dia 02/03/25 às 00:00 UTC (dia 01/03/25 às 21h local).	51
Figura 14: Figuras ilustrando a configuração meteorológica na região Candiota em 19/11/25, às 12:00 UTC (09h local): a) Análise sinótica de superfície; b) Imagem do satélite GOES-19 no espectro infravermelho. A seta vermelha corresponde à localização aproximada das estações Candiota/Centro e Candiota/Aeroporto. c) Sondagem atmosférica construída por interpolação para a região de Candiota.	53



Fepam
LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Os 10 maiores municípios conforme o PIB 2023.	15
Quadro 2: Classificação climática de Köppen para o Rio Grande do Sul.	16
Quadro 3: Parâmetros e localização das estações em 2025.	25
Quadro 4: Princípios de medição específicos para cada poluente.	30
Quadro 5: Critérios de representatividade de dados.	31
Quadro 6: Percentual de dados válidos por poluente por estação em 2025.	32
Quadro 7: Principais fontes dos poluentes atmosféricos.	33
Quadro 8: Frota veicular do RS por tipo em março/2025.	35
Quadro 9: Frota veicular do RS frente ao tipo de combustível utilizado em março/2025.	35
Quadro 10: Estimativa das emissões atmosféricas por fontes móveis no RS (2009).	37
Quadro 11: Padrões de qualidade do ar.	40
Quadro 12: Níveis de poluição do ar para episódios críticos.	40
Quadro 13: Relação entre o índice de qualidade do ar e os efeitos sobre a saúde.	42
Quadro 14: IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2025.	43
Quadro 15: Concentração média anual dos poluentes por estação em 2025.	45
Quadro 16: Concentração média anual de O₃ nos últimos 5 anos.	46
Quadro 17: Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos.	46
Quadro 18: Concentração média anual de SO₂ nos últimos 5 anos.	47
Quadro 19: Concentração média anual de NO₂ nos últimos 5 anos.	47
Quadro 20: Concentração média anual de MP10 nos últimos 5 anos.	48
Quadro 21: Concentração média anual de MP2,5 nos últimos 5 anos.	48
Quadro 22: Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2025.	49
Quadro 23: Média anual das máximas concentrações dos poluentes em 2025.	54



1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar exerce papel fundamental na manutenção da saúde humana, na preservação dos ecossistemas e na garantia da qualidade de vida da população. A crescente intensificação das atividades industriais, o aumento da frota de veículos automotores, as queimadas e outras ações antrópicas têm contribuído significativamente para a emissão de poluentes atmosféricos, agravando os problemas relacionados à poluição do ar em diversas regiões do planeta.

A poluição atmosférica é reconhecida atualmente como um dos principais desafios ambientais e de saúde pública em escala global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), milhões de mortes prematuras são registradas anualmente em decorrência da exposição contínua a poluentes presentes na atmosfera. Entre os principais impactos à saúde associados à má qualidade do ar destacam-se doenças respiratórias e cardiovasculares, como asma, bronquite, pneumonia, acidente vascular cerebral (AVC) e enfermidades cardíacas.

Os estudos conduzidos pela OMS demonstram que os níveis de poluição atmosférica variam significativamente entre países, regiões e centros urbanos, evidenciando desigualdades ambientais importantes. Em países em desenvolvimento, os desafios tornam-se ainda mais complexos em função do crescimento urbano desordenado, da expansão industrial, do uso intensivo de combustíveis fósseis e de práticas agrícolas inadequadas.

Com o objetivo de minimizar os impactos da poluição do ar, a OMS estabeleceu diretrizes internacionais que orientam o monitoramento e o controle das concentrações de poluentes atmosféricos. Essas recomendações definem parâmetros de qualidade do ar considerados seguros para a proteção da saúde humana e do meio ambiente, servindo como referência para políticas públicas e regulamentações ambientais em diversos países.

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade do ar assume papel estratégico para a identificação, avaliação e controle da poluição atmosférica. Por meio de estações de monitoramento distribuídas em diferentes regiões, é possível medir continuamente a concentração de poluentes como dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP_{2,5} e MP₁₀) e ozônio (O₃). Essas informações permitem compreender a dinâmica da poluição, identificar fontes emissoras e avaliar os potenciais riscos à saúde da população.



Os dados gerados pelos sistemas de monitoramento fornecem suporte técnico para a elaboração de políticas ambientais, ações de fiscalização e estratégias de mitigação dos impactos ambientais. Além disso, auxiliam no desenvolvimento de programas de prevenção, na conscientização da sociedade e no acompanhamento da eficácia das medidas de controle adotadas pelos órgãos ambientais.

No Brasil, a gestão da qualidade do ar é regulamentada por um conjunto de instrumentos legais e normativos voltados ao controle das emissões atmosféricas e à proteção ambiental. A Política Nacional de Qualidade do Ar, instituída pela Lei nº 14.850/2024, estabelece princípios, objetivos e diretrizes para o monitoramento, a gestão e o controle da poluição atmosférica em âmbito nacional. A legislação se aplica tanto ao setor público quanto ao setor privado, responsabilizando os agentes emissores pelo cumprimento das normas ambientais.

Complementando esse arcabouço legal, a Lei Federal nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, prevê sanções administrativas e penais para atividades que causem danos ao meio ambiente, incluindo a poluição atmosférica. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) também possui papel fundamental na regulamentação da qualidade do ar no país, por meio da publicação de resoluções que estabelecem padrões de emissão para fontes fixas e móveis.

Entre as principais normas relacionadas ao tema destacam-se as Resoluções CONAMA nº 316/02, 382/06 e 436/11, que estabelecem limites de emissão para atividades industriais e processos de combustão. Para o controle das emissões veiculares, foram instituídos os programas PROCONVE e PROMOT, responsáveis pela implementação gradual de limites mais rigorosos para emissões de poluentes e pela modernização tecnológica da frota nacional.

No que se refere aos padrões nacionais de qualidade do ar, a Resolução CONAMA nº 506/24 define critérios técnicos, metodologias de monitoramento e padrões de concentração de poluentes atmosféricos. O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) instituído pela Resolução CONAMA nº 05/1989 e que foi reestruturado pela Resolução CONAMA nº 506/24, atua como importante instrumento de coordenação das ações de monitoramento e controle da poluição atmosférica no território nacional, promovendo a integração entre órgãos ambientais federais, estaduais e municipais.





No Estado do Rio Grande do Sul, a proteção da qualidade do ar está prevista no Código Estadual do Meio Ambiente, instituído pela Lei Estadual nº 15.434/2020, especialmente nos artigos relacionados à utilização e conservação do ar.

Apesar dos avanços observados na legislação ambiental brasileira, ainda persistem desafios importantes relacionados à fiscalização das fontes poluidoras, à redução das emissões industriais e veiculares e à ampliação do uso de tecnologias limpas e fontes de energia renovável. Dessa forma, o fortalecimento das políticas públicas ambientais, aliado ao monitoramento contínuo da qualidade do ar e à conscientização da sociedade, é essencial para garantir condições ambientais adequadas e promover a saúde e o bem-estar das atuais e futuras gerações.

Neste contexto, este relatório apresenta à sociedade os dados do monitoramento automático da qualidade do ar realizado pela FEPAM no Estado do Rio Grande do Sul durante o ano de 2025, para as estações de qualidade do ar em operação integrantes da rede Ar do Sul.





2 OBJETIVO

O propósito deste relatório é apresentar à sociedade os resultados do monitoramento automático da qualidade do ar conduzido pela FEPAM em 2025. O documento aborda o sistema de monitoramento empregado, sua amplitude de cobertura, as principais fontes de poluição, bem como o impacto da meteorologia local na dispersão dos poluentes.



3 DESCRIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

3.1 Aspectos Geográficos

O Estado do Rio Grande do Sul localiza-se no extremo meridional do Brasil, delimitando-se com o Estado de Santa Catarina a N-NE, República Argentina a W-NW, República do Uruguai a S-SW e seu extremo oriental é banhado pelo Oceano Atlântico. Seus limites geográficos se estendem entre as longitudes 57°36'14"W - 49°42'00"W e as latitudes 33°45'37"S - 27°05'20"S. O Rio Grande do Sul apresenta uma área de 281.748,5 km², que representa 3,3% do território brasileiro (Atlas Eólico: Rio Grande do Sul, 2002).

Na região norte do Estado situa-se o Planalto Meridional, formado por rochas basálticas decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesozoica. Sua extremidade a oeste expressa o resultado do trabalho da erosão diferencial, sendo denominada de *Cuesta do Haedo*. A nordeste encontram-se as maiores altitudes do Planalto, chegando a alcançar 1.398 m no Monte Negro em São José dos Ausentes. Suas bordas correspondem à chamada Serra Geral. Ao centro do Estado está a Depressão Central que é formada de rochas sedimentares, dando origem a um extenso corredor que liga o oeste ao leste, através de terrenos de baixa altitude. Ao sul localiza-se o Escudo Sul-rio-grandense, com rochas ígneas do período Pré-Cambriano e, por isto mesmo, muito desgastadas pela erosão, com altitude não ultrapassando os 600 m. A Planície Costeira teve sua formação do período Quaternário da era Cenozoica, a mais recente da formação da terra. Corresponde a uma faixa arenosa de 622 km com grande ocorrência de lagunas e lagoas, entre as quais se destacam a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim. O processo de formação desta região tem caráter evolutivo, estando em constante mutação, como decorrência da sedimentação marinha e flúvio-lacustre.

A vegetação é diversificada com importantes áreas remanescentes da Mata Atlântica e a existência de campos que caracterizam a Campanha Gaúcha e as terras altas do Planalto Meridional. A hidrografia do Rio Grande do Sul é dividida em três regiões: Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, cujas águas drenam para o rio Uruguai, Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, cujas águas drenam para o rio Guaíba e Região Hidrográfica das Bacias do Litoral, cujas águas drenam ou para a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim ou direto para o Oceano Atlântico. Os principais rios do Estado são Uruguai, Ijuí, Jacuí, Guaíba, Caí, Taquari, Ibicuí, Pelotas, Camaquã e Sinos.



De acordo com últimos dados do IBGE, censo de 2022, o Rio Grande do Sul conta com uma população de 10.882.965 habitantes [IBGE, 2024], sendo que cerca de 85% desta população vive em áreas urbanas [SPGG, 2022]. Porto Alegre concentra grande parte da população total do Estado com 1.332.845 habitantes. Além de Porto Alegre outros municípios apresentam mais de 100 mil habitantes, sendo eles: Caxias do Sul, Canoas, Pelotas, Santa Maria, Gravataí, Viamão, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Alvorada, Rio Grande, Passo Fundo, Sapucaia do Sul, Uruguaiana, Cachoeirinha, Santa Cruz do Sul, Bagé, Erechim e Bento Gonçalves, cuja localização pode ser vista no mapa da Figura 1.

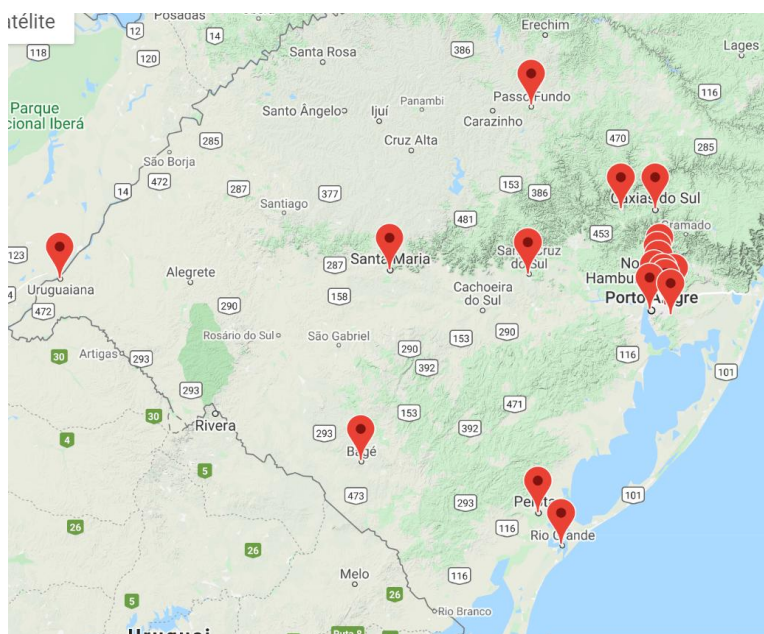


Figura 1: Municípios com mais de 100 mil habitantes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Uso e Ocupação do Solo

Em valores nominais, o PIB do RS em 2025 foi de R\$ 753,194 bilhões, representando um crescimento de cerca de 6,5% na comparação com 2024 (Departamento de Economia e Estatística, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, Nota Técnica nº 127, 31/03/2026). No Quadro 1 vemos os 10 maiores municípios do Estado, segundo a magnitude do PIB (dados de 2023), os quais somados representaram cerca de 40,8% do PIB estadual.

Os 10 maiores PIBs municipais são, em geral, baseados na indústria e em serviços, tendo a agropecuária uma pequena participação. O setor serviços destaca-se como a



responsável pela maior parte do valor gerado nestes municípios. O número de habitantes também é destaque pois, com exceção de Triunfo, todos apresentam população superior a 100 mil habitantes.

Quadro 1: Os 10 maiores municípios conforme o PIB 2023.

Município	PIB (R\$ mil)
Porto Alegre	104.743.272.125
Caxias do Sul	37.860.601.686
Canoas	29.166.696.701
Gravataí	15.545.558.074
Rio Grande	14.106.680.075
Passo Fundo	14.069.539.725
Santa Cruz do Sul	13.396.617.903
Pelotas	12.480.919.075
Novo Hamburgo	11.936.582.053
São Leopoldo	11.740.912.547

Fonte: DEE, PIB Municipal, Serie Histórica - 2023.

