

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



**Dezembro/2025**

## Índice

|  | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUÇÃO  | 03   |
| 2. DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO                     | 05   |
| 2.1. Cenários Modelados                              | 08   |
| 2.2. Dados de Entrada – Fontes de Emissão            | 09   |
| 3. SÍNTESE DA MODELAGEM DE DISPERSÃO                 | 12   |
| 4. RESULTADOS  | 23   |
| 5. CONCLUSÕES  | 29   |
| 6. RECOMENDAÇÕES                                     | 31   |
| 6.1. Monitoramento da Meteorologia e Qualidade do Ar | 31   |
| 7. BIBLIOGRAFIA                                      | 31   |

# 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, na condição de país em desenvolvimento, apresenta demanda de energia elétrica crescente, fato esse que se manterá ao longo das próximas décadas de acordo com os Planos setoriais de médio e longo prazo (PDE 2022 e PNE 2030). Nesse contexto, o planejamento da ampliação da oferta de energia utilizando as várias fontes disponíveis é fundamental para garantir a segurança energética do país. Apesar dos esforços para manter a matriz elétrica predominantemente baseada em fontes renováveis, o ritmo de implantação de novas hidrelétricas e de novas fontes renováveis como a eólica e a solar não permite que o planejamento setorial renuncie as opções termelétricas baseadas em combustíveis fósseis. Além disso, as termelétricas apresentam características técnicas desejáveis ao sistema interligado nacional - SIN, como a possibilidade de instalação próxima aos centros de carga e a sua invulnerabilidade climática, entre outros.

As maiores reservas de carvão encontram-se na região sul do país, sendo a Jazida Candiota no Rio Grande do Sul a maior delas. O carvão brasileiro é considerado de baixa qualidade devido ao baixo poder calorífico, elevado teor de cinzas, enxofre e voláteis. Por essas características as plantas termelétricas se localizam nas proximidades das minas, de modo a reduzir custos de transporte. Além disso, a combustão do carvão acarreta emissão de poluentes atmosféricos que podem causar sérios impactos socioambientais, como problemas de saúde, chuva ácida, smog fotoquímico e alterações climáticas. No entanto com o emprego de equipamentos de controle adequados e uso de tecnologias menos poluentes, como as Clean Coal Technologies, esses impactos podem ser minimizados.

O estudo aqui apresentado, visa subsidiar a avaliação do órgão ambiental competente sobre a viabilidade técnica em relação a operação da UTE Candiota III, localizada em Candiota-RS. Para tanto, uma modelagem matemática de dispersão de gases poluentes na atmosfera, em diferentes cenários de emissão, está sendo considerada e, com isso, espera-se caracterizar situações de saturação ou instauração atmosférica na região.

Este relatório visa atender o OFÍCIO Nº 200/2025/COERT/CGTEF/DILIC e está dividido da seguinte forma:

- **Anexo I** – Georreferenciamento das áreas urbanas, escolas, hospitais e áreas de lazer;

Justificativa da seleção dos pontos receptores discretos que contemplam o atendimento ao Ofício Nº 200/2025, acompanhado das devidas justificativas.

- **Anexo II** – Descrição da Climatologia local e das características meteorológicas da Região;

Aqui encontra-se uma avaliação climatológica, uma avaliação regional e uma avaliação da meteorologia local da área de estudo, ilustrações gráficas das diferentes variáveis meteorológicas.

**- Anexo III** – Poluição Atmosférica e Qualidade do Ar;

No anexo IV encontra-se uma descrição da rede de monitoramento de qualidade do ar acompanhada de gráficos comparativos com a Resolução CONAMA 506/2024 e dos Índices de Qualidade do Ar.

**- Anexo IV** – Inventário de emissões atmosféricas das fontes existentes na região;

Neste Anexo encontram-se os cálculos utilizados para a modelagem das áreas de mineração bem como as informações das fontes de emissão das Termoelétricas PAMPA SUL e Candiota III.

**- Anexo V** – Descrição dos modelos numéricos utilizados no estudo;

Neste anexo é realizada a descrição dos diferentes modelos utilizados neste trabalho acompanhado da calibração e validação dos mesmos.

**- Anexo VI** – Resultados ilustrados através de mapas com as isolinhas de concentração dos poluentes aqui avaliados;

O anexo VI contempla as isolinhas de concentração dos diferentes poluentes (PM10, SO2, CO, NOx e O3) para os cenários A, B, C, D e E, conforme solicitação. As isolinhas estão representadas em formato georreferenciado com a localização dos devidos receptores discretos e as fontes de emissão, através dos mapas fica evidente o baixo impacto da UTE Candiota III nos pontos receptores discretos e nas áreas urbanas.

**- Anexo VII** – Validação dos Resultados da modelagem de dispersão dos poluentes.

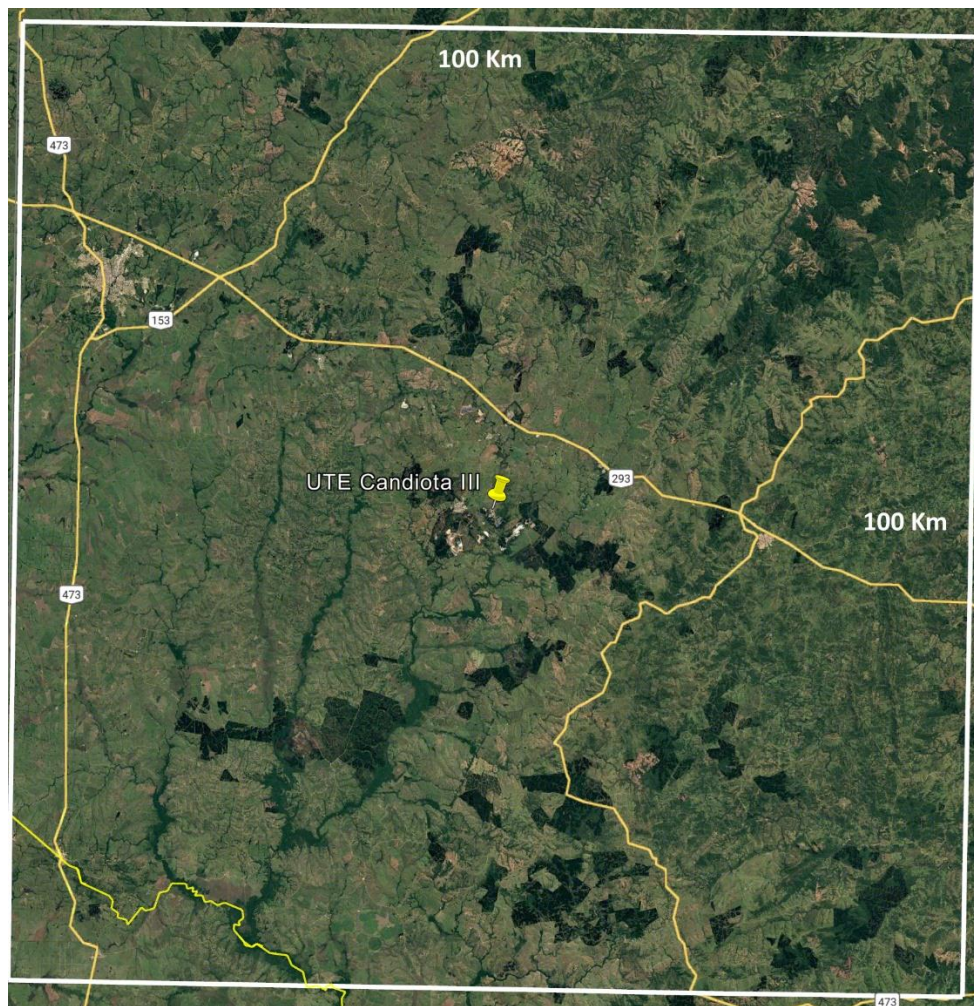
O Quadro 1 apresenta a correspondência entre os itens solicitados e as atividades atendidas nesse Relatório Técnico e os textos onde são abordados e distribuídos. Especificamente, os Itens VII Análise estatística de episódios críticos e VIII "Exposição típica da população", não foram abordados pelo fato de não haver episódios críticos sobre os receptores discretos e na área de influência do empreendimento e não haver informação sobre exposição crítica para obter conclusões.

