



**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 2022**

**RELATÓRIO TÉCNICO  
(versão 1)**

Porto Alegre/RS  
Abril de 2024





***FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL***

Renato das Chagas e Silva

***DIRETORIA TÉCNICA***

Renato das Chagas e Silva

***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. Felipe Norte Pereira

Met. Flávio Wiegand

Quím. Márcio D'Avila Vargas

***Elaboração Técnica***

Met. Flávio Wiegand

Quím. Márcio D'Avila Vargas

Acadêmica Quím. Larissa Leffa Fernandes

2023

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021





## SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
1 OBJETIVO	8
2 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	9
<b>2.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS PARA DISPERSÃO DE POLUENTES NA RMPA EM 2022</b>	<b>9</b>
<b>2.2 ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO</b>	<b>14</b>
2.2.1 <i>ESTAÇÃO GRAVATAÍ/JT</i>	15
2.2.2 <i>ESTAÇÃO RIO GRANDE/PORTO/FURG</i>	15
2.2.3 <i>ESTAÇÃO CANOAS/PU</i>	15
2.2.4 <i>ESTAÇÃO TRIUNFO/POLO PETROQUÍMICO</i>	15
2.2.5 <i>ESTAÇÃO ESTEIO/PE</i>	15
2.2.6 <i>ESTAÇÃO GUAÍBA/PARQUE 35</i>	16
<b>2.3 POLUENTES MONITORADOS</b>	<b>16</b>
2.3.1 <i>MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</i>	16
2.3.2 <i>ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NOx)</i>	17
2.3.3 <i>PARTÍCULAS INALÁVEIS (PI10)</i>	17
2.3.4 <i>DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO<sub>2</sub>)</i>	17
2.3.5 <i>OZÔNIO (O<sub>3</sub>)</i>	17
<b>2.4 ANALISADORES E METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>2.5 DIVULGAÇÃO DA QUALIDADE DO AR</b>	<b>18</b>
<b>2.6 REPRESENTATIVIDADE DOS DADOS DE QUALIDADE DO AR</b>	<b>19</b>
<b>2.7 PERCENTUAL DE DADOS VÁLIDOS</b>	<b>19</b>
<b>2.8 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR</b>	<b>21</b>
<b>2.9 DADOS DO MONITORAMENTO</b>	<b>23</b>
2.9.1 <i>CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL</i>	24
2.9.2 <i>CONCENTRAÇÃO NOS ÚLTIMOS CINCO ANOS [19]</i>	24
2.9.3 <i>CONCENTRAÇÃO MÁXIMA ANUAL</i>	27
3 CONCLUSÕES	28
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29





## GLOSSÁRIO

%: percentual

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

$\mu\text{m}$ : micrômetro

°C: Grau Celsius

CO: Monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DSA: Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais

E: Leste

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

GOES-16: Geostationary Operational Environmental Satellite

h: Hora

hPa: Hectopascal

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IQAr: Índice de qualidade do ar

JT: Jardim Timbaúva

L: Local

Log: Logaritmo

m/s: Metro por segundo

mm: Milímetro

NO<sub>2</sub>: Dióxido de nitrogênio

NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrogênio

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

O<sub>3</sub>: Ozônio

OMS: Organização Mundial da Saúde

P: Pressão

PE: Parque de Exposição

PI10: Partículas inaláveis com diâmetro aerodinâmico menor que 10 micra

ppm: Partes por milhão





PU: Parque Universitário

RG: Radiação solar global

RMPA: Região Metropolitana de Porto Alegre

RS: Rio Grande do Sul

S: Sul

SE: Sudeste

SO<sub>2</sub>: Dióxido de enxofre

T: Temperatura

UR: Umidade relativa do ar

UTC: Universal Time Coordinated

UVA: Radiação ultravioleta-A

VE: Vila Ezequiel

VV: Velocidade do vento

W: Oeste

W/m<sup>2</sup>: Watt por metro quadrado





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Temperaturas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	11
<b>Figura 2:</b> Umidades relativas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	12
<b>Figura 3:</b> Precipitações acumuladas mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.	12
<b>Figura 4:</b> Velocidades médias mensais do vento registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.	13
<b>Figura 5:</b> Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.	13
<b>Figura 6:</b> Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.	22
<b>Figura 7:</b> Gráfico do IQAr por Estação de Monitoramento.	23





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Parâmetros e localização das estações em 2022.....	14
<b>Tabela 2:</b> Princípios de medição específicos para cada poluente.....	18
<b>Tabela 3:</b> Critérios de representatividade de dados.....	19
<b>Tabela 4:</b> Percentual de dados válidos por poluente por estação em 2022.....	20
<b>Tabela 5:</b> IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2022.....	22
<b>Tabela 6:</b> Concentração média anual dos poluentes por estação em 2022.....	24
<b>Tabela 7:</b> Concentração média anual de O <sub>3</sub> nos últimos 5 anos.....	24
<b>Tabela 8:</b> Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos.....	25
<b>Tabela 9:</b> Concentração média anual de SO <sub>2</sub> nos últimos 5 anos.....	25
<b>Tabela 10:</b> Concentração média anual de NO <sub>2</sub> nos últimos 5 anos.....	26
<b>Tabela 11:</b> Concentração média anual de PI10 nos últimos 5 anos.....	26
<b>Tabela 12:</b> Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2022.....	27





## **1 OBJETIVO**

Divulgar os dados do monitoramento automático da qualidade do ar realizado pela FEPAM através da rede Ar do Sul para o ano de 2022.





## 2 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

### 2.1 Condições Climáticas para Dispersão de Poluentes na RMPA em 2022

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 A-801, do INMET, localizada em Porto Alegre. As variáveis Temperatura do Ar, Umidade do Ar e Precipitação Acumulada são comparadas às normais climatológicas desta estação de 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020. A Pressão Atmosférica e a Velocidade Média do Vento são comparadas somente com as duas últimas normais, devido a não disponibilização dos demais dados. Por fim, a Radiação Solar Global é comparada com a média do período 2002-2021, pois o INMET fornece somente a variável Insolação, que se refere ao número de horas de sol por dia [20, 21, 22].