O valor adicional bruto (VAB) do Rio Grande do Sul em 2021 [SPGG, 2022] dividido em Agropecuária, Indústria e Serviços apresenta a seguinte participação:

A indústria, responsável por 24,1% do VAB estadual, é bem diversificada e se desenvolveu a partir das agroindústrias e de outros segmentos ligados ao setor primário. Destacam-se as indústrias de transformação, alimentos, petroquímicas, máquinas, automobilísticas, implementos agrícolas, fertilizantes e de calçados. De forma geral, as indústrias de produtos alimentícios, química, metalurgia, vestuário, papel, têxtil, borracha, automotivo e petróleo ficam localizadas nos municípios da RMPA. Na região da Serra Gaúcha, principalmente em Caxias do Sul, ficam indústrias ligadas ao metal-mecânico e na região de Pelotas e Rio Grande, o setor portuário e indústrias de fertilizantes. Destaca-se, ainda, o Polo Petroquímico em Triunfo, as indústrias do setor coureiro-calçadista do Vale dos Sinos, a termoeletrica em Candiota e a indústria fumageira em Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires.

A agropecuária, que represente 14,9 % do VAB gaúcho, deriva vários segmentos da indústria e dos serviços. O Rio Grande do Sul possui um dos maiores rebanhos bovinos do país, localizado na parte oeste e sul do Estado, cujo sistema ainda é de produção extensiva, tendo o campo nativo como base da alimentação dos animais. O Estado ainda é um dos maiores produtores de grãos, com destaque para a soja, arroz, milho e trigo.



O setor de serviços é aquele que gera a maior participação no VAB (60,9%), estando ligado às regiões com elevada densidade populacional.

3.3 Condições Meteorológicas

O Rio Grande do Sul tem seu território totalmente incluído na Zona Subtropical do Sul, que é limitada pelos paralelos 25°00'S e 35°00'S [Strahler, 1977].

Segundo a classificação climática de Köppen, o Estado é caracterizado pelo tipo climático Cf (subtropical úmido), apresentando os subtipos Cfa e Cfb, de acordo com as variações térmicas (Quadro 2), devido a diferenças topográficas [Danni, 1987]. O subtipo Cfa abrange maior extensão territorial, ocupando áreas com altitudes inferiores a 500 m.

Quadro 2: Classificação climática de Köppen para o Rio Grande do Sul.

Classificação Climática do Rio Grande do Sul	
c	Clima mesotérmico (subtropical e temperado), temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e superior a -3°C, ao menos um mês com média superior a 10°C.
f	Sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60 mm).
a	Verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22°C).
b	Verões brandos (mês mais quente com média inferior a 22°C).

Fonte: Adaptado de Danni, 1987.

Geralmente, mais de 70 frentes frias por ano atingem o Rio Grande do Sul [CPTEC/INPE, 2020], variando de quatro a sete frentes por mês. A maior incidência encontra-se entre os meses de julho e novembro.

Dentre os sistemas sinóticos considerados, podemos citar os sistemas de bloqueio, que provocam uma paralisação no deslocamento dos sistemas sinóticos, proporcionando períodos de seca ou estiagem em algumas regiões, e inundações em outras. Portanto, os efeitos causados por estes sistemas dependem da sua posição relativa a estes bloqueios. Os 'veranicos' são causados por este tipo de sistema, com um máximo de ocorrência durante o outono [Krusche *et al.*, 2002].

Os anos de ocorrência do fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) tendem a ser mais chuvosos no Rio Grande do Sul, principalmente na primavera [Rao e Hada, 1990]. Já as geadas ocorrem mais durante os anos de predominância do fenômeno La Niña [Silveira *et al.*, 1999].



A ocorrência de ciclones extratropicais que se formam ou migram pelo litoral sul do Brasil e Uruguai afeta o campo do vento na região, sendo que a maior frequência e os fenômenos mais intensos ocorrem no inverno.

Durante o inverno as massas de ar polar encontram maior facilidade para migrarem sobre esta região, causando quedas de temperatura, geadas e até neve nos pontos mais elevados do Estado. Isto faz com que o campo da pressão apresente um acréscimo nestes meses, enquanto que as temperaturas caem. Durante o verão as massas de ar tropicais influenciam mais, o que faz com que as temperaturas aumentem e o campo da pressão seja menor. Nas meias-estações encontramos uma mescla, em que ora uma, ora outra massa de ar predomina.

A precipitação é relativamente bem distribuída o ano todo, apresentando os maiores valores entre junho e outubro. Esta característica se deve à maior influência da entrada de frentes frias durante o inverno e princípio da primavera, o que indica que a maior parte das precipitações no inverno estão associadas a sistemas frontais. Durante o verão, devido à maior influência das massas de ar tropicais, as precipitações estão mais associadas a fenômenos convectivos, devido ao aquecimento da superfície e também da umidade disponível nessas massas de ar. No outono ocorrem as menores precipitações, sinalizando a menor presença da massa de ar tropical e ainda à pouca atividade das frentes frias que conseguem chegar ao Estado.

A umidade relativa média mensal varia pouco durante o ano, apresentando valores maiores durante os meses de inverno, em torno de 83%, e valores menores durante o verão, em torno de 68%. Tendo em vista que a umidade relativa depende da temperatura, ela tem um comportamento bastante coerente com o da temperatura média.

As temperaturas média, máxima e mínima possuem comportamento similar, os valores mais baixos são encontrados nos meses de junho e julho, e os maiores valores nos meses de janeiro e fevereiro. As variáveis de temperatura definem mais claramente a maior influência das massas de ar polares durante o inverno e tropicais durante o verão. Fica também bastante demarcada a regularidade destes fenômenos, haja vista a pouca variabilidade encontrada.



3.4 Dispersão Atmosférica

A dispersão atmosférica refere-se à propagação e distribuição de substâncias ou partículas no ar. Os processos de dispersão atmosférica são complexos e podem ser influenciados por uma série de variáveis, incluindo condições meteorológicas (vento, temperatura, umidade e estabilidade atmosférica), características do terreno e propriedades das substâncias dispersas. Modelos matemáticos e simulações computacionais são frequentemente utilizados para prever a dispersão de poluentes e substâncias nocivas, auxiliando na tomada de decisões relacionadas à gestão ambiental e à segurança pública.

Além disso, a dispersão atmosférica também desempenha um papel importante em eventos naturais, como a dispersão de cinzas vulcânicas após uma erupção ou a dispersão de poluentes decorrentes de incêndios florestais. Compreender os padrões de dispersão atmosférica nessas situações pode ajudar na avaliação de riscos e na proteção de comunidades vulneráveis.

A dispersão de poluentes apresenta características para cada região sendo, portanto, determinada pelas condições geográficas (localização, relevo, continentalidade, uso do solo, etc.) e pela climatologia. Estas características conferem uma espécie de ‘assinatura’ de dispersão para cada local, e a análise da qualidade do ar deve levar em consideração estes fatores.

No Estado do Rio Grande do Sul, as regiões mais expostas às altas concentrações de poluentes são a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), região de Rio Grande e região de Caxias do Sul, devido a industrialização e pela quantidade de veículos automotores, além de outras atividades antrópicas. Em segundo plano encontram-se as regiões ligadas aos municípios populosos do interior do Estado (Santa Maria, Passo Fundo, etc.), devido principalmente à quantidade de veículos, e aos municípios com grandes empreendimentos potencialmente emissores de poluentes (Candiota, Triunfo, Santa Cruz do Sul, etc.).

Em geral, os sistemas de bloqueio atmosférico que impedem a propagação dos sistemas sinóticos podem acarretar períodos de baixa dispersão de poluentes, principalmente no inverno, pois os sistemas frontais são impedidos de chegar até as latitudes inferiores a 30-35°. Normalmente, nestes eventos, um centro de alta pressão coloca-se sobre ou próximo ao Rio Grande do Sul, impedindo a formação de nuvens e precipitação, com ocorrência de ventos fracos e inversão térmica próxima à superfície. Todos estes fatores agrupados



contribuem, dia após dia, para que a concentração de poluentes atmosféricos vá aumentando em um processo acumulativo, podendo chegar a valores críticos.

A RMPA situa-se a aproximadamente 90 km do Oceano Atlântico, ao norte da Laguna dos Patos, ao sul da Serra do Mar e inserida em uma região chamada Depressão Central, mesclando as baixas altitudes com os morros situados nos setores sul e sudeste do município de Porto Alegre. Estes fatores induzem circulações atmosféricas de mesoescala e locais (brisa marítima/terrestre, lacustre/terrestre, vale/montanha, ‘ilha de calor urbana’, etc.). A circulação resultante faz com que o vento predominante seja de sudeste, secundada pelo vento de noroeste. Pode-se dizer que a RMPA possui boa dispersão de poluentes atmosféricos devido às circulações envolvidas.

A região de Caxias do Sul possui características bastante distintas, pois é uma região com relevo íngreme, associada a várias linhas de montanhas e vales, que induzem brisas de vale/montanha em microescala, podendo estas circulações facilitar ou dificultar a dispersão de poluentes. Por ser uma região de terreno complexo e com poucas estações meteorológicas, é necessário um estudo mais aprofundado para cada caso, a fim de caracterizar os aspectos de dispersão de poluentes nesta região.

3.5 Condições Climáticas para Dispersão de Poluentes em 2025

Conforme os relatórios anteriores da Qualidade do Ar do RS elaborados pela FEPAM, as análises meteorológica e climática são baseadas nas observações registradas pela estação meteorológica A801, do INMET, localizada em Porto Alegre. As variáveis Temperatura do Ar, Umidade do Ar, Precipitação Acumulada, Pressão Atmosférica e a Velocidade Média do Vento são comparadas às normais climatológicas desta estação de 1961-1990 e 1991-2020. Por fim, a Radiação Solar Global é comparada com dados monitorados no período 2002-2024, pois, as normais climatológicas do INMET fornecem somente a variável Insolação, que se refere ao número de horas de sol por dia [INMET, 2020].

Na Figura 2 é possível observar que as curvas das temperaturas normais climatológicas de 1961-1990 e de 1991-2020 apresentam comportamentos semelhantes. A comparação da curva de 2025 com estas normais ilustra que nos meses fevereiro e março ocorreram anomalias positivas de 1,5°C a 2,0°C, caracterizando um verão quente. Nos meses de junho e julho as temperaturas estiveram abaixo das normais com anomalias negativas de



1,0°C a 1,5°C, indicando um inverno frio. Nos períodos de outono e primavera as temperaturas se comportaram próximo às normais climatológicas.

A Figura 3 ilustra o comportamento das médias mensais da umidade relativa do ar, onde pode ser observado que no primeiro semestre de 2025 a curva da umidade relativa esteve próximo das normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, com exceção dos meses de março e maio, que apresentaram anomalia negativa de aproximadamente 3%. No segundo semestre o comportamento se inverteu, com a tendência de anomalias positivas, principalmente no mês de julho, com anomalia em torno de 1,5%, e dezembro, que apresentou anomalia positiva superior a 5%. Desta forma, podemos observar claramente que, enquanto o primeiro semestre foi mais seco que as normais, no segundo semestre esta tendência se inverteu, sendo mais úmido.

A precipitação tem por característica a alta variabilidade, mesmo nas médias mensais, não sendo diferente no ano de 2025, o que é comprovado na comparação com as médias climatológicas. A Figura 4 apresenta o comportamento das precipitações acumuladas mensais ocorridas no ano de 2025 e as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020. As normais, mesmo considerando a grande variabilidade do comportamento das precipitações, apresentam um padrão e tendência semelhantes, mas a curva do ano de 2025 comporta-se bastante sinuosa, demonstrando alta variabilidade no decorrer dos meses, sendo que nos meses de março, abril, julho e novembro apresentaram anomalias negativas importantes (aproximadamente -35mm, -45mm e -60mm, respectivamente); enquanto que nos bimestres de maio-junho e agosto-setembro e no mês de dezembro ocorreram anomalias positivas, próximas de 100 mm nos primeiros dois casos e de 60 mm em dezembro. Foi observado que, nestes meses ocorreram em torno de 10-12 dias com precipitações diárias ≥ 1 mm, representando o 40% mais do que o esperado. O resultado é que, apesar dos períodos de pouca precipitação (meses de abril e novembro com acumulados de 50 mm ou menos), o acumulado anual chegou a 1615,1 mm, aproximadamente 15-20% acima das normais.

Na Figura 5 é possível observar que as curvas das normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020 da velocidade média mensal apresentam boa correlação nos meses mais frios (abril a agosto), enquanto que a primeira apresenta ventos mais fortes no verão e primavera. Em 2025, as velocidades médias do vento estiveram em torno 0,6 m/s a 1,2 m/s (30% a 50 %) abaixo das normais climatológicas em praticamente todos os meses nos meses do ano. Esse comportamento confirma o que, aparentemente, é uma tendência climática, pois



como pode ser observado, a normal climatológica mais antiga (1961-1990) apresenta velocidades do vento maiores que as normais mais recentes (1991-2020), e esta tendência continua ocorrendo nos últimos anos, como demonstra o comportamento da curva 2025 (ver relatórios dos anos anteriores). Esta tendência pode indicar que as condições atmosféricas para dispersão de poluentes podem estar piorando com o passar dos anos no Rio Grande do Sul.

A Figura 6 apresenta as normais climatológicas das pressões atmosféricas de 1961-1990 e 1991-2020 e das pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2025. As normais climatológicas apresentam boa correlação, mas a curva 1991-2020 apresenta seus valores 2-3 hPa acima da primeira durante todos os meses. O comportamento da curva 2025 apresenta anomalias negativas no primeiro semestre e próximo das normais no segundo semestre.