**Quadro 1** – Correspondência entre os itens abordados e anexos ou textos correspondentes

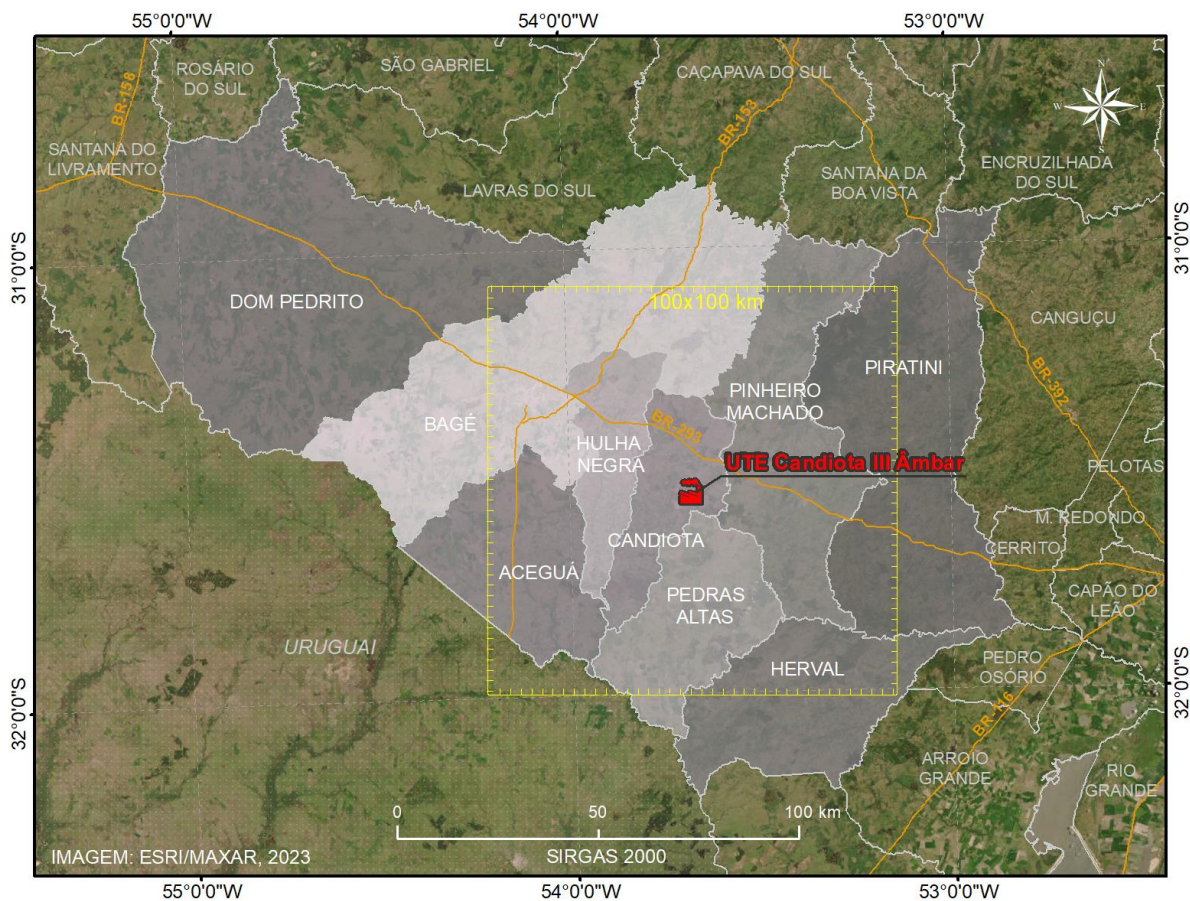
| <b>Item</b>   | <b>Anexo</b>                     |
|---|----------------------------------|
| I. Calibração do Modelo   | V                                |
| II. Justificativa da seleção dos receptores   | I                                |
| III. Resultados   | VI, VII                          |
| IV. Mapas de Isolinhas  | VI, VII                          |
| V. Avaliação dos impactos por cenário nos receptores                                    | VI, VII                          |
| VI. Avaliação do IQA  | VI, VII                          |
| VII. Análise estatística de episódios críticos  | Não ocorreram episódios críticos |
| VIII. Exposição típica da população   | Resumo Técnico                   |
| IX. Validação da modelagem  | II                               |
| X. Avaliação da rede de monitoramento atual   | Resumo Técnico                   |
| XI. Proposição de melhorias, se tivermos, que como conversamos deixaríamos para o IBAMA | Resumo Técnico                   |

## 2. DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO



A área de estudo localiza-se na região sul do Estado do Rio Grande do Sul e abrange 10.000 km<sup>2</sup> que englobam total ou parcialmente os municípios de Candiota, Aceguá, Bagé, Dom Pedrito, Herval, Hulha Negra, Pedras Altas, Piratini e Pinheiro Machado. A área é representada por uma grade de 100 por 100 km, onde o ponto central está fixado na Usina Termelétrica Candiota III, cujas coordenadas UTM são: 6.506.533 S e 245.406 E, Zona 21 (Figura 1).



**Figura 1** - Área de estudo



**LEGENDA**

-  UTE Candiota III Âmbar
-  Área de estudo da Modelagem de dispersão dos poluentes (100x100 km)



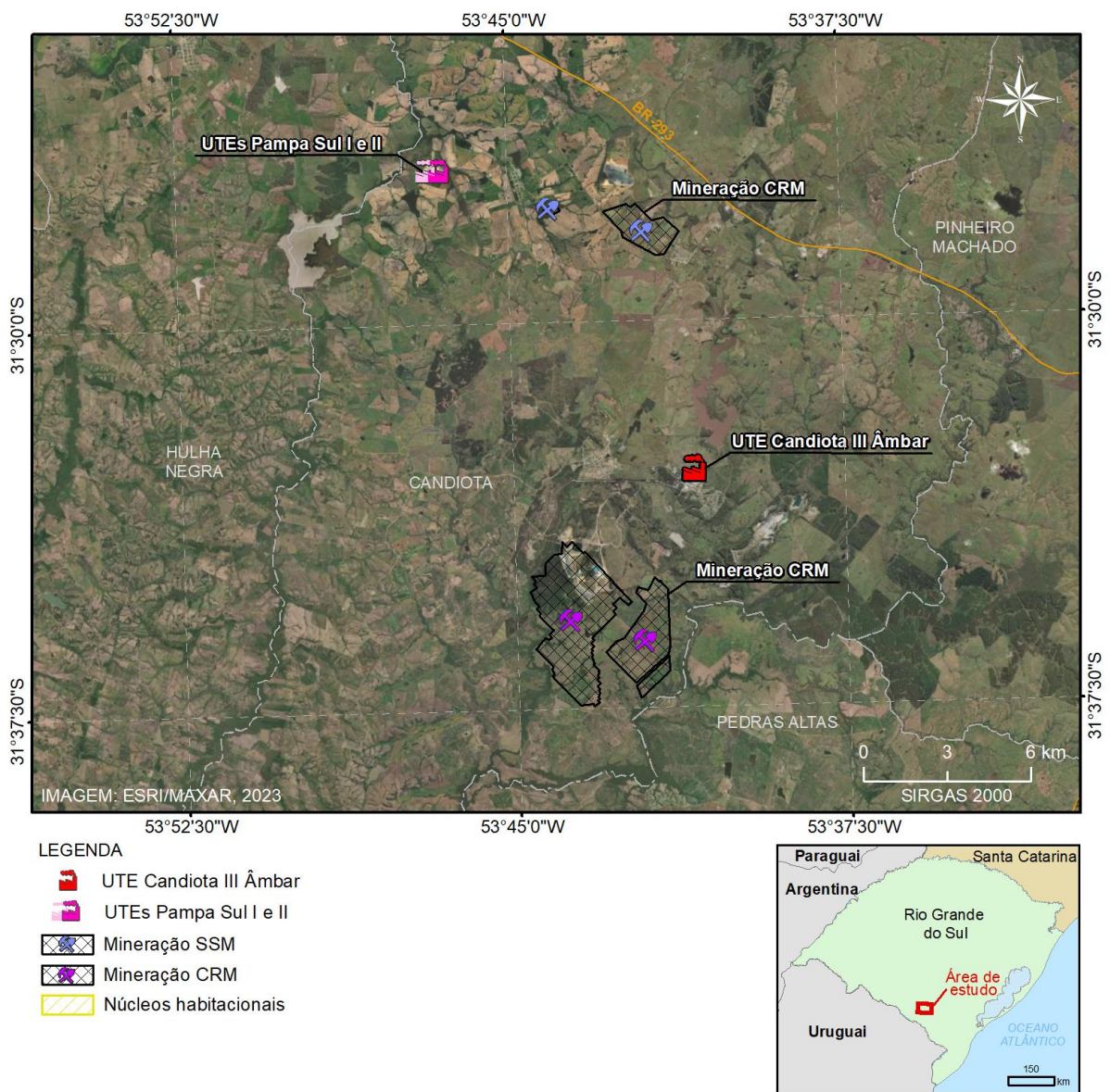
**Figura 2** - Municípios ao redor da área de estudo.

