

ANEXO III – Poluentes Atmosféricos /Qualidade do Ar

**Estudo de Dispersão Atmosférica - Região da UTE Candiota III
Candiota/RS**



Dezembro/2025

**Estudo de Dispersão Atmosférica - Região da UTE Candiota III
ANEXO III – Poluentes Atmosféricos/Qualidade do Ar**

Índice

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	05
3. ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR).....	09
4. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	10
4.1. Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da AMBAR.....	10
4.2. Análise da Qualidade do Ar na Região de Candiota-RS.....	12

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução CONAMA 506/2024, poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Os poluentes atmosféricos são oriundos de fontes naturais (biogênicas) e antrópicas e podem atuar como reagentes ou catalisadores em reações químicas que ocorrem na atmosfera, transformando-se em outros compostos (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2004). São exemplos de fontes naturais a maresia, as atividades vulcânicas, a decomposição microbiana, entre outras. As fontes antrópicas se dividem entre móveis e fixas. Fontes fixas (ou estacionárias) ocupam área relativamente limitada, dentre elas citam-se indústrias, usinas termelétricas, refinarias, indústrias cimenteiras, metalúrgicas, incineradores de resíduos, etc. As fontes móveis são aquelas distribuídas de maneira difusa e, assim, compreendem veículos automotores como carros, ônibus, caminhões, trens, aviões, embarcações marítimas e veículos automotores que por estarem em constante movimento, a emissão de poluentes ocorre de maneira distribuída tornando o seu monitoramento mais complexo.

Destaca-se que os diversos poluentes lançados na atmosfera estão sujeitos a transformações químicas, especialmente na camada da Troposfera (região da superfície terrestre até cerca de 15km), pois essa contém 85% da massa da atmosfera e é onde ocorrem as reações químicas e o transporte dos componentes gasosos e das partículas emitidas nos oceanos e continentes. A maioria dos gases existentes na troposfera são gradualmente oxidados através de reações com radicais livres. Esses radicais são formados principalmente por reações fotoquímicas, ou seja, desencadeadas pela energia fornecida pela radiação solar (BAIRD, 2002).

O presente estudo está voltado para a análise da dispersão dos poluentes emitidos por empreendimentos termelétricos na região de Candiota. As usinas termelétricas são enquadradas como fontes estacionárias (fonte fixa) contínuas, o que permite avaliação direta da dispersão atmosférica dos poluentes lançados pelas mesmas.

Para geração de energia nas usinas termelétricas, é necessária a queima do carvão, o que acarreta o lançamento na atmosfera de substâncias como: material

particulado, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. As taxas de emissão desses poluentes dependem do tipo de carvão (teor de cinzas e enxofre), da tecnologia envolvida no processo de combustão e dos equipamentos de controle de poluição instalados nas usinas.

2. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar de uma região é influenciada diretamente pelos níveis de poluição atmosférica, os quais são vinculados a complexo sistema de fontes emissoras estacionárias (indústrias, queima de lixo, emissões naturais, etc.) e móveis (veículos automotores, aviões, trens, etc.).

Segundo Lyons e Scott (1990) e Seinfeld (1986) as substâncias usualmente consideradas poluentes do ar podem ser classificadas como segue:

- Material Particulado/Partículas em Suspensão: mistura de compostos no estado sólido ou líquido;
- Compostos de enxofre: óxidos (SO_2 , SO_3), gás sulfídrico (H_2S), sulfatos (SO_4^{-2});
- Monóxidos de carbono;
- Compostos de nitrogênio (NO , NO_2), amônia (NH_3), ácido nítrico (HNO_3);
- Compostos halogenados: ácido clorídrico (HCl), ácido fluorídrico (HF), cloretos, fluoretos;
- Compostos orgânicos: hidrocarbonetos, alcoóis, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos.

Na Tabela , verificamos os principais poluentes atmosféricos gerados por diversos tipos de fontes antropogênicas e naturais de poluição do ar.

Tabela 1 - Principais poluentes atmosféricos.

Fontes	Poluentes
Combustão	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos
Processos Industriais	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, gás sulfídrico, mercaptanas, fluoretos, ácido clorídrico, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos...
Queima de Resíduos Sólidos	Material Particulado
	Óxidos de enxofre, ácido clorídrico, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos
Veículos Automotores,	Material Particulado

Motocicletas, Locomotivas, Aviões	Monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos...
Naturais	Material Particulado Dióxido de enxofre, gás sulfídrico, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos...
Reação Química na Atmosfera	Ozônio, aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos...