Os dados de radiação solar global de 2025 foram comparados à média do período 2002-2024, em kJ/m^2 , haja vista que as normais climatológicas se referem apenas a variável ‘Insolação’, que corresponde ao número de horas com incidência de radiação solar na superfície. A partir desta consideração é possível afirmar que, no ano de 2025, nos meses de abril, maio, julho, agosto, setembro e novembro, a radiação solar ficou abaixo da média anual do período 2002-2024, significando que houve maior cobertura de nuvens nestes meses (metade do ano); já no mês de outubro a radiação solar registrada esteve acima da média anual, ou seja, em somente um mês do ano a cobertura de nuvens esteve menor do que a média; nos demais meses (janeiro, fevereiro, março, junho e dezembro) a radiação solar esteve próximo à média do período 2002-2024.

De uma maneira geral, considerando que as temperaturas estiveram mais altas entre os meses janeiro e abril, baixa precipitação (exceto em fevereiro) e umidade relativa, o que pode indicar maior influência da massa de ar tropical e menor migração de massas de ar polares sobre o Estado, é possível inferir que estes foram os meses com maiores condições de ocorrer acúmulo de poluentes na atmosfera, devido à baixa dispersão. Por outro lado, o mês de julho, por apresentar baixas temperaturas, precipitação e incidência de radiação solar aliadas com anomalias positivas na pressão atmosférica, também apresenta menores condições para a dispersão de poluentes atmosféricos. O mês de novembro também apresentou condições de baixa dispersão, principalmente devido à baixa precipitação e menor



incidência de raios solares, dificultando a mistura dos poluentes nos baixos níveis da atmosfera.

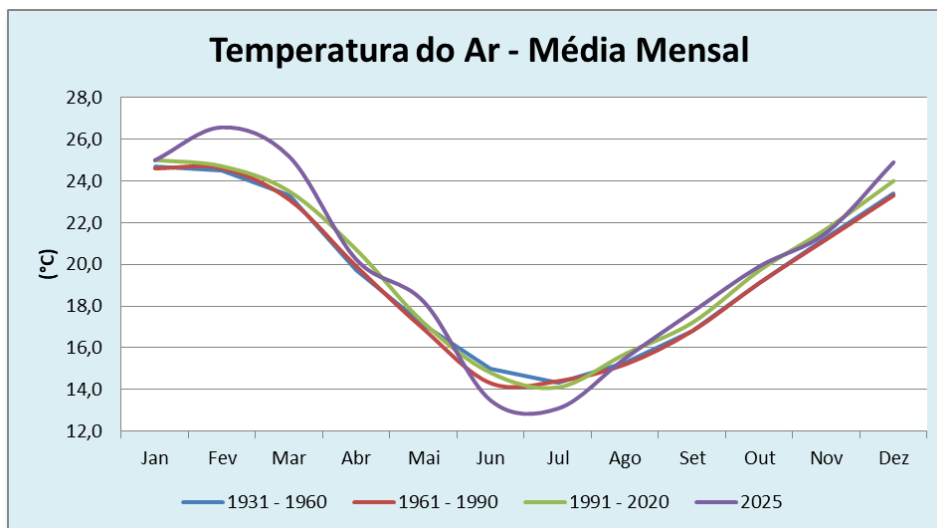


Figura 2: Temperaturas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

Fonte: Adaptado do INMET.

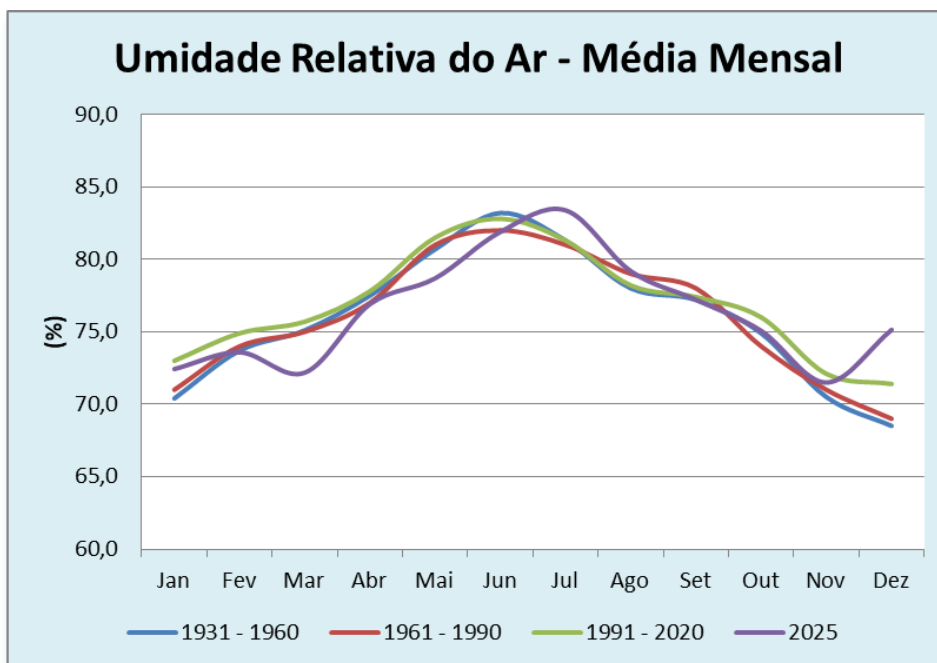


Figura 3: Umidades relativas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

Fonte: Adaptado do INMET.



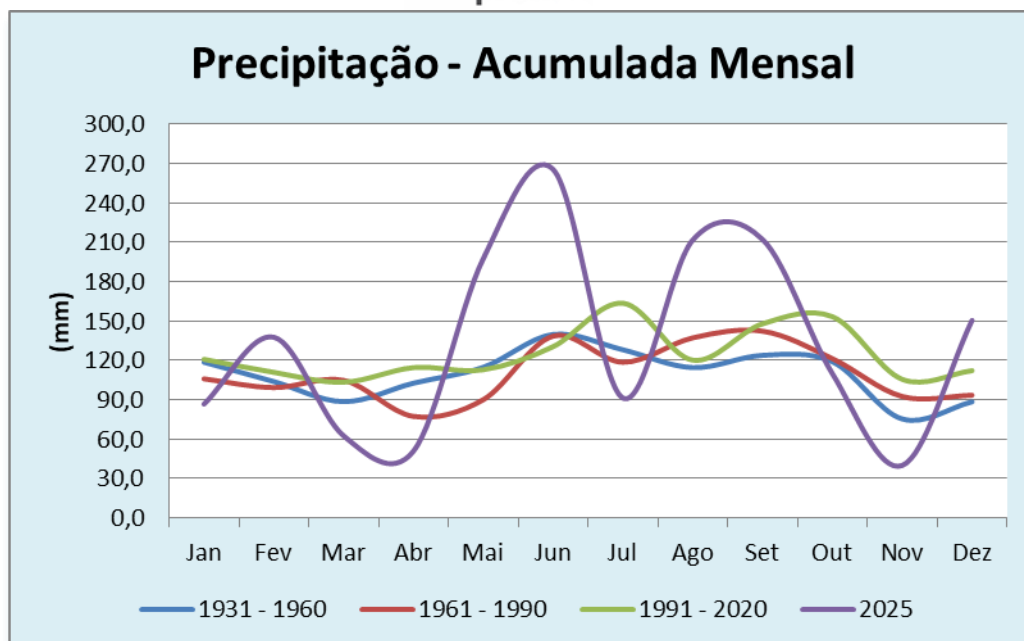


Figura 4: Precipitações acumuladas mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

Fonte: Adaptado do INMET.

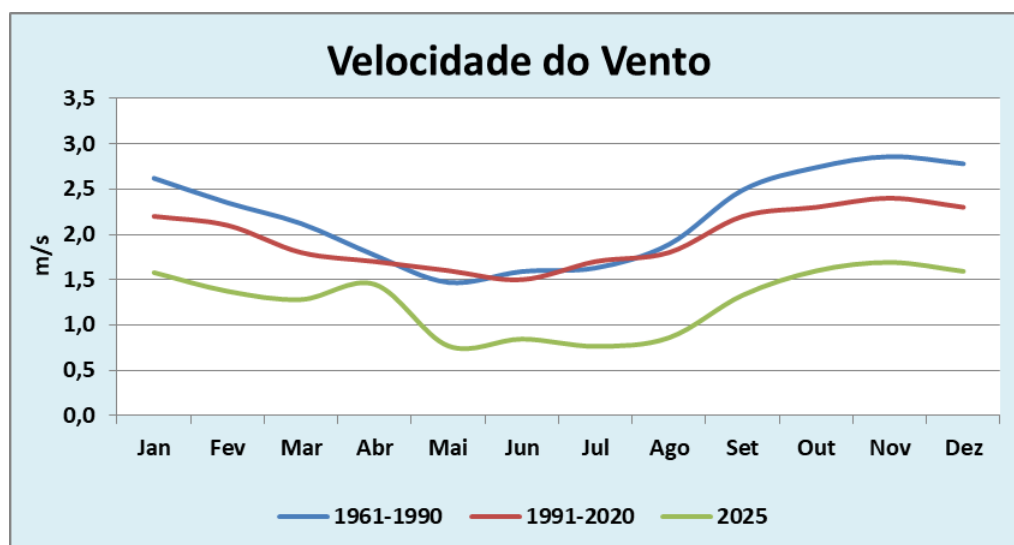


Figura 5: Velocidades médias mensais do vento registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.

Fonte: Adaptado do INMET.



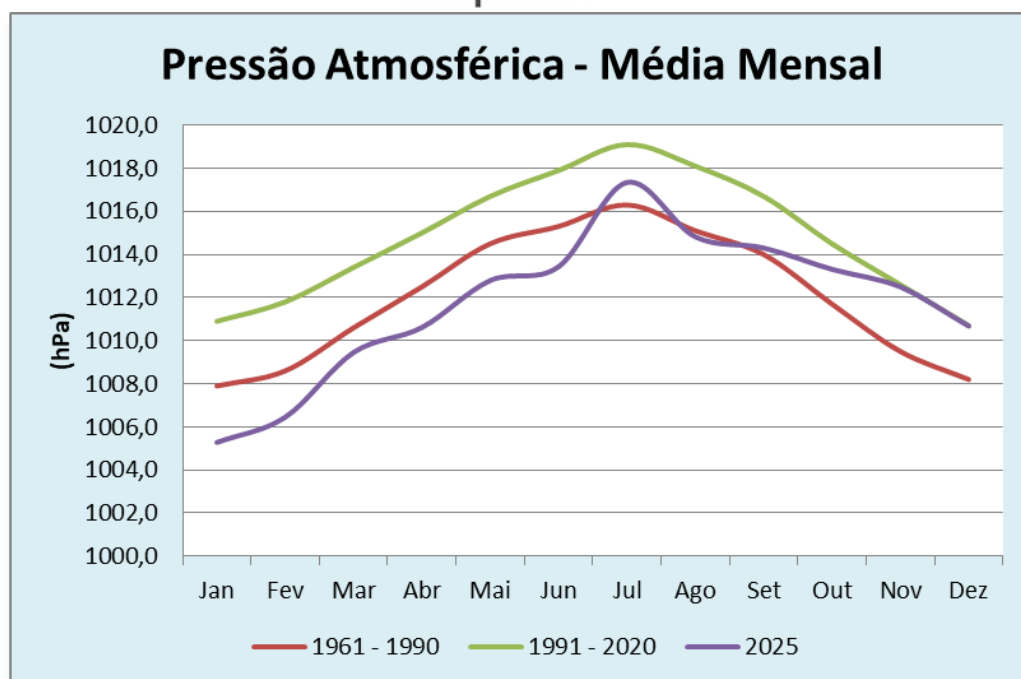


Figura 6: Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2025 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.

Fonte: Adaptado do INMET.



4 REDE DE MONITORAMENTO

4.1 Rede Estadual de Monitoramento Automática da Qualidade do Ar

A rede Estadual de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar - rede Ar do Sul da FEPAM contou com nove estações de monitoramento em operação no ano de 2025. O Quadro 3 mostra os municípios e a localização destas estações e os parâmetros existentes.

Quadro 3: Parâmetros e localização das estações em 2025.

Município	Estação	Parâmetros Monitorados	
		Poluentes	Meteorológicos
Canoas	Parque Universitário ¹	MP10, SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Candiota	Candiota centro ⁵	MP10, SO ₂ , NO _x	---
Candiota	Aeroporto ⁵	MP10, SO ₂ , NO _x	---
Candiota	Três Lagoas ⁵	MP10, SO ₂ , O ₃ , NO _x	---
Triunfo	Polo Petroquímico ²	MP10, SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , MP2,5	---
Esteio	Parque de Exposição ¹	MP10, SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Gravataí	Jardim Timbaúva ³	MP10, SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Guaíba	Parque 35 ⁴	MP10, SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , PTS, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Porto Alegre	CETE ⁶	SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , MP2,5	---

1- Estações pertencentes e mantidas pela Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP);

2- Estação pertencente e mantida pela Braskem;

3- Estação mantida pela General Motors do Brasil (GM), doada à FEPAM;

4- Estação pertencente e mantida pela Celulose Riograndense (CMPC);

5- Estação pertencente e mantida pela Ambar Energia;

6- Estação contratada pela SEMA/FEPAM.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os pontos de monitoramento onde estão localizadas as estações da rede automática podem ser agrupados segundo a influência do tipo de fonte predominante: veicular, urbana ou industrial. Isto não significa que a influência é exclusiva de uma ou de outra origem, mas o objetivo é apenas destacar a contribuição da poluição predominante.

Desta maneira, são apresentados a seguir os locais onde estão instaladas as estações de monitoramento e as características de seu entorno.