Na Figura 1 é possível observar que as curvas das temperaturas normais climatológicas de 1931-1960, 1961-1990 e de 1991-2020 apresentam comportamentos semelhantes. Quando comparada a curva de 2022 com estas normais, observar-se que o comportamento ficou bastante próximo, com exceção dos meses de janeiro, junho e julho, nos quais as temperaturas estiveram acima delas, com anomalias positivas acima de 1,5 °C. Já o mês de maio apresentou anomalias negativas também próximas de 1,5 °C.

A média mensal da umidade relativa do ar oscilou em relação às médias climatológicas a maior parte do ano. A Figura 2 ilustra o comportamento da umidade relativa do ar, onde pode ser observado que as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020 apresentam-se semelhantes durante o ano inteiro, enquanto que a curva das médias mensais de 2022 oscilou bastante, estando dentro das médias climatológicas em janeiro, março, agosto, outubro, novembro e dezembro, mas esteve abaixo em fevereiro, junho e setembro, além de apresentar-se acima dessas médias entre março e maio, e em julho.

A precipitação tem por característica a alta variabilidade, mesmo nas médias mensais, não sendo diferente no ano de 2022, o que é comprovado na comparação com as médias climatológicas. A Figura 3 apresenta o comportamento das precipitações acumuladas mensais ocorridas no ano de 2022 e as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020, que conseguem apresentar até uma boa correlação entre si, demonstrando que o período





menos chuvoso é de janeiro a maio e em novembro-dezembro, com os maiores picos ocorrendo em junho-julho e em setembro-outubro. Mas o ano de 2022 iniciou com janeiro apresentando um excesso de precipitação (acima de 70 mm) seguido de um mês de fevereiro extremamente seco (com déficit também em torno de 70 mm). Os meses de março, maio e junho também apresentaram precipitação acima da média, enquanto que de setembro a dezembro ocorreu precipitação abaixo das médias climatológicas. Como resultado geral do ano de 2022, a precipitação acumulada anual dentro da normal climatológica, mas com má distribuição no decorrer dos meses, chamando a atenção o fato do último trimestre apontar para uma possível estiagem.

A velocidade média mensal do vento em superfície (10 m) no ano de 2022 manteve o padrão, com os maiores valores ocorrendo nos meses mais quentes, e os menores nos meses mais frios, mas esteve inferior às normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020 o ano inteiro. Na Figura 4 é possível observar que as curvas das normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020 apresentam boa correlação nos meses mais frios (abril-agosto), enquanto que a primeira apresenta ventos mais fortes nos meses mais quentes. Em 2022, as velocidades médias do vento estiveram em torno 25-35 % abaixo das normais climatológicas nos meses mais quentes, e em torno de 15-25% abaixo nos meses mais frios, fator que pode ter dificultado a melhor dispersão de poluentes atmosféricos, principalmente durante o outono e inverno.

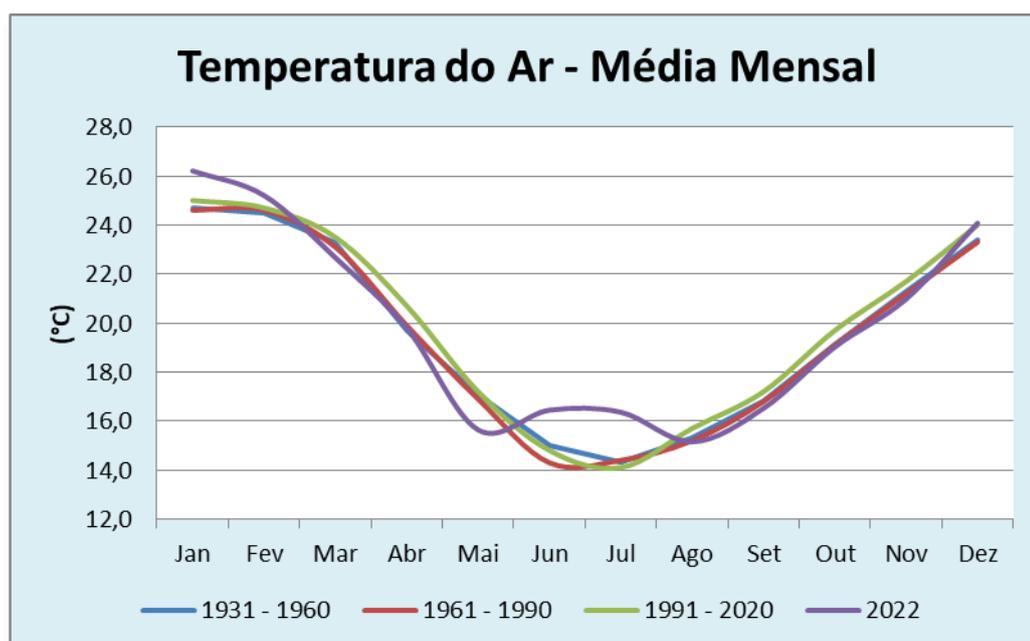
A Figura 5 apresenta as normais climatológicas das pressões atmosféricas de 1961-1990 e 1991-2020 e das pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2022. As normais climatológicas 1991-2020 apresentam boa correlação, mas seus valores apresentam 2-3 hPa acima da primeira durante todos os meses. O comportamento das médias mensais em 2022 esteve mais próximo das normais climatológicas de 1961-1990, embora quase sempre abaixo, com exceção do mês de novembro, quando a pressão atmosférica média esteve entre as normais de 1961-1990 e 1991-2020. Os meses de junho-julho apresentaram médias bem abaixo das normais (anomalia de 6-9 hPa), provavelmente em decorrência de ter sido um período de grande ocorrência de ação de núcleos de baixas pressões (vindos de noroeste) e ocorrência de ciclogênese, muito próximo ou até sobre o estado do Rio Grande do Sul, sendo corroborado com a anomalia positiva das temperaturas e precipitação nesses meses.