Encontra-se em operação na região a Usina Termoeletrica Candiota III (Figura 2), de propriedade da Ambar Energia. O complexo termoeletrico realiza a queima do carvão mineral oriundo da Mina de Candiota, operada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM). A usina pode operar com potência máxima de 350 MW. Em relação ao monitoramento da qualidade do ar, a CGTEE conta com três estações na região (Candiota, Aeroporto e Três Lagoas).

As informações dos empreendimentos existentes e planejados para a região de estudo encontram-se sintetizados na tabela 1 e representados na Figura 3, conforme informações do Ibama e dos empreendedores.

**Tabela 1** - Empreendimentos termelétricos existentes na região de Candiota/RS

| Nome                             | Localização<br>(UTM - Z 22J)      | Empreendedor                       | Potência<br>(MW) |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|
| <b>UTE Candiota III</b>          | Fase C:<br>6.506.533 S; 245.409 E | Âmbar                              | 350              |
| <b>UTE Pampa Sul 1 atual</b>     | 6.517.154 S; 236.249 E;           | (Usina Termelétrica Pampa Sul S/A) | 345              |
| <b>UTE Pampa Sul 2 planejada</b> | 6.517.069 S; 236.249 E            | (Usina Termelétrica Pampa Sul S/A) | 340              |



**Figura 3** – Imagem da região de Candiota com destaque para as UTEs Candiota III, Pampa Sul I e II, e áreas de mineração SSM e CRM, consideradas no estudo.

A Figura 3 mostra que existem outras fontes de emissão de poluentes atmosféricos na região, sendo estas as áreas de mineração de carvão.

O presente estudo é fundamental para avaliação ambiental da região, de forma que seja assegurada a manutenção da qualidade do ar contribuindo para as decisões futuras no âmbito adequações da rede de monitoramento de qualidade do ar.

O estudo engloba a modelagem da dispersão de poluentes atmosféricos para obter informações do comportamento da pluma de contaminantes e das suas concentrações superficiais em diferentes cenários de emissão. Os modelos de dispersão atmosférica adotados no presente estudo são CALifornian PUFF Model (CALPUFF), recomendado pela US EPA (Agência de Proteção Ambiental americana) para transporte em longas distâncias, e Comprehensive Air quality Model with extensions (CAMx), recomendado pela US EPA para fotoquímica da atmosfera.

Os poluentes mais significativos, e que serão analisados são: NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio), SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), CO (monóxido de carbono), PM<sub>10</sub> (material particulado) e ozônio troposférico (O<sub>3</sub>). Neste contexto, deverá ser avaliado o cumprimento dos padrões da Resolução CONAMA nº 506 de 2024.

## 2.1. Cenários Modelados

Para realizar a modelagem foram definidos 5 (cinco) cenários (A, B, C, D e E), descritos na Tabela 2.

**Tabela 2 - Descrição dos cenários modelados**

| Cenários | Descrição  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Ausência da operação da UTE Candiota III para estimar o <i>background</i> atmosférico; Foram considerados os empreendimentos já existentes, sem Candiota III, na região de estudo e em fase de licenciamento (PAMPA SUL, CRM, SSM). Ano 2024 |
| <b>B</b> | operação isolada para estimar a contribuição incremental da usina (individual); Carga 320 MW. Anos 2020 - 2024   |
| <b>C</b> | operação média anual para simular o cenário típico de operação da UTE; Carga média mensal. Anos 2020 - 2024  |
| <b>D</b> | operação da UTE em carga máxima para simular o cenário crítico; Carga 350 MW Anos 2020 - 2024  |
| <b>E</b> | operação em regime de partida e outras condições que simulem cenários agudos e pontuais. Modelagem de 24 horas para dois dias do ano de 2023.  |

O período de simulação compreende as condições meteorológicas para os anos de 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024, e os poluentes analisados são: material particulado (PM<sub>10</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). As emissões da UTE Pampa Sul 1 e 2 são consideradas as mesmas utilizadas nos estudos de impacto

ambiental, ou seja, a taxa máxima de emissão licenciada, operando 24 horas por dia durante todo ano. As emissões das áreas de mineração são as mesmas usadas nos Estudos de Impacto Ambiental realizados para o órgão ambiental FEPAM e poluente  $PM_{10}$ , conforme exigência da FEPAM. Em relação as emissões da UTE Candiota III, estas foram calculadas de acordo com os cenários descritos acima. Logo, os resultados obtidos não correspondem à realidade do período considerado e podem ser considerados conservadores, pois dificilmente essas condições operacionais a plena carga de todos os empreendimentos, simultaneamente ocorrerá.

Dos cenários acima foram obtidas médias de 24 horas para os poluentes  $SO_2$  e MP, médias de 3 horas para o poluente CO, média horária para o poluente  $NO_2$  e média móvel de 8 h para o poluente secundário  $O_3$ . Os resultados são apresentados através de isolinhas de concentração dos poluentes, georreferenciadas no Anexo VI da seguinte maneira:

- média 24 horas –  $SO_2$  e MP;
- média 3 horas – CO;
- média horária –  $NO_2$ ;
- máxima média móvel de 8 horas –  $O_3$
- média anual –  $SO_2$ , MP e  $NO_2$

As descrições, configurações e parâmetros de entrada, tanto meteorológicos quanto de emissão, para os modelos CALPUFF e CAMx, encontra-se no Anexo V deste relatório.

## **2.2. Dados de entrada - Fontes de Emissões**

As informações relacionadas às características das fontes de emissão fixas (chaminés), utilizadas como dados de entrada nos modelos, encontram-se nas Tabelas 3 e 4 e, das fontes de mineração, nas Tabelas 5 e 6. O relatório do inventário de emissões adotado encontra-se no Anexo IV deste estudo.

**Tabela 3** - Características operacionais das fontes de emissão

| Fonte                        | Localização               | Temp. saída (K) | Veloc.Saída (m/s) | Altura fonte (m) | Diâmetro fonte (m) |
|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Candiota III                 | 6.506.533 S;<br>245.406 E | 343,0           | 21                | 200,0            | 5,5                |
| UTE Pampa Sul –<br>Unidade 1 | 6.517.154 S;<br>236.249 E | 333,0           | 24,5              | 200              | 5,5                |
| UTE Pampa Sul –<br>Unidade 2 | 6.517.069 S;<br>236.249 E | 333,0           | 24,5              | 200              | 5,5                |

**Tabela 4**-Taxas de emissões atmosféricas para as fontes atuais e futura, em carga de 350 MW e 320 MW

| Fonte                        | Carga 350 MW Candiota III 345 MW PAMPA |                 |      | Carga 320 MW    |                 |    |
|------------------------------|--|-----------------|------|-----------------|-----------------|----|
|                              | SO <sub>2</sub>                        | NO <sub>x</sub> | MP   | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | MP |
| Candiota III                 | 567,0                                  | 227,0           | 88,0 | 518             | 207             | 80 |
| UTE Pampa Sul –<br>Unidade 1 | 128                                    | 128             | 16   |                 |                 |    |
| UTE Pampa Sul –<br>Unidade 2 | 128                                    | 128             | 16   |                 |                 |    |

**Tabela 5** – Área de mineração - resumo das taxas de emissão totais de material particulado (PM<sub>10</sub>).

| Processo  | Taxa de Emissão |          |
|---|-----------------|----------|
|   | Kg/h            | g/s      |
| Perfuração de carvão                                | 0,31250         | 0,08681  |
| Perfuração de estéril                               | 1,87500         | 0,52083  |
| Detonação de carvão e estéril                       | 1,43891         | 0,39970  |
| Escavação e manuseio do carvão                      | 1,53986         | 0,42774  |
| Escavação e manuseio do estéril                     | 0,16496         | 0,04582  |
| Terraplenagem                                       | 2,59E-04        | 7,19E-05 |
| Movimentação de Material (carregamento de carvão)   | 0,01155         | 0,00321  |
| Movimentação de Material (basculamento de carvão)   | 2,28907         | 6,36E-01 |
| Britagem de Carvão                                  | 0,60000         | 0,16667  |
| Transferências de Carvão (esteira)                  | 0,09538         | 2,65E-05 |
| Erosão Eólica (pilhas de material)                  | 0,00635         | 0,00176  |
| Ressuspensão de Partículas em vias não pavimentadas | 6,08611         | 0,00169  |