4.1.1 Estação Gravataí/JT

Estação localizada junto ao bairro residencial Jardim Timbaúva, na periferia da cidade, com pouco trânsito de veículos no seu entorno. Está a aproximadamente 7 km em relação à General Motors do Brasil (GM), além de outras empresas em distâncias menores. Apresenta influência industrial e urbana.

4.1.2 Candiota/Candiota Centro

Estação pertencente à Ambar Energia, localizada a cerca de 3 km da usina termelétrica. Em seu entorno existe ocupação urbana para moradia. Sofre influência industrial e em segundo plano, urbana.

4.1.3 Candiota/Três Lagoas

Estação pertencente à Ambar Energia, localizada a cerca de 6 km da usina termelétrica. Está situada em área rural, longe de centros urbanos. Sofre influência das emissões da usina termelétrica.

4.1.4 Candiota/Aeroporto

Estação pertencente à Ambar Energia, localizada a cerca de 6 km da usina termelétrica. Está situada em área rural, longe de centros urbanos ou rodovias. Sofre influência das emissões da usina termelétrica.

4.1.5 Estação Canoas/PU

Estação pertencente à REFAP, localizada a 2 km em relação a esta. Em seu entorno existe ainda a ocupação urbana para moradia, além de outras pequenas indústrias. Sofre influência industrial e em segundo plano, urbana.

4.1.6 Estação Triunfo/Polo Petroquímico

Estação pertencente à Braskem, localizada em área próxima ao Polo Petroquímico do Sul, com forte influência industrial das empresas petroquímicas do Polo.



4.1.7 Estação Esteio/PE

Estação pertencente à REFAP, com forte influência da refinaria como também de outras indústrias próximas, como envazadoras de combustíveis, indústrias químicas, de alimentos e mecânicas. Em seu entorno existe influência de via de intenso tráfego (rodovia BR-116) de caminhões, ônibus e automóveis, e a ocupação urbana para moradia. Sofre influência industrial e veicular, e em menor grau, urbana.

4.1.8 Estação Guaíba/Parque 35

Estação pertencente à Celulose Riograndense (CMPC), instalada a aproximadamente 2,5 km em relação a esta indústria, em área com baixa densidade populacional que representa o limite da área urbana com a área rural. Apresenta forte influência industrial, mas também sofre moderada influência urbana, devido à proximidade com o centro de Guaíba (1,5 km a leste) e da pluma urbana representada pela zona sul de Porto Alegre (na outra margem do Lago Guaíba).

4.1.9 Estação Porto Alegre/CETE

Estação contratada pela SEMA/FEPAM, localizada próxima à região central de Porto Alegre, com influência urbana.

4.2 Poluentes Atmosféricos Monitorados

A rede de monitoramento automática da FEPAM contempla a medição dos principais poluentes constantes na Resolução do CONAMA 506/2024: material particulado (MP10), material particulado fino (MP2,5), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃). O chumbo, fumaça e partículas totais em suspensão também são poluentes com padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 506, mas não são parâmetros utilizados pela rede automática da FEPAM para elaboração do IQAr. A rede FEPAM também mede em algumas estações os poluentes hidrocarbonetos totais (HCs) e compostos reduzidos de enxofre (TRS), mas não há padrão de qualidade estabelecido para ambos, sendo somente feito o acompanhamento do comportamento desses ao longo do tempo, servindo de ferramenta de monitoramento industrial e de avaliação.



4.2.1 Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás incolor, insípido e inodoro presente na atmosfera, sendo resultado da combustão incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa e, também da oxidação atmosférica de compostos orgânicos voláteis [SIGNORI, 2022]. Se prolongada, a inalação desse gás é capaz de provocar de leves a fortes dores de cabeça, tonturas e náuseas [COUTINHO, 2022]. Além disso, o CO é altamente tóxico e perigoso, pois tem muita afinidade com a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos do sangue, causando asfixia e podendo, em minutos, levar a morte [OLIVEIRA, 2021].

4.2.2 Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Os principais óxidos de nitrogênio se tratam de dióxido de nitrogênio (NO₂) e óxido nítrico (NO). O NO₂ é um gás tóxico, altamente oxidante, podendo ser emitido, principalmente, a partir da queima de combustíveis fósseis em motores veiculares ou em indústrias [SOUZA, 2022; CHEN, 2023]. Além das fontes antropogênicas, este gás pode ser produzido na própria atmosfera, através da reação do oxigênio com o NO, outro poluente atmosférico [VALADÃO, 2022]. Contudo, o NO não é consideravelmente tóxico, é apenas um gás muito instável, por isso reage facilmente com o oxigênio [AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2023]. A inalação de NO₂ pode provocar graves problemas respiratórios, como pneumonia e bronquite [HE, 2023].

4.2.3 Material Particulado (MP10 e MP2,5)

Material particulado são partículas de diferentes tamanhos e formas que surgem a partir da emissão de outros poluentes, como sulfatos e nitratos e ficam suspensas no ar na forma de poeira, fumaça ou outras [UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; 2020; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023]. As MP10 apresentam diâmetros iguais ou menores a 10 µm e quando inaladas causam ou agravam problemas respiratórios, pois se depositam desde a cavidade nasal podendo chegar aos pulmões [CETESB, 2023]. Já as partículas MP2,5 apresentam diâmetros iguais ou menores a 2,5 µm e são pequenas o suficiente para penetrar profundamente nos pulmões e até entrar na corrente sanguínea, tendo sua exposição de curto ou longo prazo associado a uma série de problemas de saúde, como mortalidade prematura, aumento de internações hospitalares por causas cardíacas ou pulmonares, bronquite aguda e crônica, ataques de asma, etc.



4.2.4 Dióxido de enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre é um gás incolor emitido para a atmosfera principalmente através da combustão de materiais fósseis em refinarias de petróleo e veículos a diesel. Também pode ser gerado de forma natural, especialmente decorrente de erupções vulcânicas. Dentre os principais problemas decorrentes da intoxicação por SO₂ estão irritações as mucosas dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório, causando tosse e agravando doenças respiratórias [SANTOS, 2019; TORRES, 2020]. O SO₂ presente na atmosfera corrobora para a formação da chuva ácida [CETESB, 2021].

4.2.5 Ozônio (O₃)

O ozônio é um gás que apresenta instabilidade, é muito reativo e fortemente oxidante. O O₃ é produzido durante o *smog* fotoquímico, que é caracterizado por uma série de reações que ocorrem entre o oxigênio e o NO₂, catalisadas pela luz do sol [SOUZA, 2023]. Os hidrocarbonetos voláteis também são citados como precursores da formação de O₃ na atmosfera. O O₃ pode ser encontrado tanto na troposfera quanto na estratosfera. Quando se encontra na troposfera, este gás causa grandes prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana [MANISALIDIS, 2020]. A inalação de O₃ provoca danos às proteínas, levando a produção de radicais livres, que contribuem para a ocorrência de doenças de pele, como eczema e urticária [BONATTO, 2022]. Além disso, o O₃ causa inflamação das vias aéreas, diminuindo a capacidade pulmonar, aumentando os sintomas de asma e outras doenças respiratórias [COUTINHO, 2022].

4.3 Metodologia de Monitoramento

A metodologia dos analisadores utilizados na rede Ar do Sul é apresentada no Quadro 4, sendo que apenas analisadores de fabricantes cujo método é aprovado pela *Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos da América são empregados.



Quadro 4: Princípios de medição específicos para cada poluente.

POLUENTE	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Material Particulado – MP10 e MP2,5	Radiação Beta / sensor OPM ou Micro-balança
Dióxido de Enxofre – SO ₂	Fluorescência Ultravioleta
Monóxido de Carbono - CO	Infravermelho não-dispersivo
Óxidos de Nitrogênio - NO _x	Quimiluminescência
Ozônio – O ₃	Fotometria Ultravioleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Divulgação da Qualidade do Ar

O Boletim de Qualidade do Ar das estações automáticas de monitoramento é divulgado diariamente no site da FEPAM (<http://www.fepam.rs.gov.br/>). O período de 24 h abrange os dados coletados entre as 00:00 h e 24:00 h. Considera-se na análise para cada poluente para a geração do índice os seguintes critérios:

- SO₂ – médias aritméticas de 24 horas;
- MP10 – médias aritméticas de 24 horas;
- MP2,5 – médias aritméticas de 24 horas;
- NO₂ – máxima diária das médias de 1 hora;
- O₃ – máxima média móvel de 8 horas diária;
- CO – máxima média móvel de 8 horas diária.

4.5 Representatividade dos Dados de Qualidade do Ar

A definição de critérios para representatividade de dados é crucial em todos os sistemas de monitoramento. Os resultados provenientes de redes automáticas de monitoramento podem apresentar lacunas no banco de dados devido a uma variedade de fatores, incluindo falhas operacionais, problemas de manutenção de equipamentos, softwares, comunicação e energia, entre outros. Assim, a adoção e a sistematização desses critérios asseguram a confiabilidade dos resultados em questão. Os critérios de representatividade de dados empregados pela rede Ar do Sul são apresentados no Quadro 5.



Quadro 5: Critérios de representatividade de dados.

MÉDIA	REDE AR DO SUL
Horária	3/4 das medidas válidas na hora
Diária	2/3 das médias horárias válidas no dia
Anual	≥ 50% das médias válidas em cada quadrimestre (por estação do ano)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Percentual de Dados Válidos em 2025

O Quadro 6 apresenta o percentual de dados válidos obtidos para cada poluente em cada estação de monitoramento para o ano de 2025, calculados para cada uma das estações do ano (outono: 20-03 a 20-06, inverno: 21-06 a 22-09, primavera: 23-09 a 21-12 e verão: 01-01 a 19-03 e 22-12 a 31-12).



Quadro 6: Percentual de dados válidos por poluente por estação em 2025.

ESTAÇÃO	Poluente	Outono (%)	Inverno (%)	Primavera (%)	Verão (%)	Anual (%)
Canoas/PU	CO	0,0	0,0	19,3	41,9	15,3
	O3	100,0	98,9	18,9	88,2	76,5
	NO2	99,9	99,9	50,7	88,3	84,7
	SO2	99,9	99,9	50,7	88,3	84,7
	MP10	99,7	99,6	46,3	87,0	83,2
Esteio/PE	CO	55,8	84,4	96,2	96,6	83,3
	O3	56,1	83,2	96,2	97,9	83,4
	NO2	54,9	48,0	96,7	98,1	74,4
	SO2	56,5	86,2	96,7	98,1	84,4
	MP10	56,9	86,2	96,7	87,4	81,8
Gravataí/JT	CO	85,6	86,4	88,9	97,2	89,6
	O3	83,9	89,1	77,1	94,7	86,2
	NO2	89,0	98,1	89,6	97,4	93,5
	SO2	89,0	98,2	89,6	97,4	93,6
	MP10	55,7	89,5	80,6	95,6	80,4
Triunfo/Polo Petroquímico	CO	62,7	89,7	74,0	82,7	77,2
	O3	60,8	90,3	78,1	94,3	80,9
	NO2	62,1	72,8	76,6	90,6	75,5
	SO2	70,3	90,7	68,7	54,3	71,0
	MP10	74,3	60,8	56,5	94,8	71,6
	MP2,5	74,3	61,5	55,4	94,9	71,5
Porto Alegre/CETE	CO	83,6	96,4	21,4	90,9	73,1
	O3	81,7	94,4	20,2	90,6	71,7
	NO2	83,9	95,1	20,6	91,6	72,8
	SO2	81,4	99,4	21,1	91,7	73,4
	MP2,5	83,7	93,9	21,5	85,3	71,1
Guaíba/Parque 35	CO	94,5	98,2	83,3	96,8	93,2
	O3	95,7	76,2	77,2	96,8	86,4
	NO2	96,3	96,8	85,6	97,1	94,0
	SO2	96,6	95,9	83,9	97,1	93,4
	MP10	96,6	99,5	85,8	97,0	94,7
Candiota/Candiota	NO2	99,4	99,2	98,8	98,4	99,0
	SO2	99,0	99,2	98,8	96,3	98,3
	MP10	98,6	98,7	98,6	98,2	98,5
Candiota/Três Lagoas	O3	97,7	96,7	86,9	95,8	94,3
	NO2	99,3	98,4	88,6	96,7	95,7
	SO2	96,6	97,7	88,5	96,3	94,8
	MP10	99,3	98,7	88,5	96,9	95,9
Candiota/Aeroporto	NO2	99,1	99,6	99,6	98,3	99,2
	SO2	99,0	99,6	99,6	98,4	99,1
	MP10	98,4	99,7	99,4	98,8	99,1

Fonte: Elaborado pelo autor.



Células destacadas em vermelho no Quadro 6 indicam que não houve dados suficientes para obter a representatividade anual ou para determinada estação do ano, conforme critério anual do Quadro 5 do item 4.5.

5 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR

As fontes dos poluentes atmosféricos podem ser tanto antrópicas quanto naturais. Normalmente cada poluente tem origem principal relacionada a um tipo de fonte, conforme Quadro 7.

Quadro 7: Principais fontes dos poluentes atmosféricos.

Poluente	Principais Fontes Antropogênicas	Principais Fontes Naturais
Material Particulado (MP10 e MP2,5)	Processos de combustão (indústrias e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Pólen, aerossol marinho e solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Combustão de combustíveis fósseis (carvão), queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel.	Vulcões, emissões de reações biológicas.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, indústrias, usinas termoeletricas (óleo, gás, carvão) e incineração.	Processos biológicos no solo e relâmpagos.
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta em geral, principalmente em veículos automotores.	Queimadas e reações fotoquímicas.
Ozônio (O ₃)	Não é emitido diretamente à atmosfera, sendo produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NO _x e compostos orgânicos voláteis (VOCs).	Descargas elétricas (raios).