Os dados de radiação solar global de 2022 foram comparados à média do período 2002-2021, em  $W/m^2$ , haja vista que no Atlas de Normais Climatológicas exista apenas a variável ‘Insolação’, que corresponde ao número de horas com incidência de radiação solar na superfície. Considerando isso, a radiação solar no ano de 2022 ligeiramente acima média anual do período 2002-2021, com os meses de janeiro, fevereiro, setembro, novembro e dezembro aqueles com maior incidência de radiação solar, enquanto que somente o mês de março apresentou incidência consideravelmente menor que a média desse período.

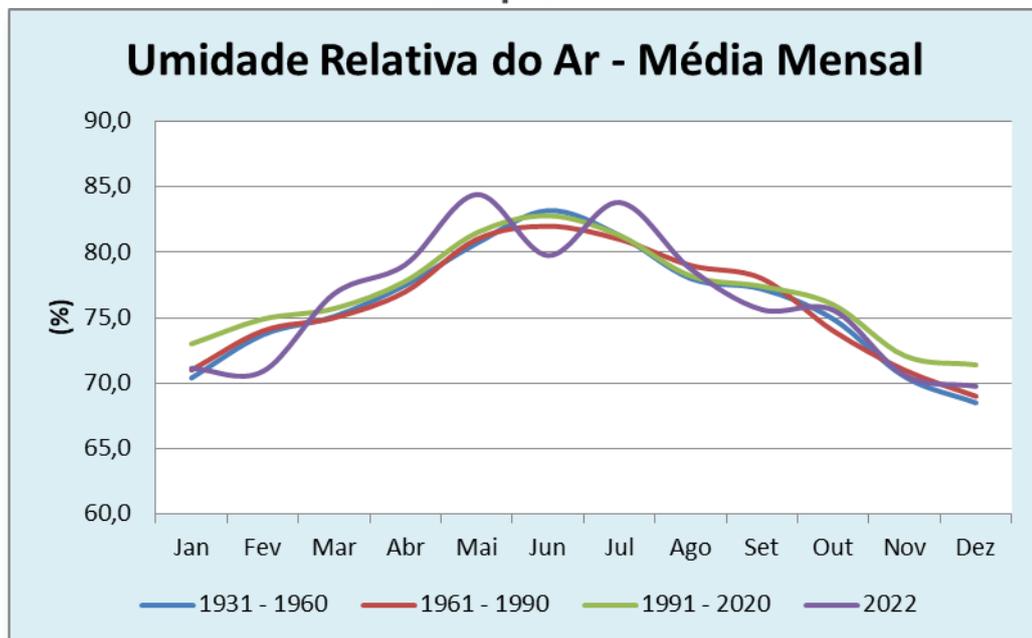
De uma maneira geral, apontam-se os meses de janeiro, setembro, novembro e dezembro como os meses com piores condições para a dispersão de poluentes atmosféricos, devido à baixa umidade, menor nebulosidade e precipitação, ventos fracos e maior incidência de radiação solar.



**Figura 1:** Temperaturas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

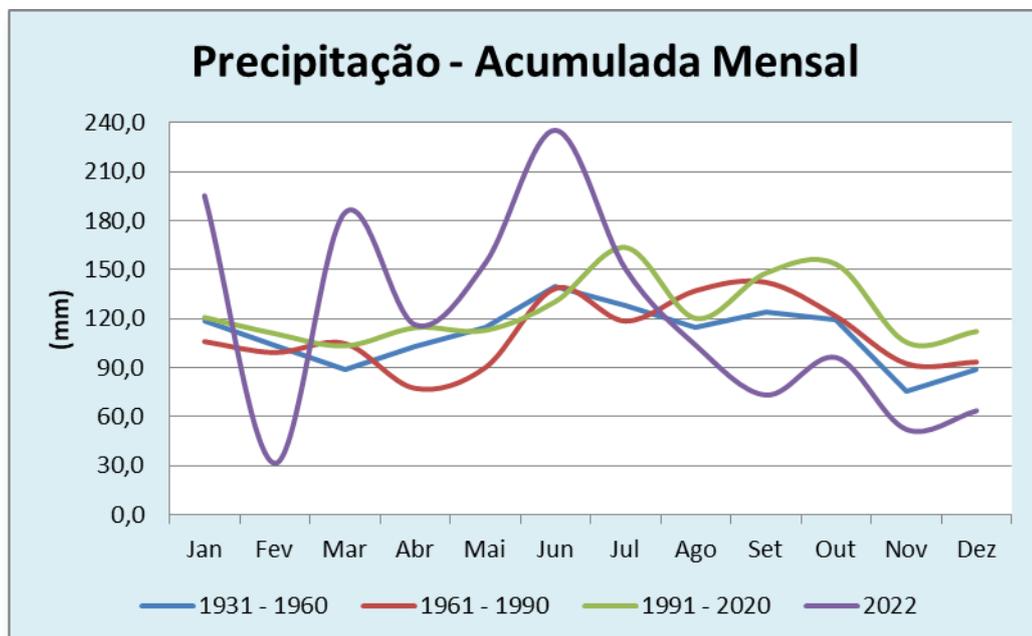
**Fonte:** Adaptado do INMET.