**Tabela 6** – Fatores de emissão e taxas de emissões de PM<sub>10</sub> dos veículos que traferam nas áreas das minas.

| Veículo       | N <sup>1</sup> | d <sup>2</sup> (km/ano) | EF <sub>P7(2012)</sub> <sup>3</sup> (g/km) | E <sup>4</sup> (g/ano) | E <sup>4</sup> (g/s) |
|---------------|----------------|-------------------------|--|------------------------|----------------------|
| caminhão 8x4  | 24             | 31766                   | 0,014                                      | 10673,376              | 3,385E-04            |
| caminhão pipa | 2              | 31766                   | 0,016                                      | 1016,512               | 3,223E-05            |
| UMB           | 1              | 31766                   | 0,016                                      | 508,256                | 1,612E-05            |
|               |                |                         |  |                        | <b>Total</b>         |

<sup>1</sup> N - número de veículos circulantes por período (1/tempo)

<sup>2</sup> d - distância percorrida (km)

<sup>3</sup> EF - fator de emissão (g/km)

<sup>4</sup> E - emissão por período definido (g/ano e g/s)

<sup>5</sup> E - emissão por período definido e por área (g/s m<sup>2</sup>)

**Tabela 7** – Consumo de combustível (diesel), fatores de emissão (NPI, 2002, 2008) e taxas de emissão de PM<sub>10</sub> para máquinas estacionárias nas áreas das minas.

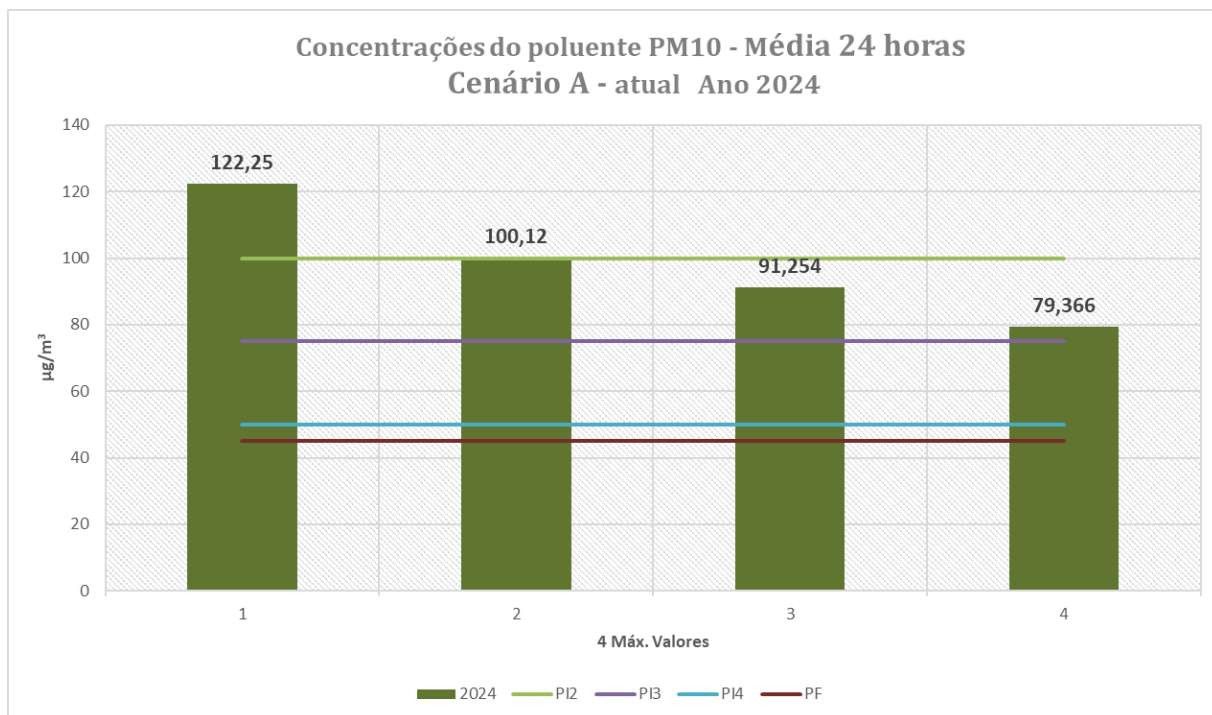
| Máquina     | FC (m <sup>3</sup> /ano) | EF (kg/m <sup>3</sup> ) | E (kg/h) | E (g/s)      |
|-------------|--------------------------|-------------------------|----------|--------------|
| perfuratriz | 98,28                    | 5,1                     | 0,06694  | 0,01859      |
| gerador     | 48,672                   | 5,1                     | 0,03315  | 0,00921      |
|             |                          |                         |          | <b>Total</b> |

### 3. SÍNTESE DA MODELAGEM DE DISPERSÃO

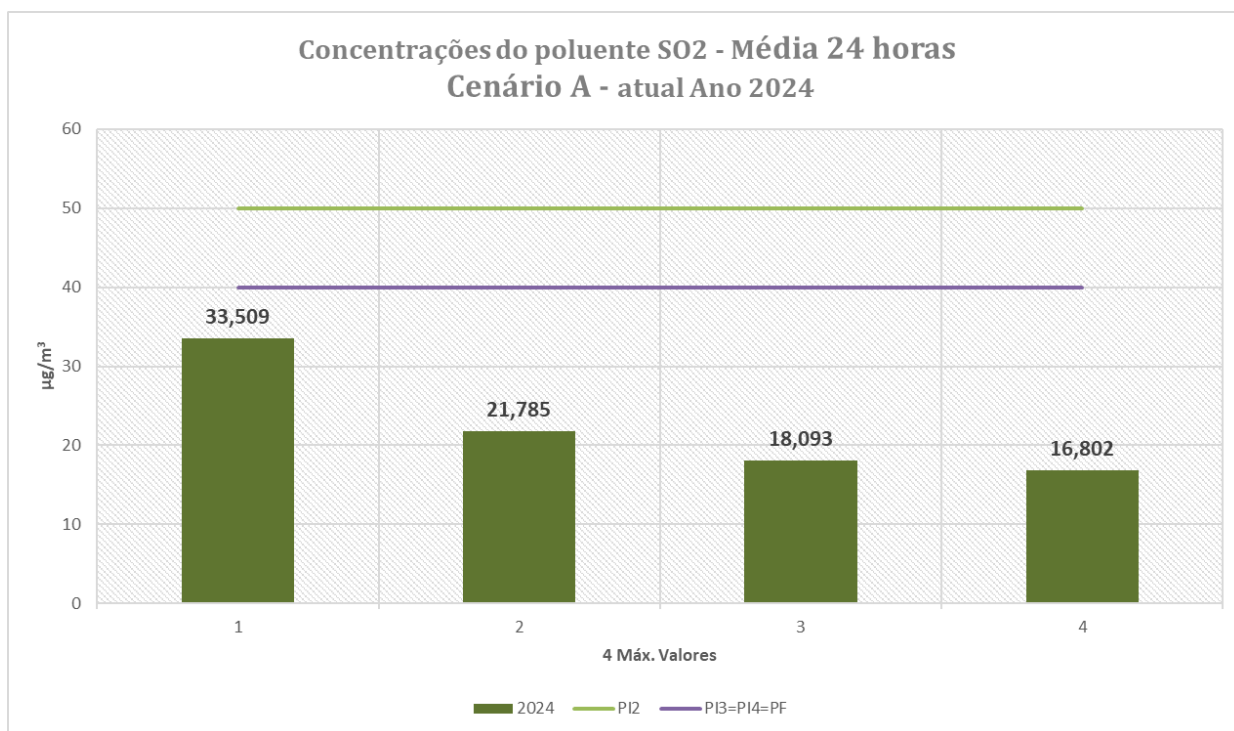
Para cada poluente, os resultados são apresentados de acordo com o ano e o cenário, e comparados aos padrões de qualidade do ar. Também, é realizada análise dos sistemas meteorológicos atuantes nos eventos em que o Padrão Intermediário II (PI2) da Resolução CONAMA 506/24 é ultrapassado, indicando situação atmosférica crítica para dispersão de poluentes.