Fonte: Elaborado pelo autor



6 ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE FONTES MÓVEIS E FIXAS

6.1 Fontes Fixas

O Rio Grande do Sul não dispõe de um inventário de fontes fixas. Porém, com vista a indicar regiões prováveis de terem elevada poluição de origem industrial, a Figura 7 ilustra a participação dos municípios gaúchos no índice de potencial poluidor da indústria (Inpp-I) para o ano de 2009 [FEE, 2002-2009]. Infelizmente não se tem dados mais recentes disponíveis até a publicação deste relatório, mas muito provavelmente a situação se mantenha nesta ordem uma vez que não houve significativa alteração no cenário industrial do Estado nestes últimos anos. É possível observar que a concentração territorial do risco relativo ao potencial poluidor industrial ocorre principalmente em municípios da RMPA e em Caxias do Sul, correspondente às áreas mais densamente povoadas e industrializadas do Estado. Em segundo plano aparecem os municípios de Santa Cruz do Sul e Rio Grande.

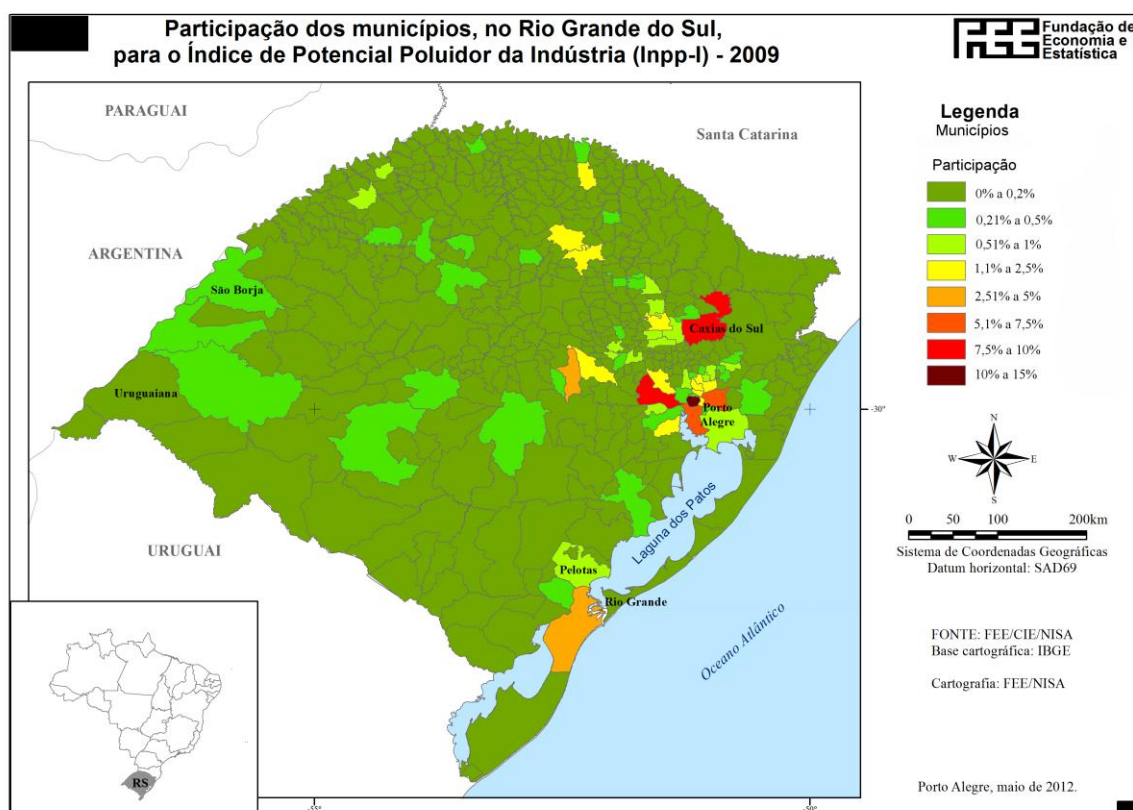


Figura 7: Índice de Potencial Poluidor da Indústria, por município.

Fonte: FEE, 2002-2009.

6.2 Fontes Móveis

O Quadro 8 mostra a frota veicular no RS em março de 2025 [DETRAN, 2025]. Observa-se que a principal categoria é constituída por automóveis que, a princípio, são os maiores contribuintes da poluição veicular nos centros urbanos. O Quadro 9 mostra a distribuição da frota veicular do Estado do Rio Grande do Sul por tipo de combustível. É possível observar que a participação dos veículos *flex* (que podem utilizar álcool e gasolina) é significativa, mas os automóveis a gasolina ainda são maioria no Estado. Observa-se ainda a pouca participação dos veículos elétricos ou que usam combustíveis alternativos, como gás natural.

Quadro 8: Frota veicular do RS por tipo em março/2025.

Frota	Carga	Coleção	Competição	Especial	Misto	Passageiro	Tração	Total
Automóvel	269	5.721	65	1.319	2.198	4.601.805	0	4.611.377
Motocicleta, motoneta e ciclomotor	14.879	545	386	16	0	1.313.700	0	1.329.526
Caminhão e Caminhão Trator	244.440	95	0	8.995	0	2	83.857	337.389
Reboques	332.116	6	1	11.785	0	157	27	344.092
Ônibus e Microônibus	107	6	1	3.684	1	58.404	0	62.203
Tratores	453	1	3	298	1	6	9.032	9.794
Utilitários, Caminhonetes e Camionetas	404.628	545	13	291.862	489.956	2.631	1	1.189.636
Outros	1.164	38	12	10.503	9	825	0	12.551
Total	998.056	6.957	481	328.462	492.165	5.977.530	92.917	7.896.568

Fonte: DETRAN-RS.

Quadro 9: Frota veicular do RS frente ao tipo de combustível utilizado em março/2025.

Combustível	Automóvel	Motocicleta, motoneta e ciclomotor	Caminhão e Caminhão Trator	Reboques	Ônibus e Microônibus	Tratores	Utilitários, Caminhonetes e Camionetas	Outros	Total
Álcool	151.842	98	60	0	9	1	13.221	28	165.259
Álcool/Gás Natural Veicular	1.506	0	0	0	0	0	165	0	1.671
Álcool/Gasolina	2.335.702	275.142	0	0	1.368	0	506.231	399	3.118.842
Diesel	3.364	4	335.172	0	60.003	9.612	341.783	9.731	759.669
Diesel/Gás Natural (Combin.)	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Diesel/Gás Natural Veicular	0	0	18	0	0	0	1	0	19
Elétrico/Fonte Externa	4.715	537	22	0	15	1	1.455	13	6.758
Elétrico/Fonte Interna	86	511	44	0	9	1	27	3	681
Gás Metano	4	0	0	0	0	69	1	4	78
Gás Natural Veicular	2	0	273	0	3	0	3	0	281
Gasogênio	6	2	1	0	0	25	3	1	38
Gasolina	2.057.686	1.053.230	1.743	25	737	57	294.838	2.097	3.410.413
Gasolina/Álcool/Gás Natural Veicular	30.731	0	0	0	11	0	5.494	2	36.238
Gasolina/Eletrico	2.404	1	0	0	0	0	7.069	0	9.474
Gasolina/Gás Natural Veicular	20.419	0	52	0	48	1	13.216	15	33.751
Sem Combustível	3	1	0	344.067	0	1	2	256	344.330
Vide Campo Observação	0	0	0	0	0	26	0	2	28
ANO FABRIC	4.611.377	1.329.526	337.389	344.092	62.203	9.794	1.189.636	12.551	7.896.568

Fonte: DETRAN-RS.



O 1º Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do Estado do Rio Grande do Sul – Ano Base 2009 elaborou as estimativas de emissões de poluentes atmosféricos considerando as macrorregiões que foram idealizadas pelo Programa de Controle de Poluição Veicular – PCPV, conforme ilustrado na Figura 8 [FEPAM/RS, 2010]. Após 2009, não houve novas atualizações do inventário, sendo portanto uma ferramenta importante para análise geral, mas não reflete a real condição atual do estado. Contudo, a frota veicular tem mantido crescimento proporcional constante entre os tipos de veículos e combustíveis utilizados, com distribuição relativa entre as regiões nos últimos anos, embora os veículos mais novos em função dos programas PROCONVE e PROMOT tenham reduzido suas taxas de emissão, o que impactaria nos resultados.

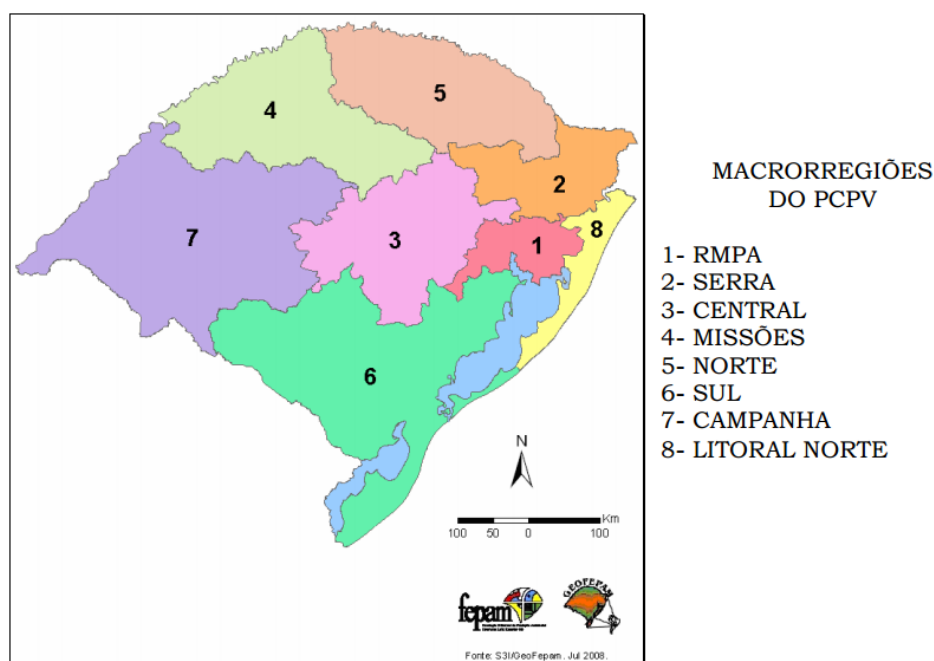


Figura 8: As Macrorregiões do Estado do RS.

Fonte: Primeiro Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do RS – Ano Base 2009.

De acordo com o referido inventário, a RMPA é responsável por 40% das emissões veiculares do Estado, seguida pela Macrorregião da Serra, com 12% das emissões veiculares totais, conforme a Figura 9.



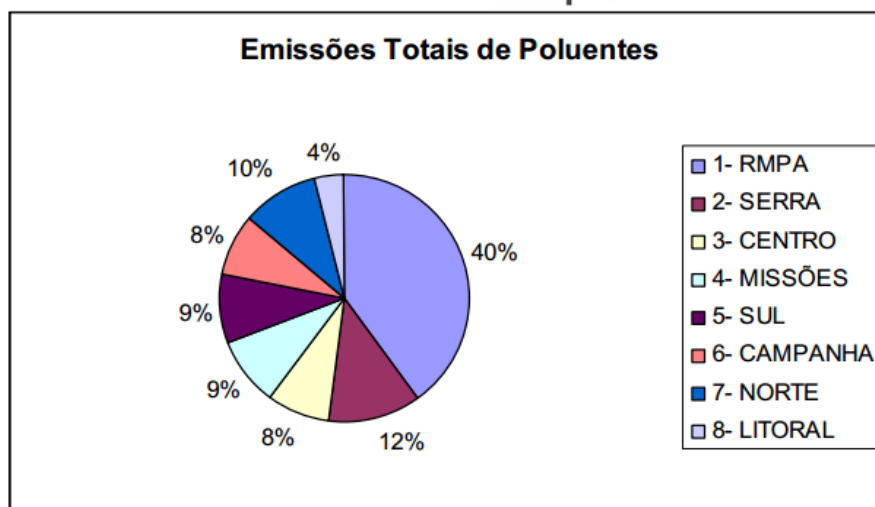


Figura 9: Contribuições das emissões veiculares totais, por Macrorregiões do Estado.

Fonte: Primeiro Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do RS – Ano Base 2009.

O Quadro 10 contém os valores estimados para a emissão de poluentes atmosféricos por fontes móveis, por tipo de combustível e por tipo de poluente. É possível observar que os veículos à gasolina são os maiores responsáveis pelas emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HCs), enquanto que os veículos diesel são os principais responsáveis pelas emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) e partículas inaláveis (PI), pois apesar da frota de veículos diesel ser de apenas cerca de 10% do total da frota do Estado, estes contribuem com mais de 30% das emissões totais de material particulado. Os aldeídos (RCHO) são emitidos por veículos à gasolina devido à mistura de álcool anidro a este combustível na proporção de 27,5%.

Quadro 10: Estimativa das emissões atmosféricas por fontes móveis no RS (2009).

EMISSIONES ESTADO (1000ton/ano)					
	NO _x	CO	HC	RCHO	MP
GASOLINA	14,80	283,81	19,11	0,21	1,62
GASOLINA (motos)*	5,15	86,47	10,40	0,40	*
ÁLCOOL	7,59	54,03	2,03	*	*
DIESEL	36,84	6,52	2,09		0,78
TOTAL	64,38	430,83	33,63	0,61	2,40

OBS.: Motos são consideradas em separado devido ao seu perfil diferenciado de autonomia e consumo de combustível, e maior contribuição na emissão de poluentes atmosféricos.

Fonte: 1º Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do RS – Ano Base 2009.





Sabe-se que, de forma geral, o desgaste dos pneus também contribui para as emissões de material particulado, mas este não está sendo considerado na tabela acima e nem fez parte do relatório de fontes móveis consultado.