**Figura 2:** Umidades relativas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

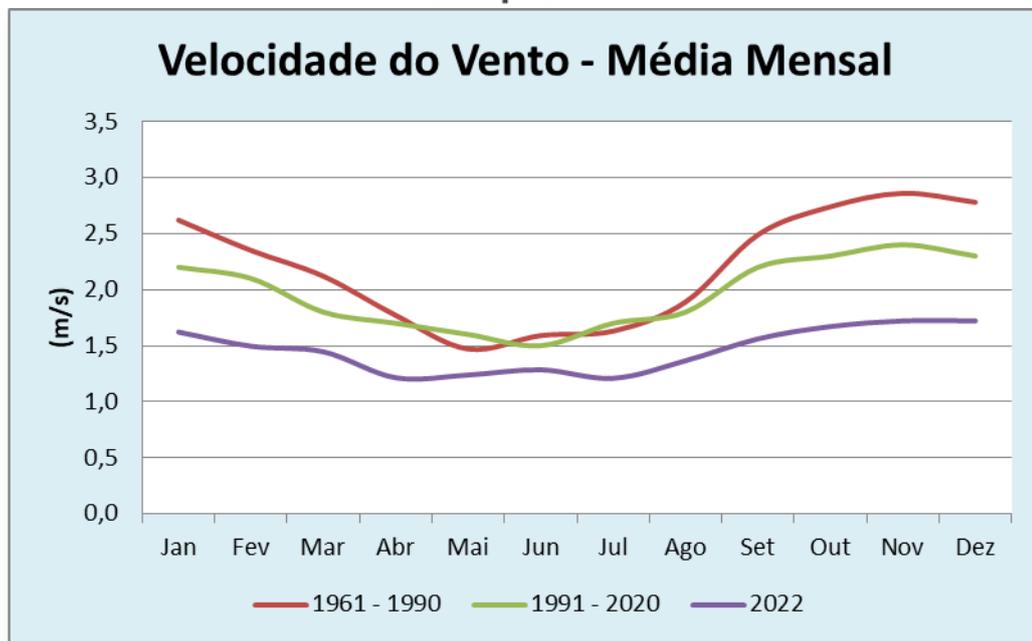
**Fonte:** Adaptado do INMET.



**Figura 3:** Precipitações acumuladas mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020.

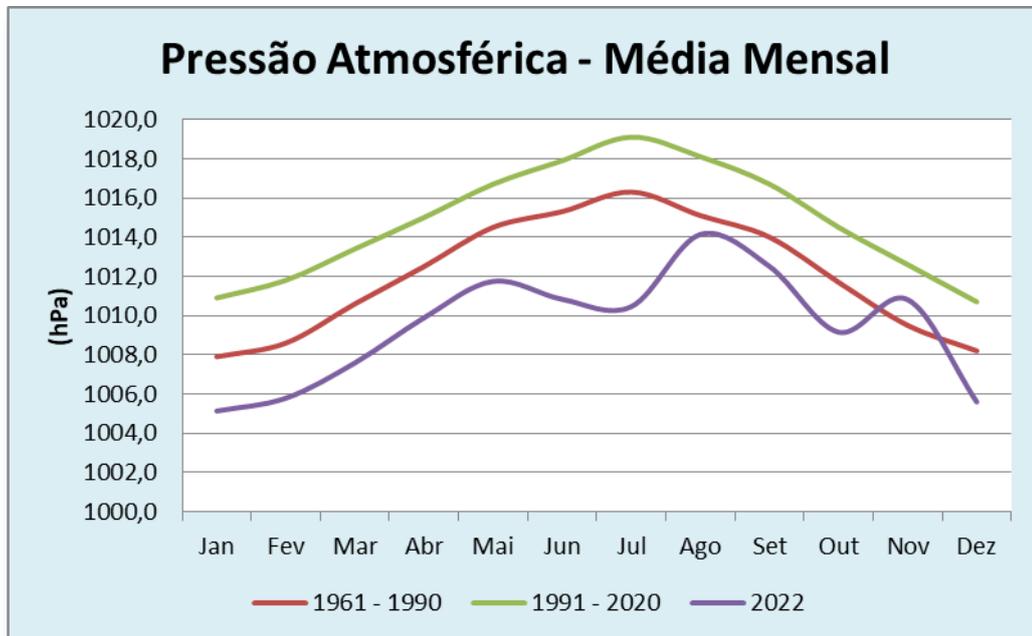
**Fonte:** Adaptado do INMET.





**Figura 4:** Velocidades médias mensais do vento registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.

**Fonte:** Adaptado do INMET.



**Figura 5:** Pressões atmosféricas médias mensais registradas em 2022 em comparação com as normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020.

**Fonte:** Adaptado do INMET.





## 2.2 Estações de Monitoramento

Em 2022 a rede Estadual de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar - rede Ar do Sul da FEPAM contou com seis estações de monitoramento em operação. A Tabela 1 mostra o município e a localização destas estações e os parâmetros existentes.

**Tabela 1: Parâmetros e localização das estações em 2022.**

Município	Estação	Parâmetros Monitorados	
		Poluentes	Meteorológicos
Canoas	Parque Universitário <sup>1</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Rio Grande	Porto/FURG <sup>5</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PI <sub>2,5</sub> , PTS	P, T, UR, RG, DV e VV
Triunfo	Polo Petroquímico <sup>2</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>	---
Esteio	Parque de Exposição <sup>1</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , HCs, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Gravataí	Jardim Timbaúva <sup>3</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Guaíba	Parque 35 <sup>4</sup>	PI10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PTS, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV

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 Superintendência do Porto de Rio Grande e Prefeitura Municipal.

**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.





### **2.2.1 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.

### **2.2.2 Estação Rio Grande/Porto/FURG**

Estação instalada nesta cidade em 2022 pela Superintendência do Porto de Rio Grande e Prefeitura Municipal. Inicialmente ficou na zona portuária até o dia 27 de agosto, tendo praticamente apenas influência industrial. Posteriormente foi realocada para a FURG e voltou a operar em 08 de novembro, onde passou também a ter influência urbana. Nos meses de setembro e outubro a estação ficou desativada.