Existem outros poluentes atmosféricos classificados como perigosos, em razão de seu elevado potencial toxicológico. A legislação dos Estados Unidos registra mais de 300 substâncias tóxicas que, se lançadas na atmosfera, seus responsáveis devem informar à população as quantidades emitidas anualmente.

Constituem exemplos destes poluentes perigosos: chumbo, benzeno, tolueno, xileno, materiais orgânicos policíclicos, cromo, cádmio, etc. Em geral, estas substâncias não são abundantes na atmosfera mesmo onde exista concentração urbana, mas podem estar presentes em áreas próximas a instalações industriais e em consequência da densidade da frota circulante de veículos automotores, em determinada região.

As emissões de poluentes atmosféricos, associadas às características topográficas e meteorológicas, determinam os níveis de qualidade do ar da área ou região e, conseqüentemente, os possíveis efeitos adversos ao homem, aos animais, às plantas e aos materiais em geral.

A avaliação do significado das concentrações de poluentes é realizada através da comparação com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 506 de 05 de julho de 2024 (Tabela 2).

A Resolução CONAMA 506/2024 define o padrão de qualidade do ar como 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. A avaliação das concentrações médias de 24 horas e das concentrações Anuais, para o poluente PM₁₀ calculadas pelo modelo, serão comparadas com os padrões de qualidade do ar

estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução nº 506/2024 (Tabela 2).

Os padrões de qualidade do ar são classificados como: padrões de qualidade do ar intermediários (PI), estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas, e padrão de qualidade do ar final (PF). Conforme indicação da Resolução 506/2024, a primeira etapa, que compreende os padrões de qualidade do ar intermediários PI-1, teve vigência até o dia 31 de dezembro de 2024. Os padrões de qualidade do ar intermediários PI-2 entraram em vigor dia 1 de janeiro de 2025.

Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução nº 506 de 05 de julho de 2024.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
Material Particulado – MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado – MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre – SO ₂	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio – NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
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	Anual ¹	-	-	-	-	0,5	-
¹ – média aritmética anual							
² – média horária							
³ – máxima média móvel obtida no dia							
⁴ – média geométrica anual							
⁵ – medido nas partículas totais em suspensão							

Para fins de comparação com a Resolução CONAMA 506/2024, os resultados da modelagem para os poluentes considerados nesse estudado são somados às concentrações de fundo da região e, com isso, determina-se o acumulado resultante de concentrações. Como concentração de fundo, consideram-se as concentrações máximas anuais das Estações de Qualidade do Ar (EQAs) instaladas na região do empreendimento. Os resultados do modelo de dispersão CALPUFF são somadas as

concentrações da tabela, considerando assim o pior cenário de informações. As concentrações de O₃, simuladas pelo modelo CAMx, não são somados à concentração de fundo pelo fato do poluente O₃ não ser monitorado pelas EQAs.

3. ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR)

Conforme o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2019), o Índice de Qualidade do Ar (IQAr) foi criado para facilitar a divulgação dos dados de monitoramento de qualidade do ar, facilitando o entendimento dos resultados. O IQAr é representado por um valor adimensional e uma cor específica, que classifica a qualidade do ar em uma região com base no valor da concentração mássica (dada em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorada ou simulada. Esse procedimento facilita a comunicação à população em geral, evitando a necessidade do entendimento de definições e resultados técnicos.

A Tabela 3 mostra os valores de IQAr para os poluentes aqui estudados, Dióxido de Enxofre (SO_2), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Partículas Inaláveis (PM_{10}) e Ozônio troposférico (O_3). A tabela apresenta as notas para a qualidade do ar (Boa, Moderada, Ruim, Muito Ruim, Péssima) relacionadas à intervalos de concentrações médias móveis de 8 h. Ressalta-se que a classificação da qualidade do ar como "boa" é o valor recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), considerados o mais seguros para a saúde humana (OMS, 2006).