7 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA 506 de 05/07/2024. Um padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Os Padrões de Qualidade do Ar definidos na Resolução CONAMA 506 serão adotados sequencialmente, em quatro etapas, sendo que a primeira etapa entrou em vigor a partir da publicação da Resolução e compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1.

Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-2, PI-3) e Final (PF) serão adotados, cada um, de forma subsequente, sendo que o PI-2 entrou em vigor em primeiro de janeiro de 2025.

Para os poluentes Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS e Chumbo foi adotado o padrão de qualidade do ar final (PF).

Os poluentes atmosféricos estabelecidos pela Resolução CONAMA 506 são apresentados no Quadro 11:



Quadro 11: Padrões de qualidade do ar.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado - MP2,5	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	-	0,5	-
1 - média aritmética anual							
2 - máxima média horária obtida no dia							
3 - máxima média móvel obtida no dia							
4 - média geométrica anual							
5 - medido nas partículas totais em suspensão							

Fonte: Resolução CONAMA nº 506/2024.

A Resolução CONAMA 491 estabelece episódio crítico de poluição do ar quando observada a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos. Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência (Quadro 12).

Quadro 12: Níveis de poluição do ar para episódios críticos.

POLUENTE	PERÍODO DE REFERÊNCIA	ATENÇÃO (µg/m³)	ALERTA (µg/m³)	EMERGÊNCIA (µg/m³)
Material Particulado MP10	24 h	250	420	500
Material Particulado MP2,5	24 h	125	210	250
Dióxido de enxofre	24 h	800	1600	2100
Dióxido de nitrogênio	1 h	1130	2260	3000
Monóxido de carbono	8 h (média móvel)	15 ppm	30 ppm	40 ppm
Ozônio	8 h (média móvel)	200	400	600

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 491/2018.



8 POLUENTES E A QUALIDADE DO AR

8.1 Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

O Índice de Qualidade do Ar é uma ferramenta matemática utilizada para transformar as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração (padrões de qualidade) para os diversos poluentes, sendo estabelecidas na FEPAM as seguintes categorias: “Bom”, “Moderado”, “Ruim”, “Muito Ruim” e “Péssimo”, que são respectivamente associadas às cores: verde, amarelo, laranja, vermelho e roxo.

O IQAr proposto pela FEPAM é obtido através de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão baseiam-se nos valores estabelecidos pelo Guia Técnico para Qualidade do Ar do Ministério do Meio Ambiente publicado em 2021 e atualizado em 2024.

O IQAr é divulgado diariamente para cada estação da Rede de Monitoramento Automática da Qualidade do Ar, considerando-se o índice mais elevado dos poluentes monitorados, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. A Figura 10 apresenta as faixas de equivalências de concentrações e índices de qualidade respectivos para os poluentes monitorados pela rede automática.

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	MP10 (µg/m³) 24h	MP2,5 (µg/m³) 24h	O ₃ (µg/m³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m³) 1h	SO ₂ (µg/m³) 24h
BOA	0-40	Seguro à Saúde	0 - 45	0 - 15	0-100	0 - 9	0 - 200	0 - 40
MODERADA	41-80	Tolerável	>45 - 100	>15 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>40 - 50
RUIM	81-120	Insalubre	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>50 - 125
MUITO RUIM	121-200	Muito Insalubre	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13 - 15	>320 - 1130	>125 - 800
PÉSSIMA	> 200	Perigoso	> 250	> 125	> 200	> 15	> 1130	> 800

A qualidade (IQAr) classificada como BOA atende aos padrões finais (PF) da Resolução Conama Nº 506, de 5 de julho de 2024.

Figura 10: Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.
Fonte: FEPAM.



8.2 IQAr e Seus Efeitos na Saúde

O Índice de Qualidade do Ar está associado aos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana (Quadro 13).

Quadro 13: Relação entre o índice de qualidade do ar e os efeitos sobre a saúde.

EFEITOS NA SAÚDE			
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	Efeitos
BOA	0-40	Seguro à Saúde	---
MODERADA	41-80	Tolerável	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.
RUIM	81-120	Insalubre	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.
MUITO RUIM	121-200	Muito Insalubre	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).
PÉSSIMA	>200	Perigoso	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: FEPAM.



9 RESULTADOS

9.1 Índice de Qualidade do Ar em 2025

O Quadro 14 mostra o número de dias no ano de 2025 em que cada estação de monitoramento atingiu determinada categoria do IQAr.

Quadro 14: IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2025.

2025 (TOTAL)	Canoas	Candiota	Candiota (Três Lagoas)	Candiota (Aeroporto)	Esteio	Triunfo	Porto Alegre	Gravataí	Guaíba	TOTAL (%)
BOM	304	357	334	358	322	301	260	335	326	97,35
MODERADO	6	5	15	4	10	5	13	1	16	2,52
RUIM	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,10
MUITO RUIM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
PÉSSIMO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,03
Total de dias com IQAr avaliado	310	363	351	363	332	306	273	336	342	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme o IQAr e considerando o somatório das 9 estações atualmente em operação na rede Ar do Sul, observa-se que em 2025 tivemos 97,35% dos dias com qualidade do ar boa, 2,52% com qualidade moderado, 0,10% com qualidade ruim e 0,03% com qualidade péssima. Os dias com qualidade ruim ou péssima foram observados em Candiota e estão atrelados aos poluentes MP10 (Candiota centro e Aeroporto) e Ozônio (Candiota Três Lagoas).

A Figura 11 mostra o gráfico do IQAr, por percentual de dias, de cada estação de monitoramento.



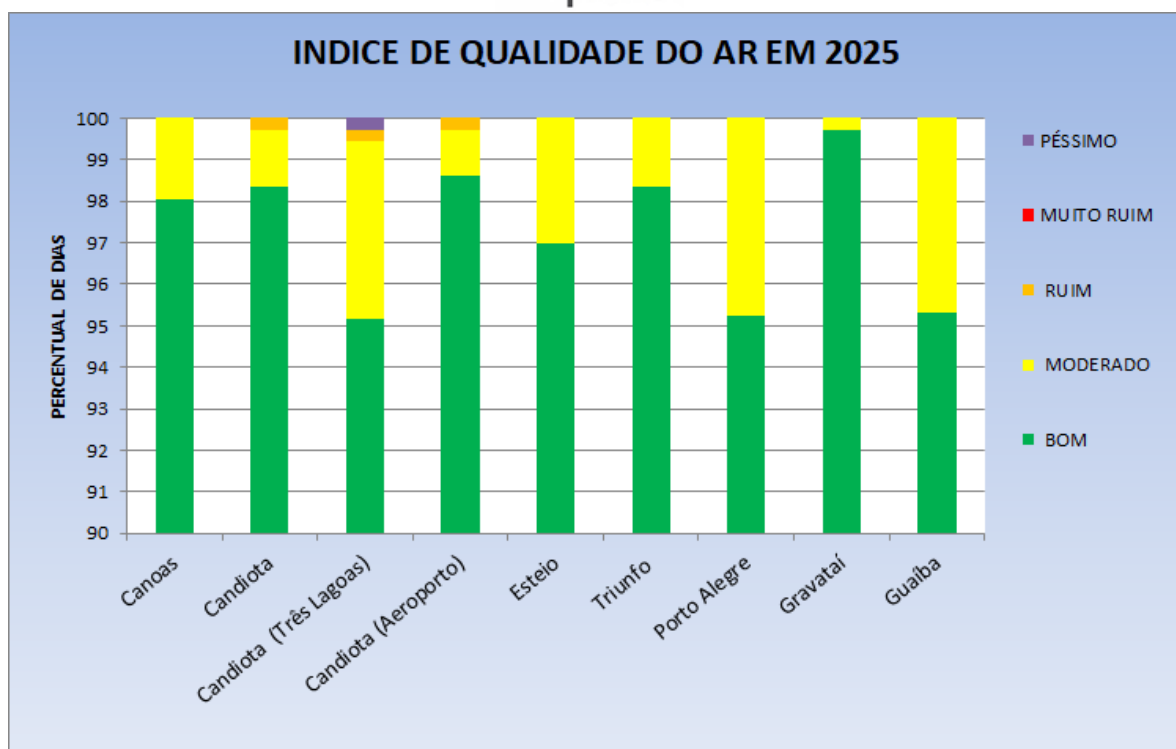


Figura 11: Gráfico do IQAr por Estação de Monitoramento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

9.2 Dados do Monitoramento em 2025

Para o cálculo das médias das concentrações de cada poluente, os valores de concentração obtidos abaixo do limite de detecção foram considerados, para efeito de cálculo, como a metade do limite de detecção do respectivo analisador.

Nas tabelas contendo as médias anuais dos poluentes, as células sem dados indicam ausência do analisador na estação ou que o mesmo não forneceu nenhum dado válido no período ou que o analisador esteve fora de operação no referido período por problemas técnicos. Os dados em vermelho nas tabelas indicam que o valor médio calculado para o ano não atendeu o critério de representatividade anual (>50% de dados válidos ou que não tenha sido obtida nenhuma amostragem válida em alguma das quatro estações do ano), conforme Quadro 6, apresentada no item 4.6 deste relatório, mas foram mantidos para registro e avaliação de tendência.



9.2.1 Poluentes Atmosféricos: concentração média anual

No Quadro 15 são apresentadas, para o ano de 2025, as médias anuais de concentração dos poluentes ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e material particulado (MP10 e MP2,5).

Quadro 15: Concentração média anual dos poluentes por estação em 2025.

ESTAÇÃO	NO_2	O_3	CO	MP10	MP2,5	SO_2
	Média Horária Anual			Média Diária Anual		
	$\mu g/m^3$		ppm	$\mu g/m^3$		
Canoas/PU	9	28	0,5	19	SD	6
Esteio/PE	11	34	0,5	19	SD	12
Gravataí/JT	9	25	0,2	17	SD	1
Porto Alegre/CETE	17	21	1,5	SD	6	5
Triunfo/Polo Petroquímico	12	23	0,2	21	3	1
Candiota/Candiota	5	SD	SD	20	SD	4
Candiota/Três Lagoas	4	45	SD	16	SD	3
Candiota/Aeroporto	4	SD	SD	16	SD	3
Guaíba/Parque 35	6	20	0,5	24	SD	3
Padrão PI-2 do Conama 506/2024	50	---	---	35	17	30

* Valores em vermelho não atenderem o critério da representatividade do ano.

SD = Sem dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostram que a concentração dos poluentes MP10, MP2,5, NO_2 e SO_2 se mantiveram abaixo dos padrões de qualidade anuais estabelecidos, conforme Resolução CONAMA 506/24. Não são estabelecidos padrões de qualidade anuais para O_3 e CO.



9.2.2 Poluentes Atmosféricos: últimos cinco anos

9.2.2.1 – Ozônio (O₃)

Quadro 16: Concentração média anual de O₃ nos últimos 5 anos.

O ₃ - MÉDIA HORÁRIA ANUAL – µg/m ³					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	28	22	29	27	28
Esteio/PE	22	21	22	24	34
Gravataí/JT	34	38	20	17	25
Porto Alegre/CETE	---	---	---	30	21
Triunfo/Polo Petroquímico	26	16	12	22	23
Candiota/Candiota	---	---	---	---	SD
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	45
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	SD
Rio Grande/Porto-FURG	---	43	34	25	---
Guaíba/Parque 35	28	25	30	27	20
MÉDIA GERAL*	28	23	27	24	29

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que não houve alteração significativa dos teores médios de O₃ no ambiente nos últimos 5 anos.

9.2.2.2 – Monóxido de Carbono (CO)

Quadro 17: Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos.

CO - MÉDIA HORÁRIA ANUAL - ppm					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	---	2,0	1,0	0,5	0,5
Esteio/PE	1,6	2,5	2,6	2,4	0,5
Gravataí/JT	0,2	---	0,2	0,2	0,2
Porto Alegre /CETE	---	---	---	0,7	1,5
Triunfo/Polo Petroquímico	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Candiota/Candiota	---	---	---	---	SD
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	SD
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	SD
Rio Grande/Porto-FURG	---	1,4	1,7	0,6	---
Guaíba/Parque 35	0,5	0,8	0,8	0,6	0,5
MÉDIA GERAL*	0,7	0,5	1,1	0,9	0,4

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Os dados indicam que não houve alteração significativa dos teores médios de CO no ambiente nos últimos 5 anos.

9.2.2.3 – Dióxido de Enxofre (SO₂)

Quadro 18: Concentração média anual de SO₂ nos últimos 5 anos.

SO ₂ – MÉDIA DIÁRIA ANUAL - µg/m ³					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	15	12	8	7	6
Esteio/PE	17	16	12	8	12
Gravataí/JT	2	---	1	1	1
Porto Alegre /CETE	---	---	---	4	5
Triunfo/Polo Petroquímico	1	1,3	1	1	1
Candiota/Candiota	---	---	---	---	4
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	3
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	3
Rio Grande/Porto-FURG	---	14	19	7	---
Guaíba/Parque 35	2	2	2	5	3
MÉDIA GERAL *	9	16	7	4	4

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados indicam que não houve alteração significativa dos teores médios de SO₂ no ambiente nos últimos 5 anos.

9.2.2.4 – Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Quadro 19: Concentração média anual de NO₂ nos últimos 5 anos.

NO ₂ – MÉDIA HORÁRIA ANUAL - µg/m ³					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	11	8	7	7	9
Esteio/PE	18	16	21	27	11
Gravataí/JT	11	4	9	8	9
Porto Alegre /CETE	---	---	---	16	17
Triunfo/Polo Petroquímico	9	7	8	12	12
Candiota/Candiota	---	---	---	---	5
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	4
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	4
Rio Grande/Porto-FURG	---	11	6	10	---
Guaíba/Parque 35	13	13	11	8	6
MÉDIA GERAL *	11	7	10	12	7

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados indicam que não houve alteração significativa dos teores médios de NO₂ no ambiente nos últimos 5 anos.