### **2.2.3 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.

### **2.2.4 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.

### **2.2.5 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.





### 2.2.6 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).

## 2.3 Poluentes Monitorados

A rede de monitoramento automática da FEPAM contempla a medição dos principais poluentes constantes na Resolução do CONAMA 491/2018: partículas inaláveis (PI10), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). A fumaça, chumbo, partículas inaláveis (PI<sub>2,5</sub>) e partículas totais em suspensão também são poluentes com padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 491, mas não são parâmetros utilizados pela rede automática da FEPAM para elaboração do IQAr [18]. A rede FEPAM também mede em algumas estações os poluentes hidrocarbonetos totais (HCs), metano (CH<sub>4</sub>) 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.

### 2.3.1 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 [5]. Se prolongada, a inalação desse gás é capaz de provocar de leves a fortes dores de cabeça, tonturas e náuseas [4]. 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 [6].





### 2.3.2 *Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>)*

Os principais óxidos de nitrogênio se tratam de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e óxido nítrico (NO). O NO<sub>2</sub> é um gás tóxico, altamente oxidante, podendo ser emitido, principalmente, a partir da queima de combustíveis fósseis em motores veiculares ou em indústrias [10, 14]. Além das fontes antropogênicas, este gás pode ser produzido na própria atmosfera, através da reação do oxigênio com o NO, outro poluente atmosférico [11]. Contudo, o NO não é consideravelmente tóxico, é apenas um gás muito instável, por isso reage facilmente com o oxigênio [13]. A inalação de NO<sub>2</sub> pode provocar graves problemas respiratórios, como pneumonia e bronquite [12].

### 2.3.3 *Partículas inaláveis (PI10)*

Partículas inaláveis 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 [15, 16]. As PI10 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 [17].

### 2.3.4 *Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)*

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 SO<sub>2</sub> estão irritações as mucosas dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório, causando tosse e agravando doenças respiratórias [7,8]. O SO<sub>2</sub> presente na atmosfera corrobora para a formação da chuva ácida [9].

### 2.3.5 *Ozônio (O<sub>3</sub>)*

O ozônio é um gás que apresenta instabilidade, é muito reativo e fortemente oxidante. O O<sub>3</sub> é produzido durante o *smog* fotoquímico, que é caracterizado por uma série de reações que ocorrem entre o oxigênio e o NO<sub>2</sub>, catalisadas pela luz do sol [1]. Os hidrocarbonetos





voláteis também são citados como precursores da formação de  $O_3$  na atmosfera. O  $O_3$  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 [2]. A inalação de  $O_3$  provoca danos às proteínas, levando a produção de radicais livres, que contribuem para a ocorrência de doenças de pele, como eczema e urticária [3]. Além disso, o  $O_3$  causa inflamação das vias aéreas, diminuindo a capacidade pulmonar, aumentando os sintomas de asma e outras doenças respiratórias [4].

## 2.4 Analisadores e Metodologia

A metodologia dos analisadores integrantes da rede Ar do Sul é apresentada na Tabela 2, sendo que apenas analisadores de fabricantes cujo método é aprovado pela *Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos da América (EPA-US) são utilizados.

**Tabela 2: Princípios de medição específicos para cada poluente.**

POLUENTE	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas Inaláveis – PI10	Radiação Beta / 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.

## 2.5 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:

- $SO_2$  – médias aritméticas de 24 horas;





- PI10 – médias aritméticas de 24 horas;
- NO<sub>2</sub> – máxima diária das médias de 1 hora;
- O<sub>3</sub> – máxima média móvel de 8 horas diária;
- CO – máxima média móvel de 8 horas diária.

## 2.6 Representatividade dos Dados de Qualidade do Ar

O estabelecimento de critérios de representatividade de dados é de extrema importância em todos os sistemas de monitoramento. Os resultados obtidos em redes de monitoramento automáticas podem conter lacunas no banco de dados gerados, que poderão ser devidas a diversos fatores desde falhas operacionais, problemas de manutenção dos equipamentos, *softwares*, comunicação, energia, etc. Portanto, a adoção e sistematização destes critérios garantem a confiabilidade dos referidos resultados.

Os critérios de representatividade de dados empregados pela rede Ar do Sul são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: 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	≥ 1/2 das médias válidas em cada quadrimestre (por estação do ano)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.7 Percentual de Dados Válidos

A Tabela 4 apresenta o percentual de dados válidos obtidos para cada poluente em cada estação de monitoramento para o ano de 2022, 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).





**Tabela 4: Percentual de dados válidos por poluente por estação em 2022.**

ESTAÇÃO	Poluente	Outono (%)	Inverno (%)	Primavera (%)	Verão (%)	Anual (%)
Canoas/PU	CO	15,1	55,1	97,0	11,4	44,6
	O <sub>3</sub>	13,6	96,4	100,0	57,4	66,9
	NO <sub>2</sub>	15,1	98,9	98,8	58,1	67,7
	SO <sub>2</sub>	8,4	87,0	100,0	54,0	62,4
	PI10	0,0	79,8	97,6	56,0	58,4
Esteio/PE	CO	100,0	68,8	97,6	48,5	78,7
	O <sub>3</sub>	99,2	91,2	100,0	97,7	97,0
	NO <sub>2</sub>	58,8	12,5	28,9	67,6	42,0
	SO <sub>2</sub>	100,0	91,1	99,9	97,8	97,2
	PI10	93,4	90,7	99,6	94,9	94,7
Gravataí/JT	CO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	O <sub>3</sub>	73,8	76,2	84,2	22,0	64,1
	NO <sub>2</sub>	19,5	34,5	0,0	0,0	13,5
	SO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	PI10	0,0	32,7	0,0	0,0	8,2
Triunfo/Polo Petroquímico	CO	92,7	92,9	91,4	93,9	92,7
	O <sub>3</sub>	0,0	46,9	90,8	11,4	37,3
	NO <sub>2</sub>	94,0	93,5	92,4	98,0	94,5
	SO <sub>2</sub>	91,4	59,2	88,7	88,9	82,1
	PI10	50,1	0,0	0,0	85,4	33,9
Guaíba/Parque 35	CO	89,2	93,4	99,1	71,1	88,2
	O <sub>3</sub>	97,0	98,7	99,1	89,2	96,0
	NO <sub>2</sub>	95,7	10,9	0,0	78,3	46,2
	SO <sub>2</sub>	97,8	99,4	99,5	89,7	96,6
	PI10	11,8	99,5	97,9	13,6	55,7
Rio Grande/Porto-FURG	CO	86,8	64,3	43,3	76,8	67,8
	O <sub>3</sub>	64,9	64,7	43,5	66,8	60,0
	NO <sub>2</sub>	84,8	6,9	20,0	66,0	44,5
	SO <sub>2</sub>	83,1	6,9	30,5	75,5	49,0
	PI10	40,8	43,2	37,5	27,6	37,3

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Células destacadas em vermelho na Tabela 4 indicam que não houve dados suficientes para obter a representatividade anual ou para determinada estação do ano, conforme critério anual da Tabela 3 do item 2.6.