#### Cenário A

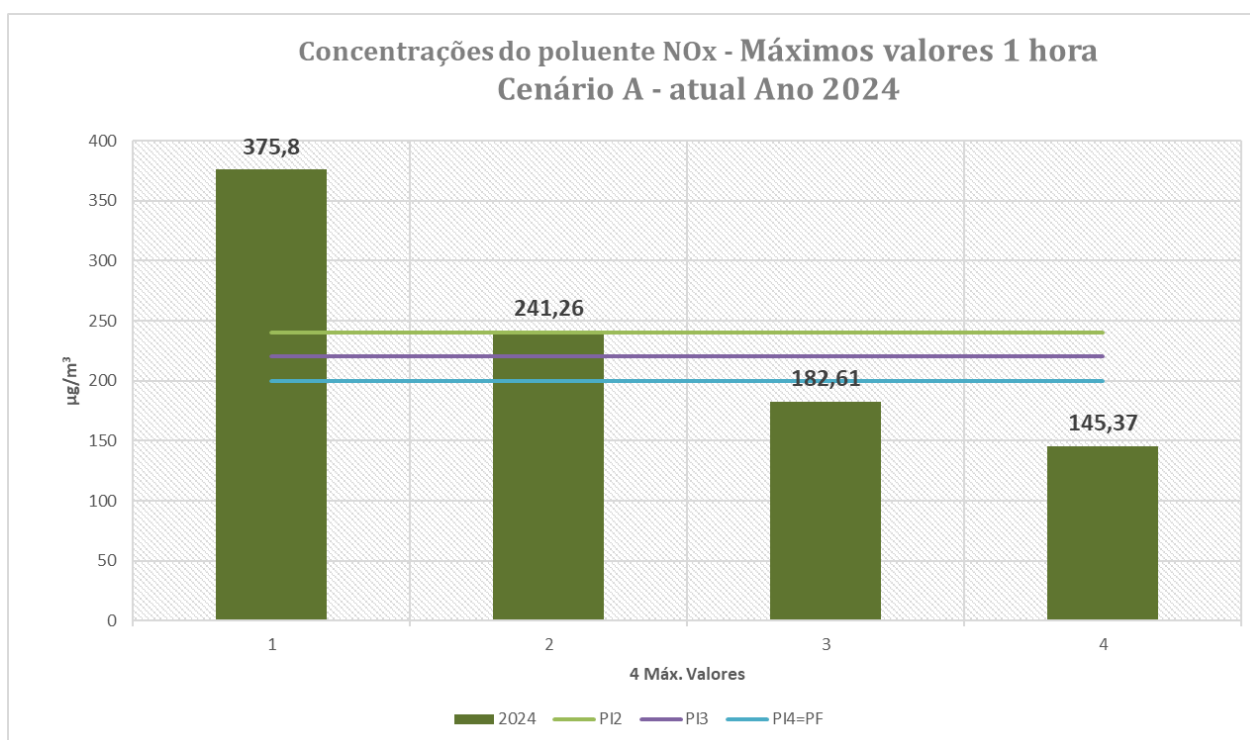
Esse cenário corresponde à simulação da usina termelétrica em operação (PAMPA SUL 1), e em fase de licenciamento (PAMPA SUL 2), operando com as taxas de emissão aprovadas no licenciamento, e as duas áreas de mineração CRM e SSM, no ano meteorológico de 2024, são apresentados para os poluentes PM10 (Figura 4), SO2 (Figura 5), e NOx (Figura 6).



**Figura 4** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente PM10 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2024 a 31/12/2024, **Cenário A**.



**Figura 5-** Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente SO<sub>2</sub> e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2024 a 31/12/2024, **Cenário A.**

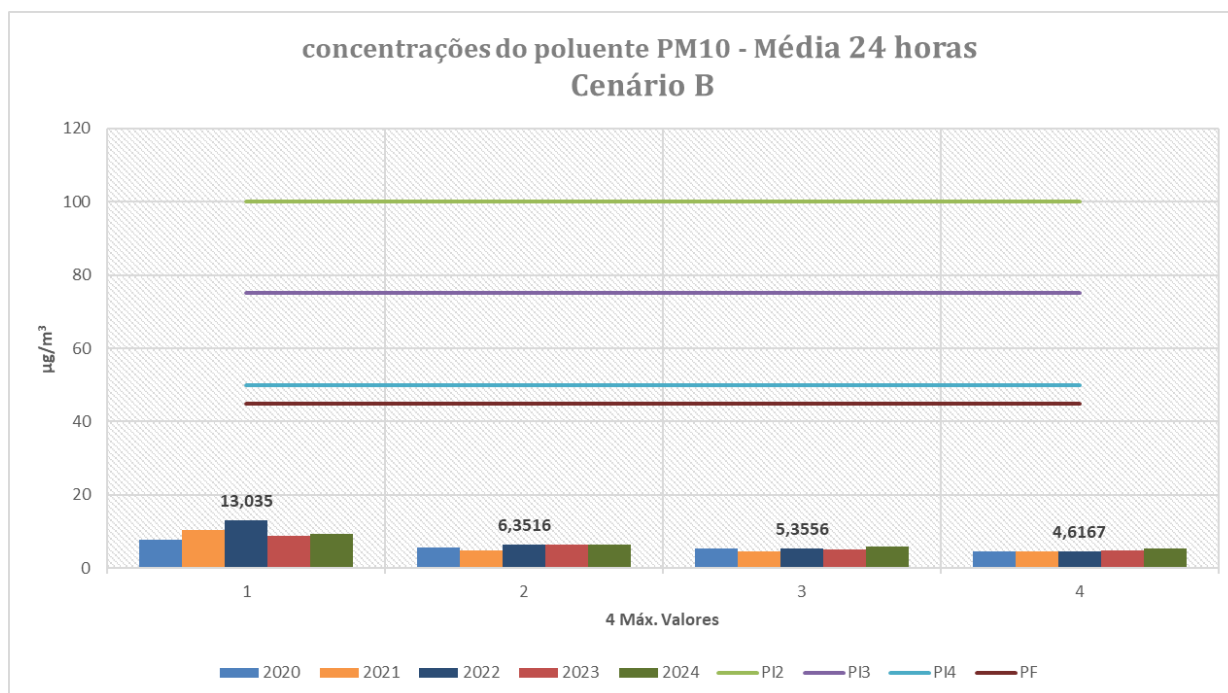


**Figura 6 -** Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente NO<sub>x</sub> e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2024 a 31/12/2024, **Cenário A.**