9.2.2.5 – Material Particulado (MP10)

Quadro 20: Concentração média anual de MP10 nos últimos 5 anos.

MP10 – MÉDIA DIÁRIA ANUAL – µg/m ³					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	17	19	19	19	19
Esteio/PE	20	18	20	20	19
Gravatai/JT	16	16	15	16	17
Porto Alegre /CETE	---	---	---	SD	SD
Triunfo/Polo Petroquímico	20	14	15	21	21
Candiota/Candiota	---	---	---	---	20
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	16
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	16
Rio Grande/Porto-FURG	---	31	17	17	---
Guaíba/Parque 35	26	25	26	25	24
MÉDIA GERAL *	20	21	21	22	19

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.

SD = sem dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados de MP10 se mantiveram praticamente constantes aos longos dos últimos 5 anos de monitoramento.

9.2.2.6 – Material Particulado (MP2,5)

Quadro 21: Concentração média anual de MP2,5 nos últimos 5 anos.



MP2,5 – MÉDIA DIÁRIA ANUAL – $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
ESTAÇÃO	2021	2022	2023	2024	2025
Canoas/PU	---	---	---	---	---
Esteio/PE	---	---	---	---	---
Gravataí/JT	---	---	---	---	---
Porto Alegre /CETE	---	---	---	5	6
Triunfo/Polo Petroquímico	---	---	---	14	3
Candiota/Candiota	---	---	---	---	---
Candiota/Três Lagoas	---	---	---	---	---
Candiota/Aeroporto	---	---	---	---	---
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	6	---
Guaíba/Parque 35	---	---	---	---	---
MÉDIA GERAL *	---	---	---	14	3

* Valores em vermelho não incluídos na média geral, por não atenderem o critério de representatividade do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

9.2.3 Poluentes Atmosféricos: concentração máxima anual

O Quadro 22 apresenta a concentração máxima anual obtida para cada poluente na respectiva Estação de Monitoramento.

Quadro 22: Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2025.

ESTAÇÃO	CO	O ₃	NO ₂	MP10	MP2,5	SO ₂
	Máxima 8h móvel anual		Máxima horária anual	Máxima diária anual		
	ppm	µg/m³				
Canoas/PU	3,5	37	15	52	SD	8
Esteio/PE	1,9	120	68	66	SD	41
Gravataí/JT	0,9	90	111	46	SD	2
Triunfo/Polo Petroquímico	1,1	91	87	86	16	2
Porto Alegre/CETE	5,3	57	111	SD	33	9
Candiota/Candiota	SD	SD	48	107	SD	20
Candiota/Três Lagoas	SD	219	53	83	SD	23
Candiota/Aeroporto	SD	SD	40	113	SD	12
Guaíba/Parque 35	2,2	69	43	75	SD	13
Padrão PI-2 do Conama 506/2024	9	130	240	100	50	50

* Valores em vermelho indicam que não atenderam o critério da representatividade do ano.

SD = Sem dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os dados apresentados, não houve registro de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar em 2025 para os poluentes CO, NO₂, MP2,5 e SO₂ nas estações de monitoramento. Somente foram registrados ultrapassagens do padrão de qualidade P2 para os poluentes MP10 e Ozônio. Tais ultrapassagens ocorreram nas estações de Candiota e serão avaliadas em maior detalhe no item 9.2.4.



9.2.4 Estudo dos casos de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar

Ocorreram quatro situações que culminaram em episódios de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar na região de Candiota, cujas análises são apresentadas a seguir:

- Episódio de 01 e 02 de março/2025: ultrapassagem do padrão de ozônio resultando em qualidade do ar (IQAr) ruim e péssimo, respectivamente, na estação Candiota/Três Lagoas.

Os dias 01 e 02/03/25 foram típicos de verão, com temperaturas altas, insolação e formação de trovoadas em toda a região, embora não tenha havido chuva significativa, acumulando aproximadamente 4 mm no primeiro dia e apenas 0,2 mm no segundo.

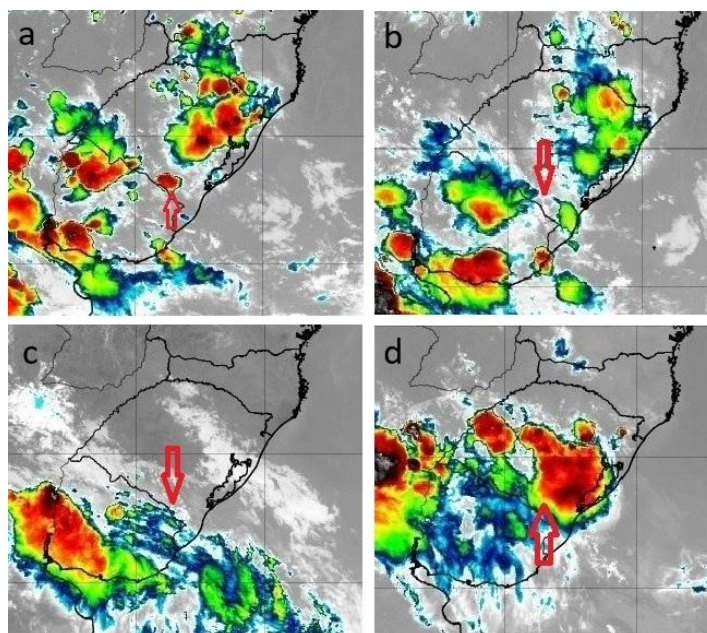


Figura 12: Imagens de satélite GOES-16, no espectro infravermelho com realçamento. A seta vermelha indica a localização aproximada da estação Candiota/Três Lagoas: a) Dia 28/02/25 às 22:00 UTC (19h local); b) Dia 01/03/25 às 00:00 UTC (dia 28/02/25 às 21h local). c) Dia 01/03/25 às 15:00 UTC (12h local). d) Dia 02/03/25 às 00:00 UTC (dia 01/03/25 às 21h local).

Fonte: CPTEC/INPE.

A Figura 12 ilustra as imagens do satélite GOES-16, no espectro do infravermelho, com realçamento das formações nebulosas altas, principalmente as de desenvolvimento vertical (cúmulos e cumulonimbus). A seta vermelha indica a localização aproximada da Estação de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar Candiota/Três Lagoas e da principal fonte de poluentes atmosféricos da região (Ambar Energia, ex-CGTEE). É possível observar na Figura 12a que havia um núcleo de trovoadas sobre Candiota no dia 28/02/25, às

22:00 UTC (19h local), na estação meteorológica do Aeroporto de Bagé foi registrada trovoadas e chuva fraca neste horário. Às 00:00 UTC (Figura 12b) observa-se que este núcleo de trovoadas dissipou-se, mas havia ainda muitas nuvens de trovoadas no entorno de Candiota. Estas trovoadas dissiparam-se na madrugada e às 15:00 UTC (12h local) já não haviam núcleos de trovoadas perto de Candiota, mas ainda persistia muita nebulosidade (Figura 12c), embora os registros meteorológicos ainda indicassem incidência de radiação solar na superfície. No dia 02/03/25, às 00:00 UTC (dia 01/03/25 às 21h local), os núcleos de trovoadas retornaram com mais intensidade (Figura 12d), sobretudo nos setores leste e norte de Candiota, embora tenha sido registrada pouca precipitação. Estes núcleos também se dissiparam na madrugada e início da manhã do dia 02/03/25, permanecendo ainda muita nebulosidade baixa e incidência de raios solares.

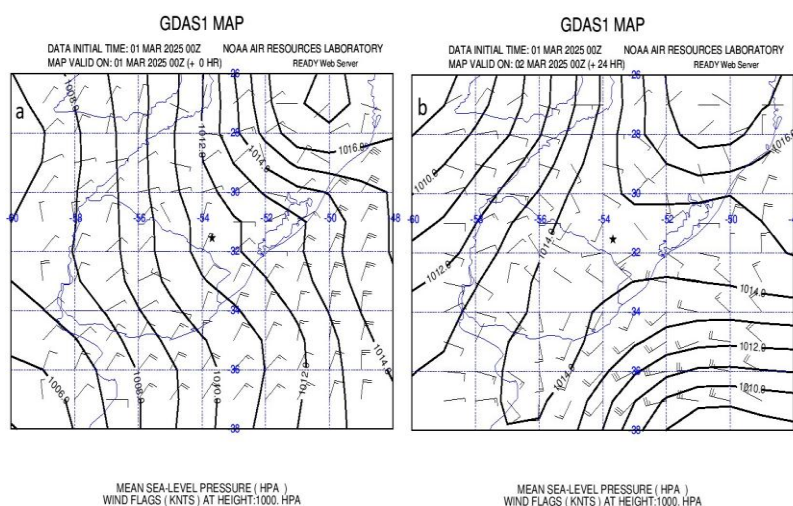


Figura 13: Plotagem das isóbaras em superfície e flags do vento em 1000 hPa (velocidade em nós). A estrela preta indica a localização aproximada da estação Candiota/Três Lagoas: a) Dia 01/03/25 às 00:00 UTC (dia 28/03/25 às 21h local); b) Dia 02/03/25 às 00:00 UTC (dia 01/03/25 às 21h local).

Fonte: READY/NOAA.

A Figura 13 ilustra a plotagem em 2D das linhas de pressão atmosférica (isóbaras) junto a superfície e *flags* de vento (velocidade em nós) para todo o Rio grande do Sul e seu entorno, para os dias 01 e 02/03/25, às 00:00 UTC (21h local dos dias 28/02 e 01/03, respectivamente). A estrela preta indica a localização aproximada da estação Candiota/Três Lagoas. Na Figura 13a é possível observar que os ventos na região da Estação Candiota/Três Lagoas no dia 01/03/25 (21h local do dia 28/02/25) eram fracos, em torno de 3 m/s (5 nós) de nordeste, e as isóbaras indicam a intensificação de uma crista nesta região. A crista está

relacionada a condições de estabilidade da atmosfera. No dia seguinte, 02/03/25 às 00:00 UTC (21h local do dia 01/03/25), o vento continua fraco com direção variável, enquanto que as isóbaras comprovam a intensificação da crista na região.

O ozônio troposférico é um poluente secundário, ou seja, sua produção ocorre na atmosfera a partir de reações fotoquímicas (com a presença de radiação solar) de poluentes precursores, principalmente óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs) e monóxido de carbono (CO). A existência de uma grande fonte de emissões atmosféricas na região (inclusive de poluentes precursores do ozônio) associada às situações meteorológicas descritas acima, ventos fracos em direções variáveis e estabilidade atmosférica, podem reduzir a dispersão e levar ao acúmulo de poluentes precursores do ozônio na atmosfera. Por outro lado, a incidência de radiação solar durante o dia e as emissões de radiação ultravioleta (UV) durante a noite, devido à ocorrência de raios e relâmpagos, podem ter induzido a formação de ozônio troposférico em altas concentrações na região de Candiota. A situação só retornou a normalidade quando as condições atmosféricas favoreceram a melhor dispersão de poluentes, no dia seguinte.

- Episódio de 19 de novembro/2025: ultrapassagem do padrão de MP_{10} resultando em qualidade do ar (IQAr) ruim nas estações de Candiota Aeroporto e centro.

No dia 19/11/25 uma frente fria passou pelo litoral do Rio Grande do Sul, sem precipitações registradas na região de Candiota. O mês de fevereiro caracterizou-se por ser seco, sendo que a última precipitação na região ocorreu em 16/11/25, a umidade relativa chegou a 30% às 14:00 UTC (11h local) do dia 19/11/25. Os ventos foram predominantemente de sul/sudeste entre 5 e 10 m/s (moderados).

A Figura 14 contém a plotagem da carta sinótica, a imagem do satélite GOES-19 no espectro infravermelho e a plotagem do perfil da atmosfera (da região de Candiota), todos referentes ao dia 19/11/25, às 1200 UTC (09h local).

É possível identificar na Figura 14a uma frente fria passando pelo litoral do Estado, sem atividade e um centro de alta pressão, com 1014 hPa sobre Argentina, Uruguai e RS, com presença de pouca ou nenhuma nebulosidade na região de Candiota (Figura 13b). Havia uma inversão térmica moderada a forte junto a superfície no dia 19/11/25 (Figura 13c) e também em dia anteriores.



Na região existem várias fontes que podem ter contribuído para as altas concentrações de PM10 registradas, como as atividades de mineração de carvão e outros minerais, solo nu preparado para o cultivo agrícola e a própria chaminé da Ambar Energia. Então, as condições de estabilidade atmosférica e ventos de sul/sudeste levaram a baixa dispersão dos poluentes emitidos pela chaminé da Ambar Energia levando a pluma na direção das estações Candiota/Centro e Candiota/Aeroporto. Por outro lado, a ausência de chuvas há alguns dias e baixa umidade do ar, associada à ação do vento contribuíram para o ressecamento das primeiras camadas de solo, facilitando a suspensão de material particulado/poeira pela ação do vento, que se somaram às concentrações devido à chaminé da Ambar energia. No dia seguinte, as condições de estabilidade e mudança na direção predominante do vento foram responsáveis pela diminuição nas concentrações de PM10 nestas estações.