Tabela 3 - Índice de Qualidade do Ar (IQAr). Fonte: MMA (2019)

Qualidade	Índice	$\text{MP}_{10}(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 24h	$\text{SO}_2(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 24h	$\text{CO}(\text{ppm})$ 8h	$\text{NO}_2(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 1h	$\text{O}_3(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 8h
N1 - Boa	0 - 40	0-45	0 - 40	0 - 9	0 - 200	0 - 100
N2-Moderada	41-80	>45-100	>40-50	>9-11	>200-240	>100-130
N3-Ruim	81-120	>100-150	>50-125	>11-13	>200-240	>100-130
N4-Muito Ruim	121-200	>150-250	>125-800	>13-15	>200-240	>100-130
N5-Péssima	201-400	>250-600	>800-2620	>15-50	>200-240	>100-130

4. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

O monitoramento da qualidade do ar, associado à análise da dispersão de poluentes na atmosfera (por ex., análise do comportamento e concentração de material particulado inalável em função de variáveis como vento, precipitação, etc.), tem se tornado cada vez mais imprescindível. A atmosfera tem sido fortemente impactada pela ação antrópica, daí advém a importância de monitorá-la, não apenas compreender mas também para amenizar os danos provocados pela poluição atmosférica.

Nesse contexto, fenômenos meteorológicos, por estarem diretamente associados ao ar através da circulação atmosférica, podem favorecer ou dificultar os processos de dispersão de contaminantes, justificando assim a importância de haver uma rede de pontos de observações em superfície. Tais estações têm a função de gerar e fornecer dados para o monitoramento e a análise da qualidade do ar. Dessa forma, são essenciais para que ações de prevenção e/ou redução de impactos ambientais possam ser melhor planejadas e executadas.

As características físicas, técnicas e espaciais da rede de monitoramento de qualidade do ar existente na região de Candiota são apresentadas a seguir.

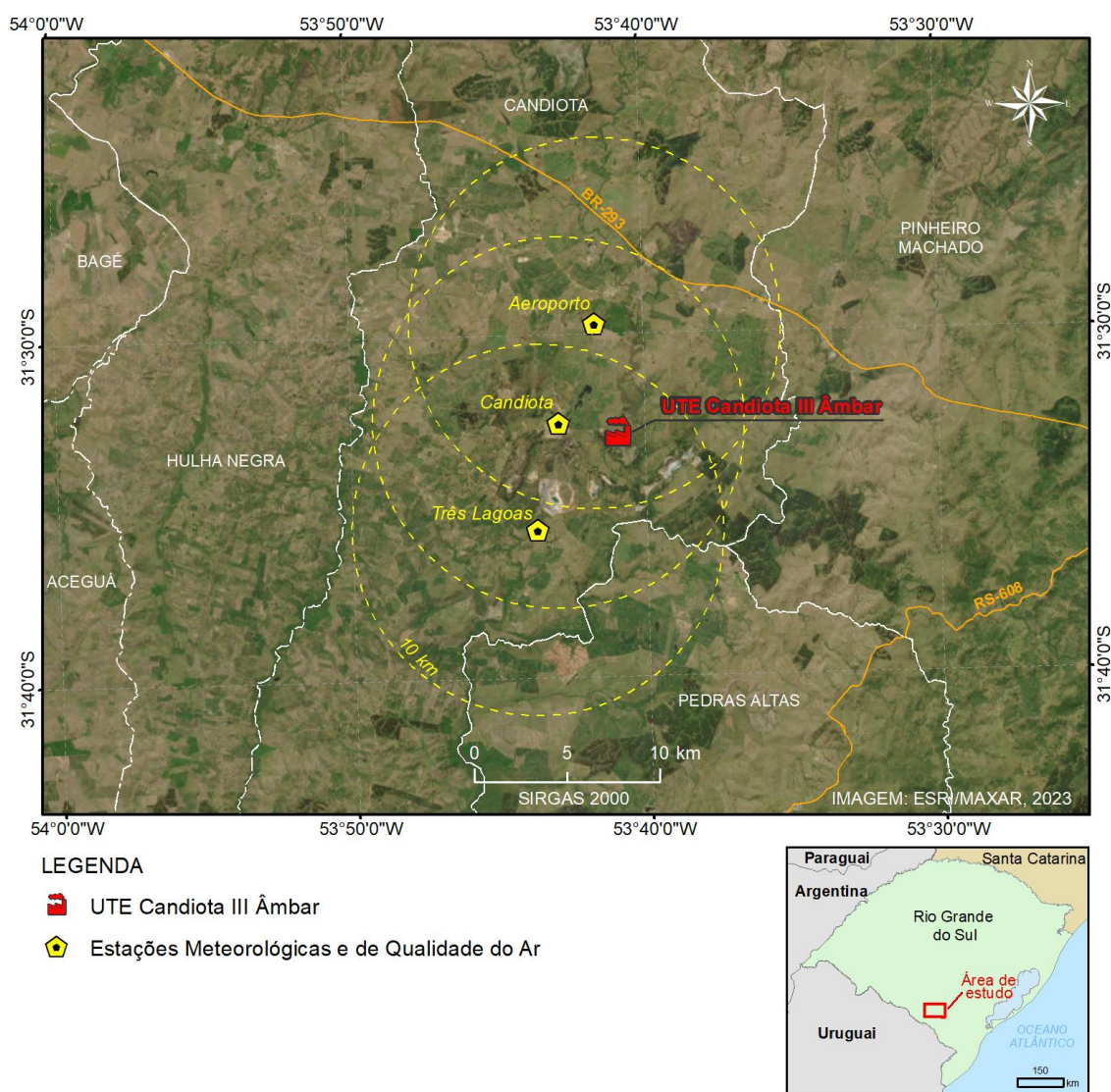
4.1. Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da AMBAR