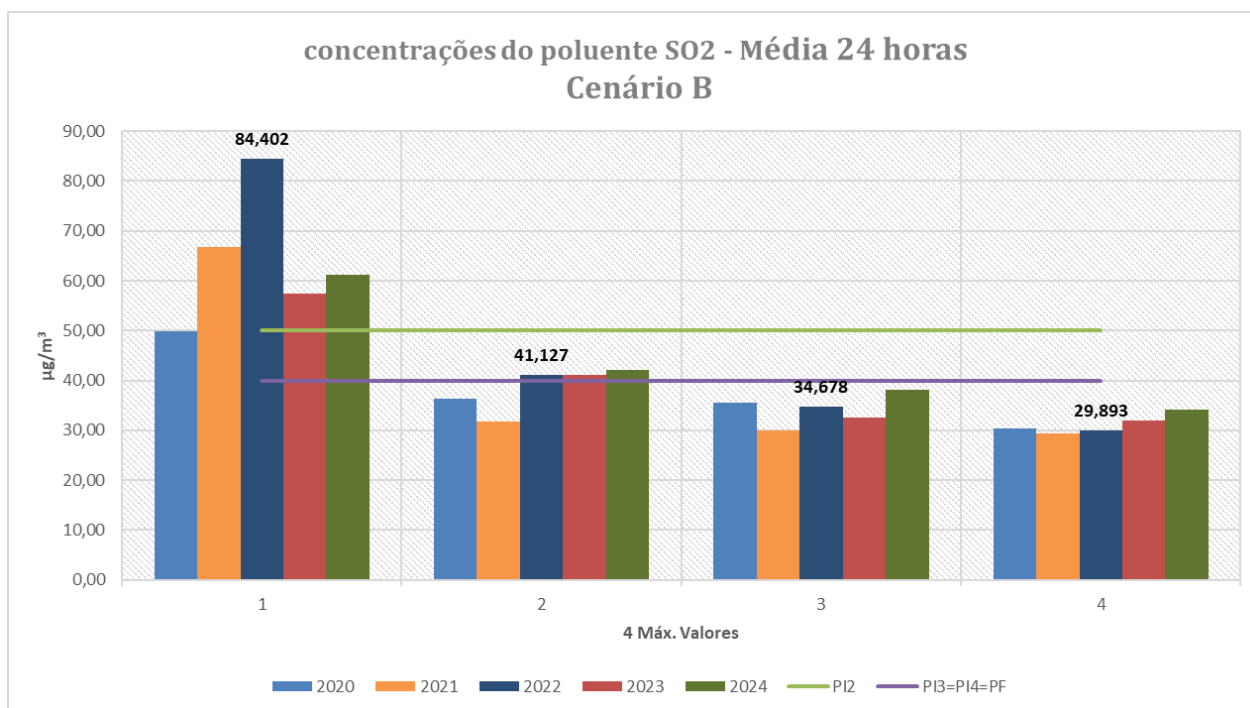
## Cenário B

Esse cenário corresponde à simulação para a operação da UTE Candiota III isolada, em um cenário de carga usual de 320 MW e operando continuamente para o período de 2020 a 2024. Ressalta-se que os resultados com a apresentação de mapas de isolinhas de concentração encontram-se no Anexo VI.

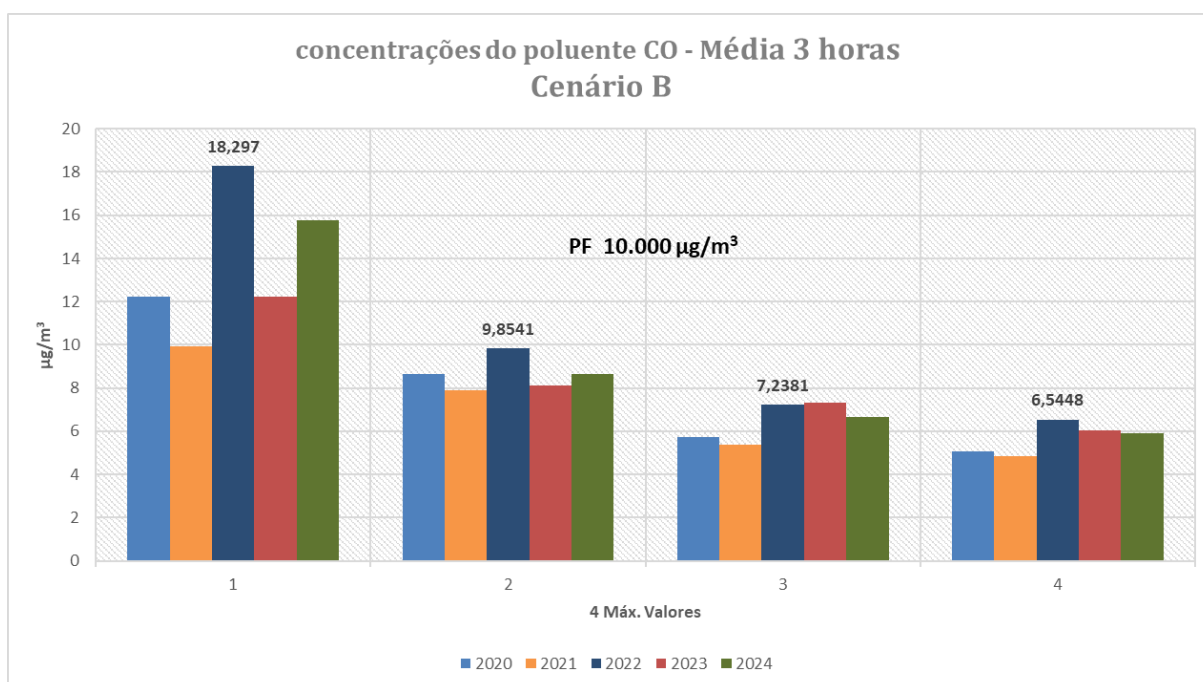
Os valores máximos de concentração das médias de 24 horas para os poluentes PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e NO<sub>x</sub> encontram-se entre as figuras 7 a 10, e a Figura 11 apresenta os valores máximos ocorridos em cada mês do ano de 2024 para o poluente O<sub>3</sub>.



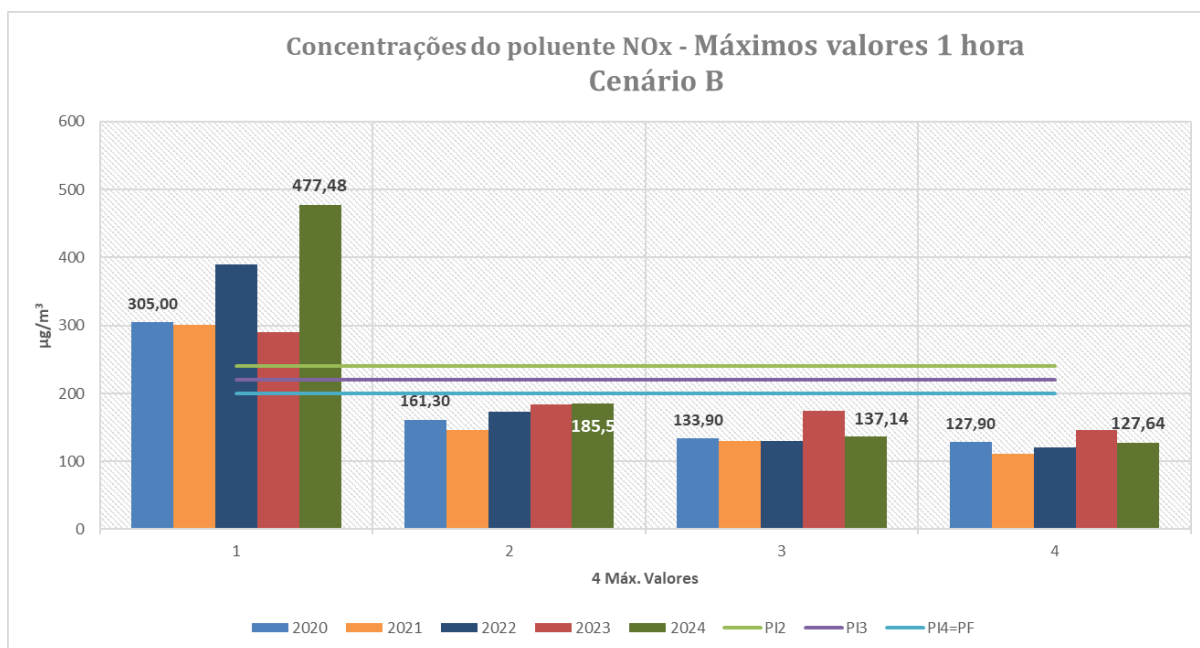
**Figura 7** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente PM10 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024, **Cenário B**.



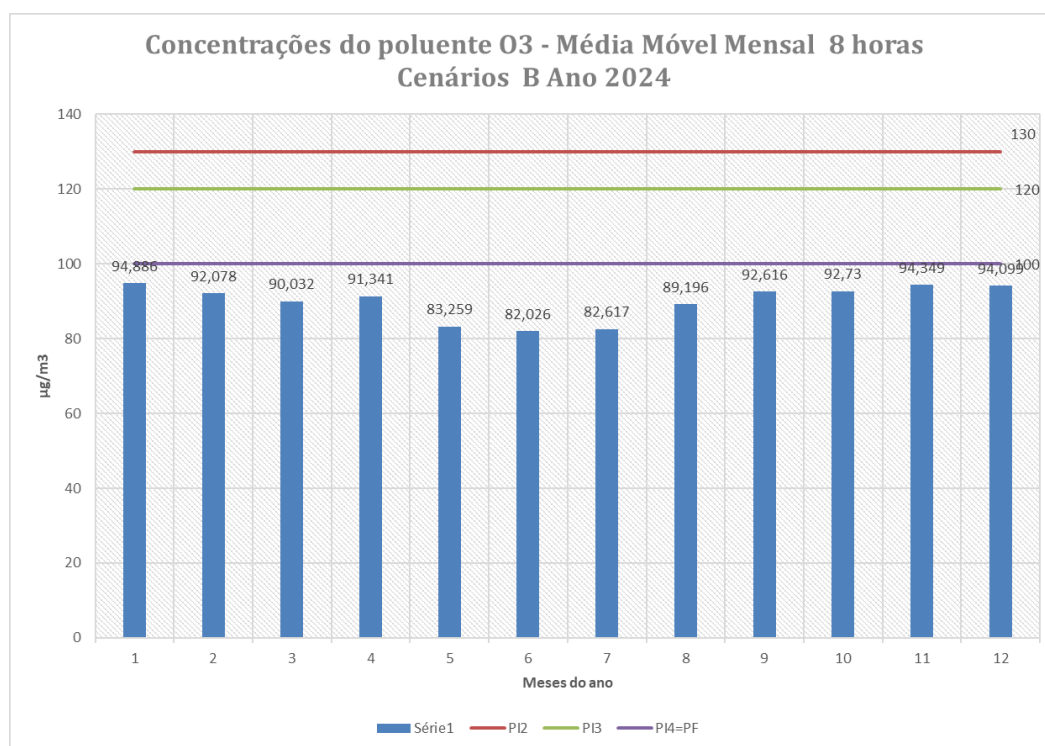
**Figura 8** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente SO2 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024, **Cenário B**.