## 2.8 Índice de Qualidade do Ar

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: “Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má”, “Péssima” e “Crítica”, que são respectivamente associadas às cores: verde, amarelo, laranja, vermelho, roxo e preto.

O IQAr proposto pela FEPAM é obtido através de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão baseiam-se nos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e nos critérios para episódios agudos da poluição do ar estabelecidos conforme a Resolução CONAMA 491 de 19/11/2018 [16], para os seguintes poluentes atmosféricos: Partículas Inaláveis (PI10), Dióxido de Enxofre, Dióxido de Nitrogênio, Ozônio e Monóxido de Carbono.

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 ultrapassagem dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar identifica qualidade INADEQUADA (IQAr maior que 100). A qualidade MÁ (IQAr maior que 199) indica a ultrapassagem do Nível de Atenção, a qualidade PÉSSIMA indica a ultrapassagem do Nível de Alerta (IQAr maior que 299) e a qualidade CRÍTICA, a ultrapassagem do Nível de Emergência (IQAr maior que 399). A Figura 6 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	PI2,5 (µg/m³)	PI10 (µg/m³)	S02 (µg/m³)	NO2 (µg/m³)	CO (ppm)	O3 (µg/m³)
Boa	0-40	Seguro à Saúde	0-25	0-50	0-20	0-200	0-9,0	0-100
Regular	41-100	Tolerável	26-60	51-120	21-125	201-260	****	101-140
Inadequada	101-199	Insalubre para Grupos Sensíveis	61-124	121-249	126-799	261-1129	9,1-14,9	141-199
Má	200-299	Muito Insalubre (Nível de Atenção)	125-209	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	200-399
Péssima	300-399	Perigoso (Nível de Alerta)	210-249	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	400-599
Crítica	400 ou maior	Muito Perigoso (Nível de Emergência)	≥ 250	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 600

Os índices com classificação BOA ou REGULAR, atendem aos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 491 de 19/11/2018.

**Figura 6:** Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.  
**Fonte:** FEPAM.

A Tabela 5 mostra o número de dias no ano de 2022 em que cada estação de monitoramento atingiu determinada categoria do IQAr.

**Tabela 5: IQAr registrado nas estações de monitoramento em 2022.**

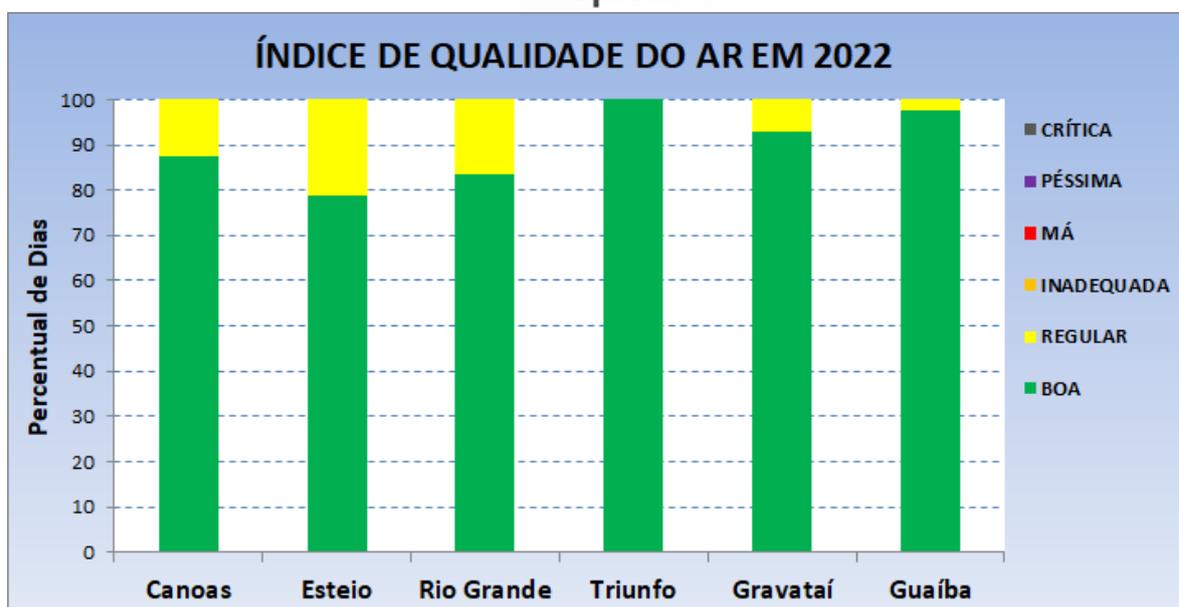
2022 (TOTAL)	Canoas	Rio Grande	Esteio	Triunfo (Polo Petroquímico)	Gravatá	Guaíba	TOTAL (%)
Nº dias IQAr BOM	217	206	280	342	210	348	90,36
Nº dias IQAr REGULAR	31	41	75	0	16	8	9,64
Nº dias IQAr INADEQUADO	0	0	0	0	0	0	0,00
Nº dias IQAr MÁ	0	0	0	0	0	0	0,00
Nº dias IQAr PÉSSIMO	0	0	0	0	0	0	0,00
Nº dias IQAr CRÍTICO	0	0	0	0	0	0	0,00
Total de dias com IQAr avaliado	248	247	355	342	226	356	---

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Conforme o IQAr obtido e considerando o somatório das cinco estações atualmente em operação na rede Ar do Sul, observa-se que em 2022 tivemos 90,36% dos dias com qualidade do ar boa e 9,64% com qualidade regular. Não houve registros de qualidade “inadequada” ou pior no ano de 2022.