Em 2011, a Eletrobrás CGTEE modernizou sua rede de estações de monitoramento na região e desde então vem monitorando a qualidade do ar, a qualidade da chuva e as condições meteorológicas na área de influência direta da UTE Candiota III, abrangendo cerca de 3.600 km².

A área abrange todo o município de Candiota e ainda total ou parcialmente os municípios vizinhos de Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá (Aceguá (Sede) e Colônia Nova). A Tabela apresenta as coordenadas geográficas de cada ponto da rede de monitoramento de propriedade da Eletrobrás CGTEE instalada na região. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra o mapa com a distribuição espacial dessas estações e seu raio de cobertura médio de 10 km (KIRCHENGAST, G.; KABAS, T.; LEUPRECHT, A.; BICHLER, C.; TRUHETZ, H., 2014).

Tabela 3 - Coordenadas da localização da UTE Candiota III e da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar

Estação	Latitude	Longitude
Usina Termelétrica Candiota III	31°33'8.70"S	53°40'56.56"W
Aeroporto	31°29'42.80"S	53°41'38.00"W
Candiota	31°32'35.77"S	53°42'55.87"W
Três Lagoas	31°35'42.30"S	53°43'42.70"W



Os parâmetros monitorados nas EQAs são definidos essenciais para o controle da qualidade do ar, segundo a Resolução CONAMA nº 506/2024, sendo eles: partículas inaláveis (PM₁₀), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂). Os registros de todos os parâmetros são realizados com frequência horária.

Por ser uma rede relativamente nova, ainda apresenta algumas deficiências como falhas na transmissão de dados ou problemas de calibração e medição, por exemplo. Para análise mais detalhada em relação aos dados de qualidade do ar foi escolhido o ano de 2024 pelo fato de ser o período anual completo mais recente. Apesar de haver falhas nos registros de qualidade do ar, pode-se observar na Tabela 4 que o percentual de dados válidos no ano de 2024 é superior a 90% em todas as EQAs.

Tabela 4 – Percentual de dados válidos de qualidade do ar na rede de monitoramento.

Estação	Variável	Dados Válidos (%)
Aeroporto	SO ₂	96,19
	NO ₂	96,74
	PM ₁₀	96,38
Candiota	SO ₂	94,33
	NO ₂	94,82
	PM ₁₀	94,41
Três Lagoas	SO ₂	91,47
	NO ₂	91,89
	PM ₁₀	91,13

4.2. Análise da Qualidade do Ar na Região de Candiota-RS

Para o adequado planejamento da distribuição espacial de uma rede de monitoramento da qualidade do ar, deve-se levar em conta fatores como a localização dos núcleos habitacionais, reservas ecológicas, áreas onde a qualidade do ar é restringida pela legislação, a declividade e a elevação do terreno e a existência de pontos estratégicos. Analisando a distribuição espacial das estações da UTE Candiota III na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é possível, em uma primeira análise, verificar que a rede de estações encontra-se bem distribuída no entorno da UTE Candiota III.

As EQAs da UTE Candiota III contam com a avaliação tanto de parâmetros de qualidade do ar (dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, material particulado) quanto de parâmetros meteorológicos, porém nem todas as estações avaliam todos os parâmetros.