**Figura 9** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente CO e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024, **Cenário B**.



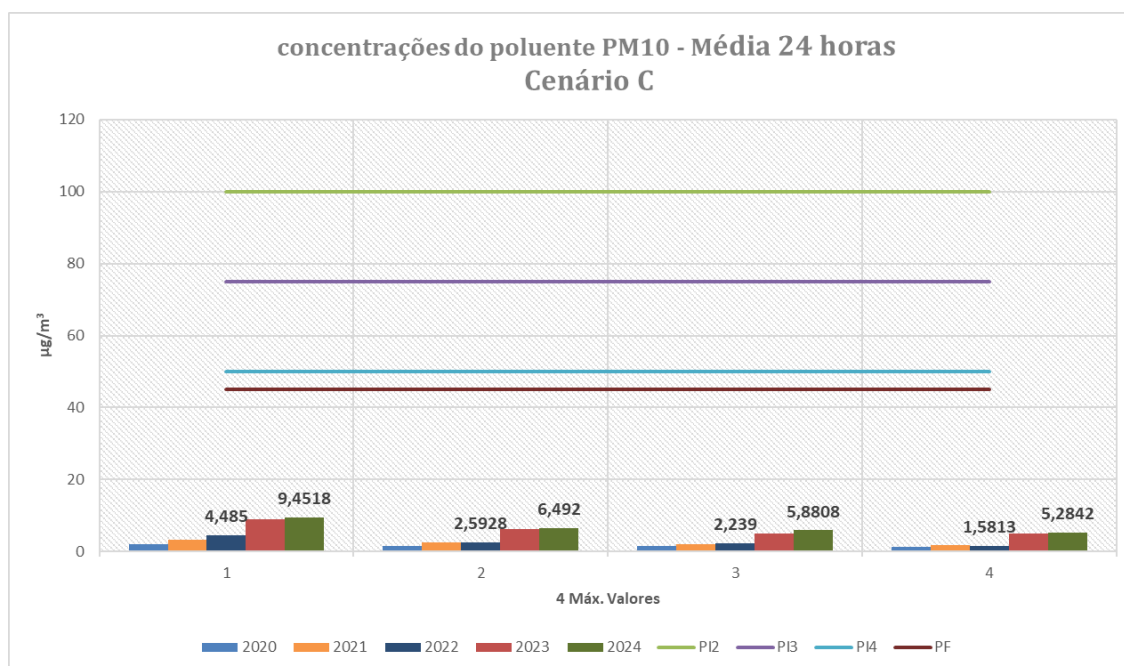
**Figura 10** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente NOx e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024, **Cenário B**.



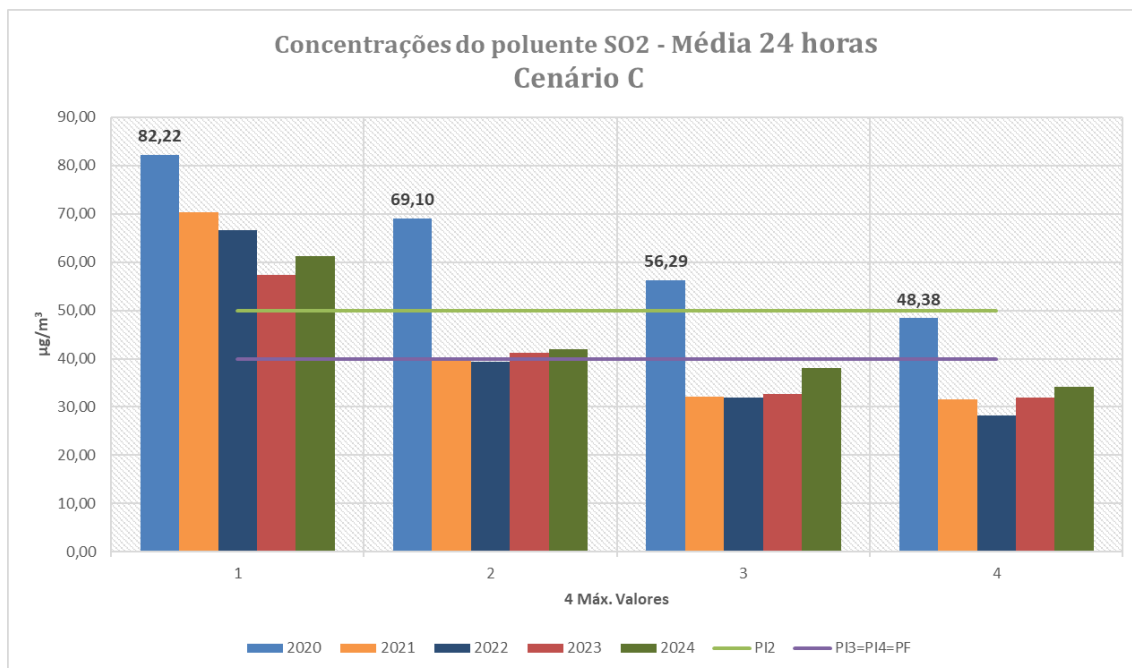
**Figura 11** – Concentrações máximas médias móveis de 8h simuladas de O<sub>3</sub> e comparação com o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA no período de 01/01/2024 a 31/12/2024. **Cenário B**.

## Cenário C

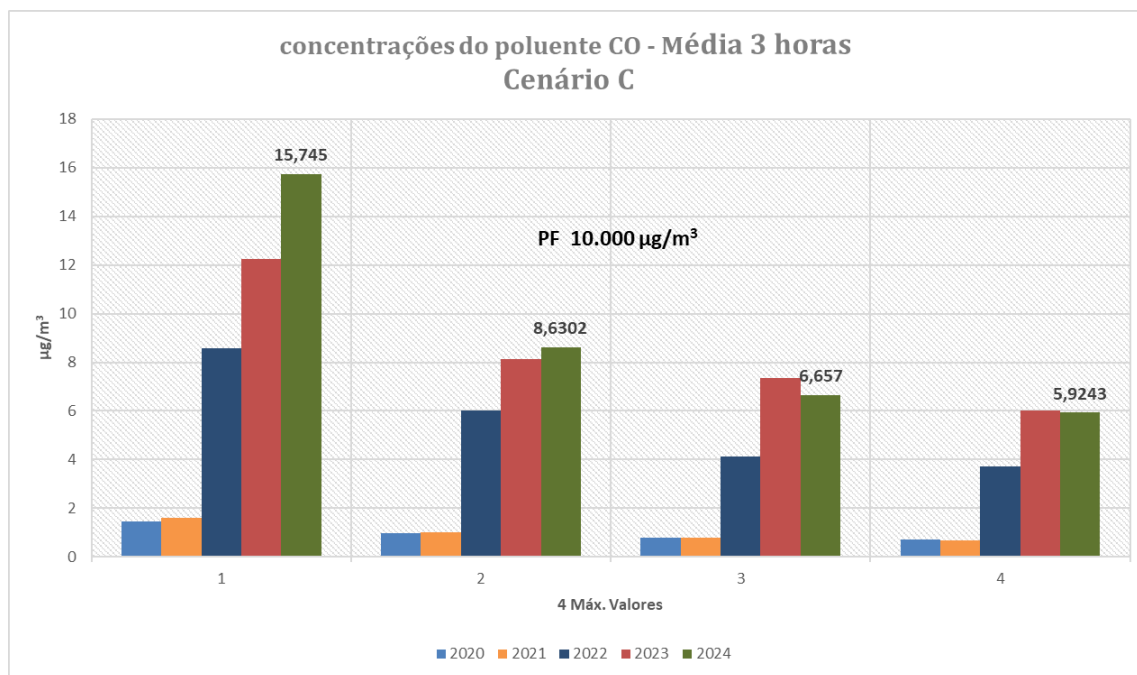
Esse cenário corresponde à simulação contando com a operação da UTE Candiota III isolada, em um cenário onde o cálculo das emissões são as médias mensais dos poluentes. Os mapas com as isolinhas de concentração encontram-se no Anexo VI. Através das Figura 12 a Figura 15, encontram-se os 4 valores máximos ocorridos no período de estudo para as concentrações dos poluentes PM10 (Figura 12), SO2 (Figura 13), CO (Figura 14) e NOx (Figura 15). Esse cenário corresponde à uma situação de operação da UTE Candiota III mais realista.