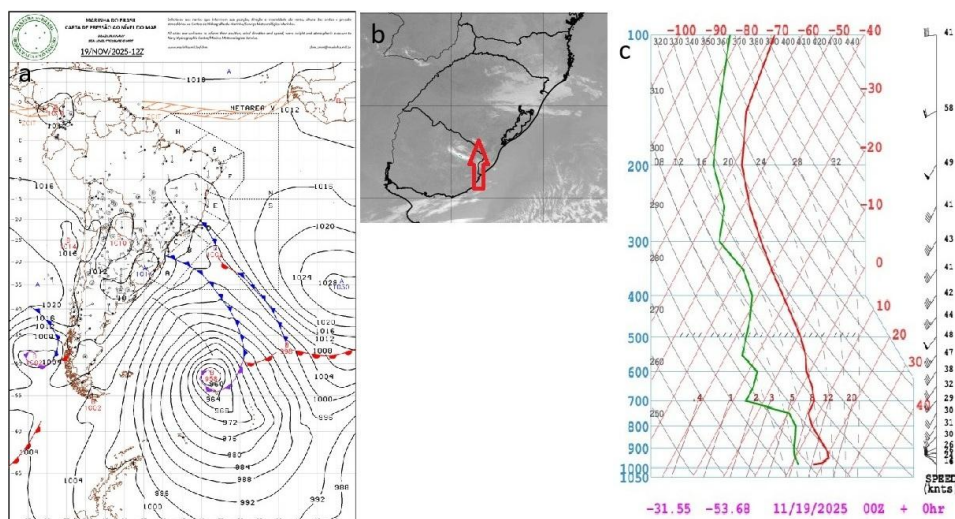


Figura 14: Figuras ilustrando a configuração meteorológica na região Candiota em 19/11/25, às 12:00 UTC (09h local): a) Análise sinótica de superfície; b) Imagem do satélite GOES-19 no espectro infravermelho. A seta vermelha corresponde à localização aproximada das estações Candiota/Centro e Candiota/Aeroporto. c) Sondagem atmosférica construída por interpolação para a região de Candiota.

Fonte: CHM, CPTEC/INPE e READY/NOAA, respectivamente.



9.2.5 Poluentes Atmosféricos: média anual das máximas concentrações

O Quadro 23 apresenta a média anual das máximas concentrações obtida para cada poluente na respectiva Estação de Monitoramento em 2025. Estes dados são exclusivamente úteis para avaliações de estudos de dispersão atmosférica (EDA) conforme DIRETRIZ TÉCNICA FEPAM N.º 11/2023, de 21 de março 2023.

Quadro 23: Média anual das máximas concentrações dos poluentes em 2025.

ESTAÇÃO	CO	O ₃	NO ₂	MP10	MP2,5	SO ₂
	Média Anual das Máximas de Cada Dia (8h móvel)		Média Anual das Máxima Horária de Cada Dia	Média Anual das Máximas Mensais de Cada Dia		
	ppm	µg/m³				
Canoas/PU	0,7	30	10	41	SD	7
Esteio/PE	0,5	39	21	39	SD	18
Gravataí/JT	0,2	38	20	36	SD	1
Porto Alegre / CETE	1,9	30	7	SD	16	7
Triunfo/Polo Petroquímico	0,2	35	25	42	7	1
Candiota/Candiota	SD	SD	15	46	SD	10
Candiota/Três Lagoas	SD	58	16	47	SD	10
Candiota/Aeroporto	SD	SD	13	44	SD	8
Guaíba/Parque 35	0,6	28	15	51	SD	6

* Valores em vermelho indicam que não atenderam o critério da representatividade do ano.

SD = Sem dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o cálculo da média aritmética das máximas concentrações diárias de padrões horários (caso do dióxido de nitrogênio), foi utilizado o máximo valor de concentração do poluente obtido dentre os 24 valores horários do dia, sendo então calculada a média aritmética de todas as máximas de cada dia do ano de 2025. Para os padrões de 8 h móvel (casos de monóxido de carbono e ozônio), utilizou-se o máximo valor das médias móveis de 8 h do dia, sendo então calculada a média aritmética de todas as máximas de cada dia do período considerado. Para poluentes com padrão diário - 24 h (casos de material particulado e dióxido de enxofre), foi utilizado o maior valor obtido dentre os dias monitorados em cada mês, sendo então calculada a média aritmética da concentração destes dias.



10 CONCLUSÕES

Os dados de monitoramento da qualidade do ar obtidos ao longo do ano de 2025 pela rede Ar do Sul em 9 estações de monitoramento localizadas nas cidades de Canoas, Esteio, Gravataí, Porto Alegre, Candiota, Triunfo e Guaíba mostraram que não houve ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar (PI-2) estabelecidos pela Resolução CONAMA 506/2024 para os poluentes SO_2 , CO, $\text{MP}_{2,5}$ e NO_2 . Somente foram registrados três dias com ultrapassagens do padrão de qualidade para os poluentes Ozônio e MP_{10} nas estações de Candiota. Os registros ocorreram no dia 19 de novembro para MP_{10} nas estações de Candiota centro e Aeroporto e nos dias 01 e 02 de março para o poluente ozônio na estação Candiota Três Lagoas, com destaque para os altos valores de ozônio registrados no dia 02 que resultaram em IQAr péssimo nesta data. A elevada carga de poluente emitido na região somado às condições meteorológicas de estabilidade atmosférica registradas nestas datas favoreceram a baixa dispersão dos poluentes e portanto a piora da qualidade do ar local.

Em termos de concentrações médias anuais, observou-se que em 2025 não houve alteração significativa das concentrações destes poluentes no ambiente em relação aos últimos quatro anos anteriores.

Os dados coletados em 2025 para as 9 estações de monitoramento em termos de IQAr, mostraram que tivemos 97,35% dos dias com qualidade do ar boa, 2,52% com qualidade moderado, 0,10% com qualidade ruim e 0,03% com qualidade péssima. Os dias com qualidade ruim ou péssima foram observados em Candiota e estão atrelados aos poluentes MP_{10} e Ozônio.



11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berlato, M.A., El Niño Oscilação Sul [Livro eletrônico] : clima, vegetação e agricultura / Moacir Antônio Berlato, Gilberto Rocca da Cunha, Denise Cybis Fontana. – Passo Fundo, RS: Ed. Dos Autores, 2024. PDF, ISBN 978-65-01-02988-7.

BRASIL. Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Diário Oficial da União (DOU), Brasília, DF, 3 maio 2024.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção do meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 de agosto de 1989, Seção 1, p. 14713-14714.

_____. Resolução nº 513, de 7 de abril de 2026. Reestrutura o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de abril de 2026, Seção 01, Página 84.

_____. Resolução nº 008, de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 de dezembro de 1990, Seção 1, página 25539.

_____. Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 de janeiro de 2007, Seção 1, páginas 131-137.

_____. Resolução nº 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2011.

_____. Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95. 32

_____. Resolução nº 018, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de junho de 1986, Seção 1, páginas 8792-8795.

_____. Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 de março de 2002, Seção 1, páginas 86-88.



_____. Resolução nº 506, de 05 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de julho de 2024.

_____. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os Padrões de Qualidade do Ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de novembro de 2018, Seção 01, Página 155-156.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual 15.434, de 09 de janeiro de 2020. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Publicado no DOE - RS em 10 de janeiro de 2020.

_____. **Departamento de Economia e Estatística (DEE) da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão.** Porto Alegre. Disponível em < <https://www.estado.rs.gov.br/com-recuperacao-da-agropecuaria-estado-registra-aumento-de-4-9-no-pib-em-2024>>. Acesso em 30 maio 2025.

_____. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO (SPGG). **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Edição: 7ª ed. Setembro de 2022. Disponível em <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/grau-de-urbanizacao>. Acesso em: 15 abr. 2024.

_____. **Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN).** Disponível em <<http://www.detran.rs.gov.br>>. Acesso em 30 maio 2025.

DANNI, I. M. **Aspectos Temporo-espaciais da Temperatura e Umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982:** contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (FEE). **Potencial Poluidor da Indústria no RS:** Análise dos Dados 2002–2009. Porto Alegre. Disponível em <<http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/indicadores-ambientais/destaques/>>. Acesso em 27 abr. 2020.

_____. **Potencial Poluidor da Indústria no RS:** Análise dos Dados 2002–2009. Porto Alegre. Disponível em <<http://cdn.fee.tche.br/ipp/mapas/mapa-2.png>>. Acesso em 27 abr. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. **Primeiro Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do Estado do Rio Grande do Sul – Ano base 2009.** Porto Alegre, 2010.

_____. **Poluentes - IQAr, Efeitos e Precauções.** Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes_ef_prec_iqar.asp>. Acesso em 30 maio 2025.

_____. **Índice de Qualidade do Ar (IQAr).** Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar.asp>>. Acesso em 30 maio 2025.



_____. **Monitoramento da Qualidade do Ar.** Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_ar.asp>. Acesso em 30 maio 2025.

_____. **Rede estadual de monitoramento automático da qualidade do ar - Relatório 2023.** Porto Alegre, 2024. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorios.asp>. Acesso em 30 maio 2025.

SILVEIRA, José Carlos S.; M.B. Jaci. **Análise das anomalias positivas e negativas de precipitações e temperaturas relacionadas com eventos La Niña e El Niño na cidade do Rio Grande – RS.** Saraiva, 1999.

STRAHLER, A.N. **Geografia Física.** Barcelona: Ômega, 1977.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air Quality Guidelines Global Update 2005:** Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, 2006.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em <<https://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>>. Acesso em 10/06/2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/> . Acesso em 08/06/2026.

_____. **READY/NOAA.** <https://www.ready.noaa.gov/READYamet.php> ; acessado em 10/06/2026.

CHM. Centro de Hidrografia da Marinha. Disponível em <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-bndo/download>>. Acesso em 10/06/2026.

SOUZA, M.C.R., Freitas, B.R., Figueiredo, A.P.S., Venial, H.J., Corradini, P.G., Souza, M.O. A Influência dos Compostos Orgânicos Voláteis nas Mudanças Climáticas: Uma breve revisão. **Rev. Virtual Quim.**, 2023, no prelo, 1-14. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220111> Acesso em: 15 abr. 2024.

MANISALIDIS, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., Bezirtzoglou, E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. **Frontiers in Public Health** 8 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BONATTO, Mayara Reis de Oliveira. **Associação Entre Exposição a Fatores de Risco Ambientais e Psoríase.** 2022. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências da Saúde, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/11458>. Acesso em: 15 abr. 2024.

COUTINHO, Samuel Leal Coutinho. **Emissão de Poluentes Atmosféricos por Automóveis no Brasil, 2010-2020: Uma Revisão de Literatura.** Orientador: Geiso Rafael Fonseca Oliveira. 2022. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2022. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/3876>. Acesso em: 14 fev.2023.



SIGNORI, Renato Trevisan. **Variabilidade do Perfil Vertical de Monóxido de Carbono sobre a Região Metropolitana de Manaus e sua Relação com as Queimadas**. 2022. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Clima e Ambiente, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/38840>. Acesso em: 15 abr. 2024.

OLIVEIRA, E., BONK, B., FELIX, E.P., et al. Adsorção de Monóxido de Carbono em Carvão Ativado Convencional e Impregnado com 5% de Níbio. **Revista Matéria**, v.26, n.4, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/46223>. Acesso em 15 abr. 2024.

SANTOS, Haroldo Lima; FIALHO, Marcelito Lopes; REIS, Karina Pregolato; FRANCO, Márcia Villar; OLIVEIRA, Ricardo Bezerra de. RELAÇÃO ENTRE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE. **Revista Científica Intr@Ciência**, Guarujá, v. 17, p. 155-178, 2019. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105045.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

TORRES, L. M.; PINHEIRO, C. D. P. S.; AZEVEDO, S. D.; RODRIGUES, P. R. S.; SANDIM, D. P. R.. Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente. **Naturae**, v.2, n.1, p.23-33, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6441.2020.001.0003>. Acesso em: 15 abr. 2024.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Dióxido de enxofre**. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Dio%CC%81xido-de-enxofre.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SOUZA, E. G.; LAZUTA, A. M.; SOUZA, T.; MARQUES, L. C.; LEANDRO, D.; NADALETI, W. C. **Análise Espacial E Temporal da Concentração de Dióxido de Nitrogênio (NO₂) no Brasil (2017-2021): Impacto das Medidas de Restrição da Pandemia de Covid-19 na Redução da Poluição Atmosférica**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 39, p. 59-77, 2022. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4474/4146>. Acesso em 15 abr. 2024.

VALADÃO, L. V.; TAVARES, A. S.; SOLLACI, C. B.; CUNHA, C. S.; MPONGO, F. B. Z.; BAPTISTA, G. M. de M. Avaliação dos Efeitos do Isolamento Social nos Níveis de NO₂, Durante a Pandemia de COVID-19, em Áreas Urbanas de Brasília, Anápolis e Goiânia, por Meio de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 74, n. 3, p. 755–771, 2022. DOI: 10.14393/rbcv74n3-65537. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/65537>. Acesso em: 15 abr. 2024.

HE, Y., Jiang, W., Gao, X. *et al.* Short-term effects and economic burden of air pollutants on acute lower respiratory tract infections in children in Southwest China: a time-series study. **Environ Health** 22, 6 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12940-023-00962-3>. Acesso em: 15 abr. 2024.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. (org.). **Óxidos de Azoto (NO_x)**. Disponível em: <https://apambiente.pt/index.php/ar-e-ruído/poluentes>. Acesso em: 15 abr. 2024.



CHEN, Yiang; FUNG, Jimmy C.H.; YUAN, Dehao; CHEN, Wanying; FUNG, Tung; LU, Xingcheng. Development of an integrated machine-learning and data assimilation framework for NO_x emission inversion. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 871, p. 161951-161961, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161951>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723005661?via%3Dihub>. Acesso em: 15 abr. 2024.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (org.) **Integrated Review Plan for the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter**. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-07/documents/201612-final-integrated-review-plan.pdf> Acesso em: 15 abr. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air pollution is responsible for 6.7 million premature deaths every year**. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>. Acesso em: 15 abr. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) **Poluentes**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/#:~:text=Sob%20a%20denomina%C3%A7%C3%A3o%20geral%20de,causa%20de%20seu%20pequeno%20tamanho>. Acesso em: 15 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=4314902&tema=1>. Acesso em: 14 abr. 2024.