As estações de Três Lagoas, Candiota e Aeroporto monitoram os parâmetros de qualidade do ar e, devido à localização, registram os poluentes provenientes da UTE Candiota III com pouca contribuição de outras fontes, pois a direção predominante do vento ao longo do ano é de nordeste para sudoeste. As estações de Três Lagoas e Candiota não registram a direção e velocidade do vento, não sendo possível correlacionar os registros de altas concentrações com sua origem sem o auxílio de outras informações, como a emissão pela UTE Candiota III.

As Figuras 1 a 3 apresentam as séries temporais das concentrações dos poluentes SO₂, PM₁₀ e NO₂ monitoradas nas EQAs Aeroporto, Candiota e Três Lagoas, de propriedade da Ambar Energia. As séries monitoradas apresentam registros de frequência horária para o NO₂ e de frequência diária para os poluentes SO₂ e PM₁₀, no ano de 2024.

Cada uma das figuras possibilita a comparação direta com os padrões de qualidade do ar legislados e com os Índices de Qualidade do Ar (IQAr). Estas informações permitem atestar o pequeno impacto atmosférico na área de influência da UTE Candiota III, para todos os poluentes monitorados. Em nenhum dia o padrão de qualidade do ar da Resolução CONAMA 506/2024 foi ultrapassado para os poluentes analisados. Com relação à classificação da qualidade do ar pelo IQAr, NO₂ e SO₂ apresentam classificação BOA e PM₁₀ apresenta classificação MODERADA em alguns dias, sendo que este último resultado pode estar sendo influenciado por outras fontes emissoras.

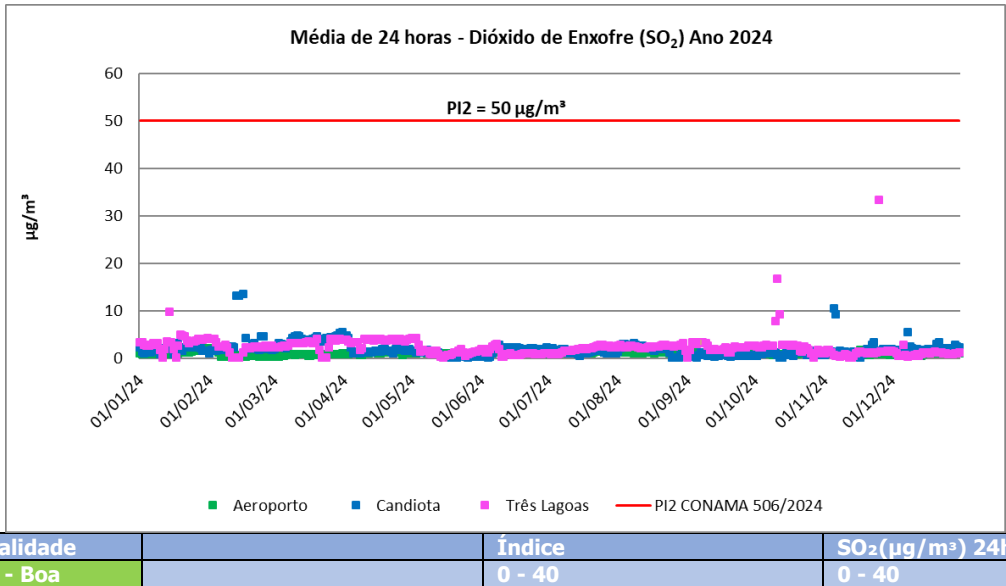


Figura 2 – Comparação dos dados de qualidade do ar SO₂ (médias de 24 horas), medidos na estação com a Resolução CONAMA e o Índice de Qualidade do Ar no ano de 2024.