A Figura 7 mostra o gráfico do IQAr, por percentual de dias, de cada estação de monitoramento.





**Figura 7:** Gráfico do IQAr por Estação de Monitoramento.  
**Fonte:** FEPAM.

## 2.9 Dados do Monitoramento

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 Tabela 4, apresentada no item 2.7 deste relatório, mas foram mantidos para registro e avaliação de tendência.





### 2.9.1 Concentração média anual

Na Tabela 6 são apresentadas, para o ano de 2022, as médias anuais de concentração dos poluentes ozônio (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e partículas inaláveis (PI10).

**Tabela 6: Concentração média anual dos poluentes por estação em 2022.**

ESTAÇÃO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PI10	SO <sub>2</sub>
	Média Horária Anual			Média Diária Anual	
	µg/m <sup>3</sup>		ppm	µg/m <sup>3</sup>	
Canoas/PU	8,2	22,0	2,0	19,4	12,5
Esteio/PE	16,3	21,3	2,5	17,8	15,8
Gravataí/JT	3,6	38,4	---	16,4	---
Triunfo/Polo Petroquímico	6,5	15,6	0,1	13,6	1,3
Rio Grande/Porto-FURG	11,1	42,6	1,4	31,4	13,8
Guaíba/Parque 35	12,6	24,9	0,8	25,1	1,8
Padrão de Qualidade (Conama 491/2018)	60	---	---	40	40

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

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostram que a concentração dos poluentes PI10, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> se mantiveram abaixo dos padrões de qualidade anual estabelecidos, conforme Resolução CONAMA 491/18. Não há padrões de qualidade anual estabelecidos para O<sub>3</sub> e CO.

### 2.9.2 Concentração nos últimos cinco anos [19]

#### Ozônio (O<sub>3</sub>)

**Tabela 7: Concentração média anual de O<sub>3</sub> nos últimos 5 anos.**

O <sub>3</sub> - MÉDIA HORÁRIA ANUAL – µg/m <sup>3</sup>					
ESTAÇÃO	2018	2019	2020	2021	2022
Canoas/PU	11,2	26,1	24,4	28,4	22,0
Esteio/VE e Esteio/PE **	12,0	12,5	12,7	21,9	21,3
Gravataí/JT	30,1	23,3	35,5	33,6	38,4
Triunfo/Polo Petroquímico	29,3	28,6	29,0	26,3	15,6
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	---	42,6
Guaíba/Parque 35	31,1	30,8	31,3	27,8	24,9
MÉDIA GERAL*	24,4	27,2	30,1	27,6	23,1

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

\*\* Nos anos de 2018 e 2019 a estação estava localizada em Esteio/VE. De 2020 a 2022 em Esteio/PE.

Fonte: Elaborado pelo autor.





Os dados mostram que não houve alteração significativa dos teores médios de O<sub>3</sub> no ambiente nos últimos 5 anos.

### Monóxido de Carbono (CO)

**Tabela 8: Concentração média anual de CO nos últimos 5 anos.**

CO - MÉDIA HORÁRIA ANUAL - ppm					
ESTAÇÃO	2018	2019	2020	2021	2022
Canoas/PU	0,3	0,3	0,2	---	2,0
Esteio/VE e Esteio/PE **	0,5	0,2	0,7	1,6	2,5
Gravataí/JT	0,4	0,2	0,2	0,2	---
Triunfo/Polo Petroquímico	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	---	1,4
Guaíba/Parque 35	0,4	1,9	0,5	0,5	0,8
MÉDIA GERAL*	0,4	0,7	0,4	0,7	0,5

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

\*\* Nos anos de 2018 e 2019 a estação estava localizada em Esteio/VE. De 2020 a 2022 em Esteio/PE.

Fonte: Elaborado pelo autor.

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

### Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

**Tabela 9: Concentração média anual de SO<sub>2</sub> nos últimos 5 anos.**

SO <sub>2</sub> – MÉDIA DIÁRIA ANUAL - µg/m <sup>3</sup>					
ESTAÇÃO	2018	2019	2020	2021	2022
Canoas/PU	12,3	16,4	7,8	15,2	12,5
Esteio/VE e Esteio/PE **	9,2	19,8	11,2	17,2	15,8
Gravataí/JT	1,3	1,3	1,3	1,5	---
Triunfo/Polo Petroquímico	1,5	1,3	1,4	1,4	1,3
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	---	13,8
Guaíba/Parque 35	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
MÉDIA GERAL*	6,0	6,3	3,5	8,8	8,6

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

\*\* Nos anos de 2018 e 2019 a estação estava localizada em Esteio/VE. De 2020 a 2022 em Esteio/PE.

Fonte: Elaborado pelo autor.





A concentração média anual de SO<sub>2</sub> ao longo dos últimos 5 anos se manteve baixa sem alteração significativa. As estações de Esteio, Canoas e Rio Grande apresentam concentrações de SO<sub>2</sub> maiores que as demais estações, provavelmente em função da influência das atividades industriais do seu entorno.

### Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

**Tabela 10: Concentração média anual de NO<sub>2</sub> nos últimos 5 anos.**

NO <sub>2</sub> – MÉDIA HORÁRIA ANUAL - µg/m <sup>3</sup>					
ESTAÇÃO	2018	2019	2020	2021	2022
Canoas/PU	15,8	12,9	13,8	11,4	8,2
Esteio/VE e Esteio/PE **	16,1	14,9	12,8	17,5	16,3
Gravataí/JT	11,6	8,8	5,6	10,9	3,6
Triunfo/Polo Petroquímico	4,0	3,4	---	9,2	6,5
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	---	11,1
Guaíba/Parque 35	9,2	9,9	12,8	12,7	12,6
<b>MÉDIA GERAL *</b>	<b>13,2</b>	<b>10,5</b>	<b>10,7</b>	<b>11,1</b>	<b>6,5</b>

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

\*\* Nos anos de 2018 e 2019 a estação estava localizada em Esteio/VE. De 2020 a 2022 em Esteio/PE.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os dados mostram que o poluente NO<sub>2</sub> não tem apresentado alterações significativas de sua concentração no ambiente nos últimos anos.

### Partículas Inaláveis (PI10)

**Tabela 11: Concentração média anual de PI10 nos últimos 5 anos.**

PI10 – MÉDIA DIÁRIA ANUAL – µg/m <sup>3</sup>					
ESTAÇÃO	2018	2019	2020	2021	2022
Canoas/PU	21,0	21,9	16,5	16,6	19,4
Esteio/VE e Esteio/PE **	16,9	16,0	19,8	20,3	17,8
Gravataí/JT	15,3	16,9	16,5	16,4	16,4
Triunfo/Polo Petroquímico	11,7	20,4	33,5	20,0	13,6
Rio Grande/Porto-FURG	---	---	---	---	31,4
Guaíba/Parque 35	25,2	26,9	25,9	25,7	25,1
<b>MÉDIA GERAL *</b>	<b>19,6</b>	<b>21,9</b>	<b>19,6</b>	<b>19,8</b>	<b>21,5</b>

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

\*\* Nos anos de 2018 e 2019 a estação estava localizada em Esteio/VE. De 2020 a 2022 em Esteio/PE.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.





Os dados de PI10 se mantiveram praticamente constantes aos longos dos últimos 5 anos de monitoramento.

### 2.9.3 Concentração máxima anual

A Tabela 12 apresenta a concentração máxima anual obtida para cada poluente na respectiva Estação de Monitoramento.

**Tabela 12: Concentração máxima anual dos poluentes por estação em 2022.**

ESTAÇÃO	O <sub>3</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	PI10	SO <sub>2</sub>
	Máxima 8h móvel anual		Máxima horária anual	Máxima diária anual	
	ppm	µg/m <sup>3</sup>			
Canoas/PU	115,4	4,3	102,1	43,6	90,4
Esteio/PE	108,3	6,7	70,8	64,6	78,4
Gravataí/JT	132,5	---	61,1	34,8	---
Triunfo/Polo Petroquímico	73,9	0,5	70,6	27,7	6,9
Rio Grande/Porto-FURG	114,5	3,2	75,4	116,9	40,1
Guaíba/Parque 35	117,7	8,8	91,2	64,9	5,1
Padrão de Qualidade (Conama 491/2018)	140	9	260	120	125

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

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Conforme os dados se observa que em 2022 todos os poluentes monitorados não apresentaram nenhum registro de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar em nenhuma das estações de monitoramento.





### 3 CONCLUSÕES

Os dados de monitoramento da qualidade do ar obtidos ao longo do ano de 2022 pela rede Ar do Sul em seis estações de monitoramento localizadas nas cidades de Canoas, Esteio, Gravataí, Rio Grande, Triunfo e Guaíba mostraram que não houve ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 para os poluentes SO<sub>2</sub>, CO, PI10, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>.

Em termos de concentrações médias anuais, observou-se que em 2022 não houve alteração significativa das concentrações destes poluentes no ambiente em relação aos últimos quatro anos anteriores.

Os dados coletados em 2022 para as seis estações de monitoramento em termos de IQAr, mostraram que tivemos 90,36% dos dias com qualidade do ar boa e 9,64% com qualidade regular. Não houve registros de qualidade “inadequada” ou pior no ano de 2022.

Em suma, nos locais do Estado onde se dispõe de estação de monitoramento automática da qualidade do ar, os dados do monitoramento obtidos pela rede Ar do Sul da FEPAM para o ano de 2022 mostram que os níveis dos poluentes presentes na atmosfera se mantiveram constantes em relação aos anos anteriores e atenderam aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela atual legislação.





#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] 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: 14 fev. 2023.

[2] 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: 14 fev. 2023.

[3] 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: 14 fev. 2023.

[4] 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.

[5] 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 fev. 2023.

[6] OLIVEIRA, E., BONK, B., FELIX, E.P., et al. Adsorção de Monóxido de Carbono em Carvão Ativado Convencional e Impregnado com 5% de Nióbio. **Revista Matéria**, v.26, n.4, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/46223>. Acesso em 15 fev.2023.

[7] 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](https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105045.pdf). Acesso em: 16 fev. 2023.





[8] 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: 16 fev.2023.

[9] 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: 16 fev. 2023.

[10] 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 (NO<sub>2</sub>) 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 17 fev. 2023

[11] 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 NO<sub>2</sub>, 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: 17 fev. 2023.

[12] 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>

[13] AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. (org.). **Óxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>)**. Disponível em: <https://apambiente.pt/index.php/ar-e-ruído/poluentes>. Acesso em: 28 fev. 2023.

[14] 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<sub>x</sub> 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: 28 fev. 2023.





[15] 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: 02 mar. 2023.

[16] ORGANIZATION, World Health. **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: 02 mar. 2023.

[17] 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: 02 mar. 2023.

[18] BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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.

[19] FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. **Rede Estadual de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar Relatório 2021.** Porto Alegre, 2022. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/relatorios-de-qualidade-do-ar>. Acesso em 23 Fev. 2023.

[20] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 04 Fev. 2022.

[21] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. Disponível em <http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>. Acesso em 04 Fev. 2022.

[22] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Air Resources Laboratory.** Disponível em <http://www.arl.noaa.gov/>. Acesso em 04 Fev. 2022.