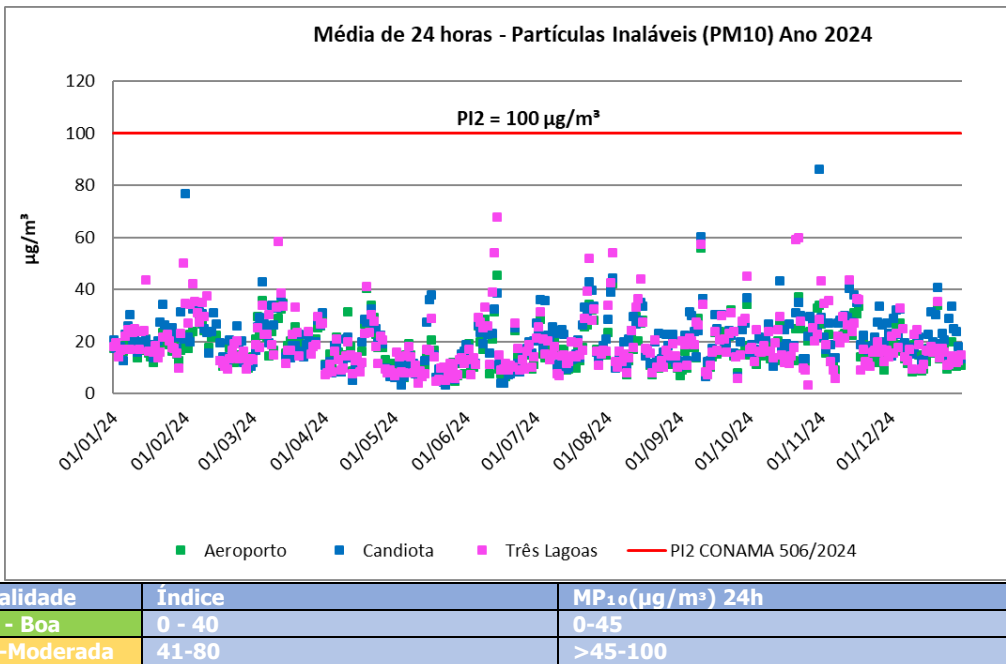


Figura 3 – Comparação dos dados de qualidade do ar PM₁₀ (médias de 24 horas), medidos na estação com a Resolução CONAMA e o Índice de Qualidade do Ar no ano de 2024.

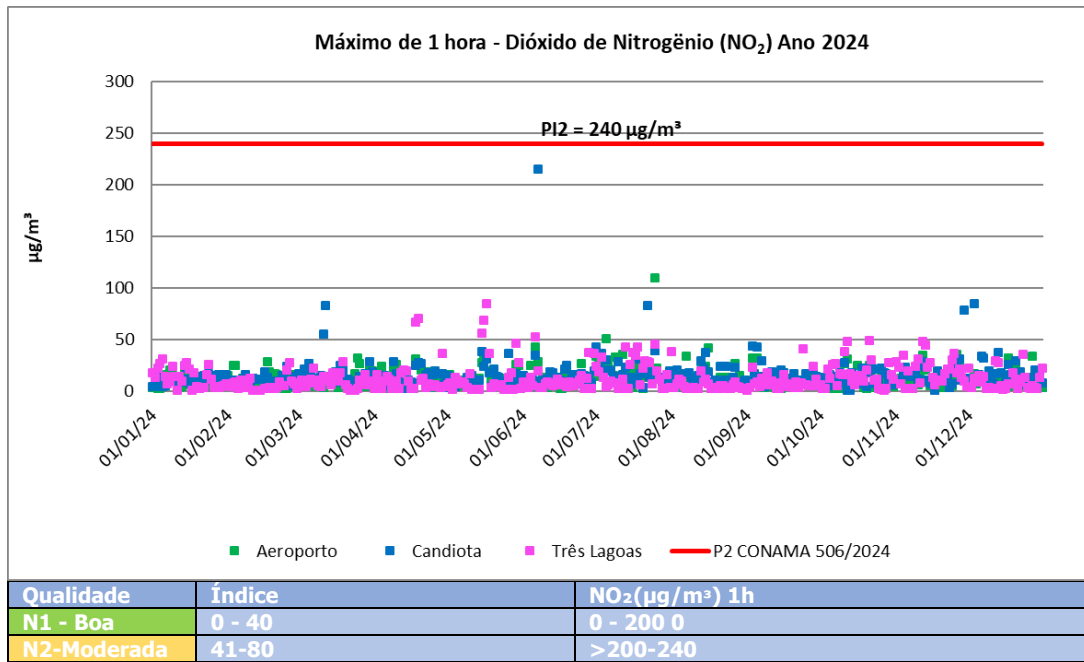


Figura 4 – Comparação dos dados de qualidade do ar NO₂ (máximos diários de 1 hora), medidos na estação com a Resolução CONAMA e o Índice de Qualidade do Ar no ano de 2024.