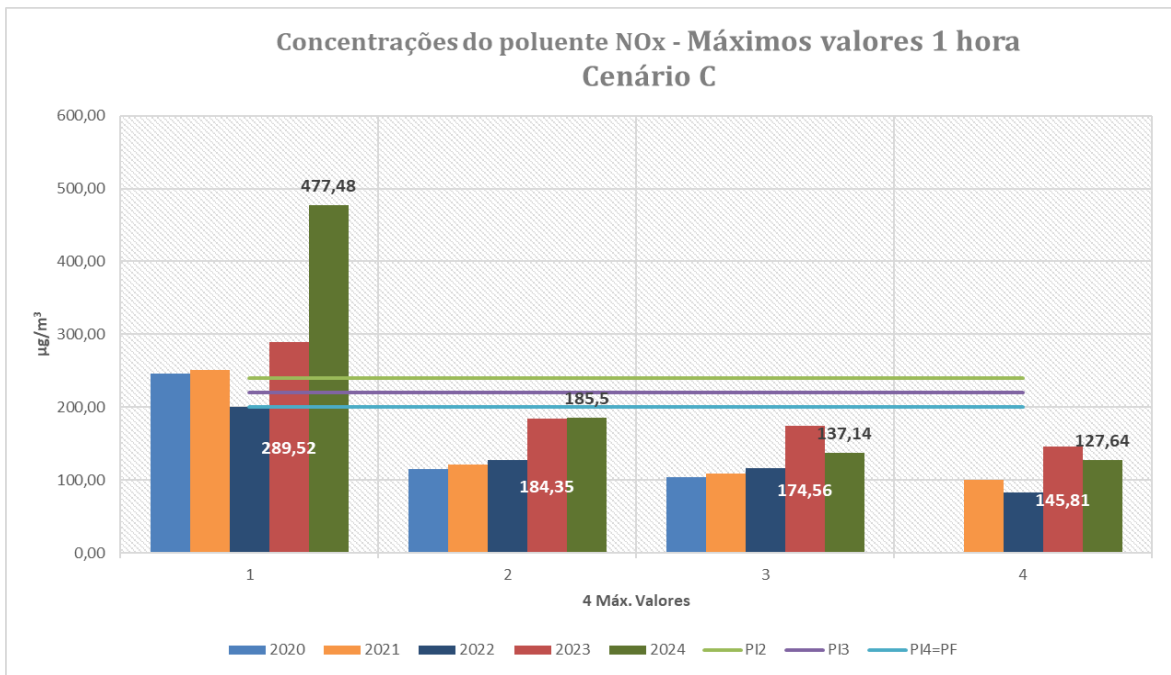
**Figura 12** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente PM10 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário C.**



**Figura 13** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente SO2 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário C.**



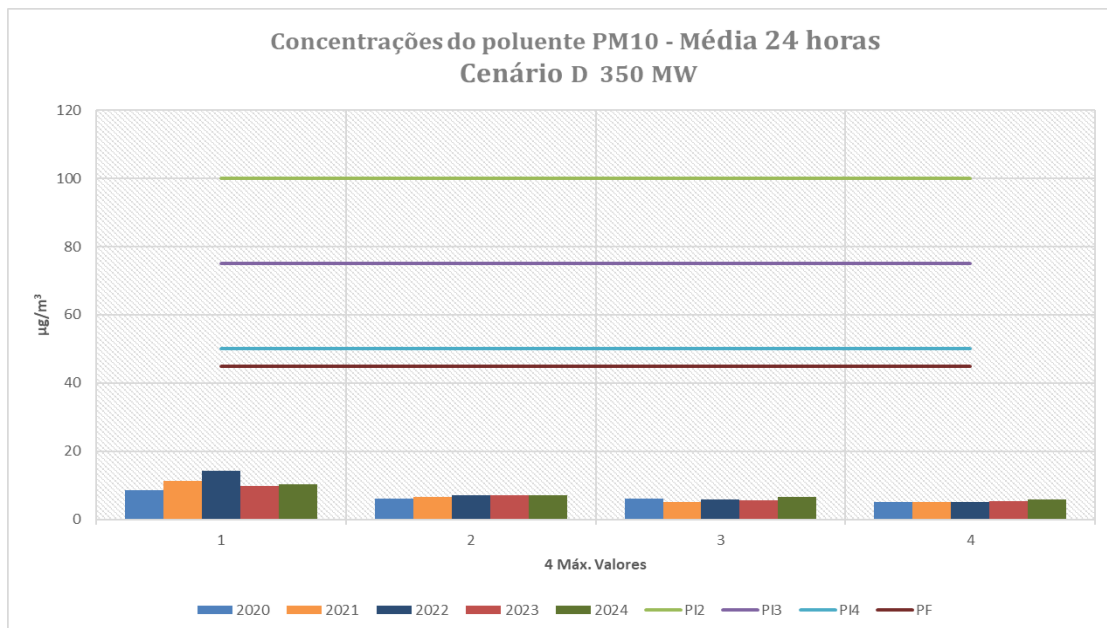
**Figura 14** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente CO e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário C.**



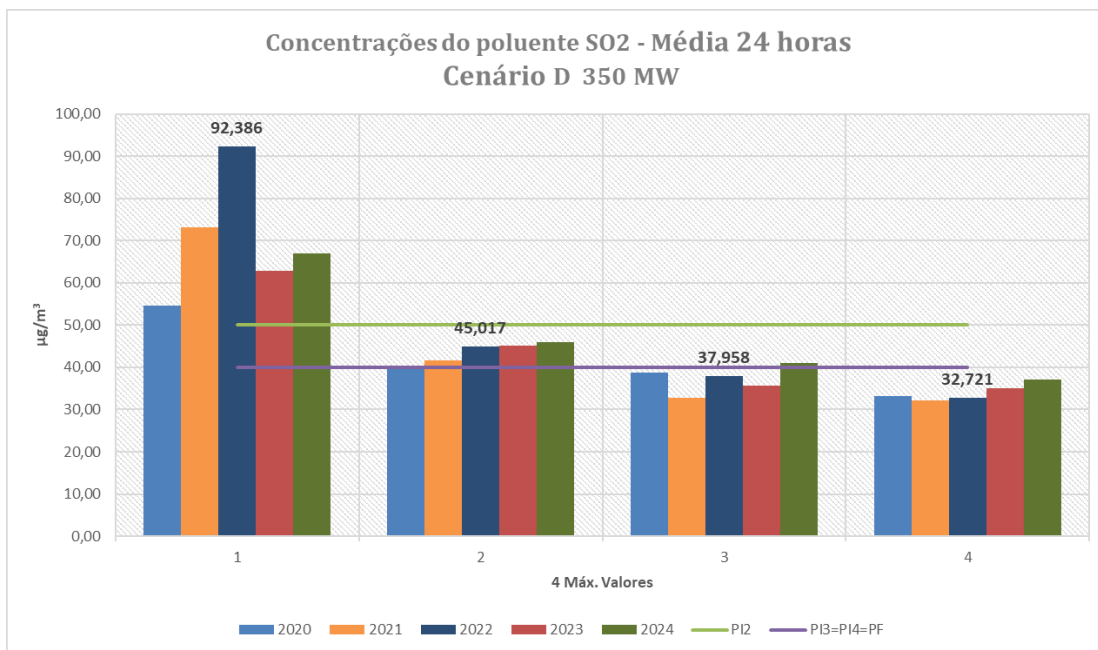
**Figura 15** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente NOx e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário C.**

### Cenário D

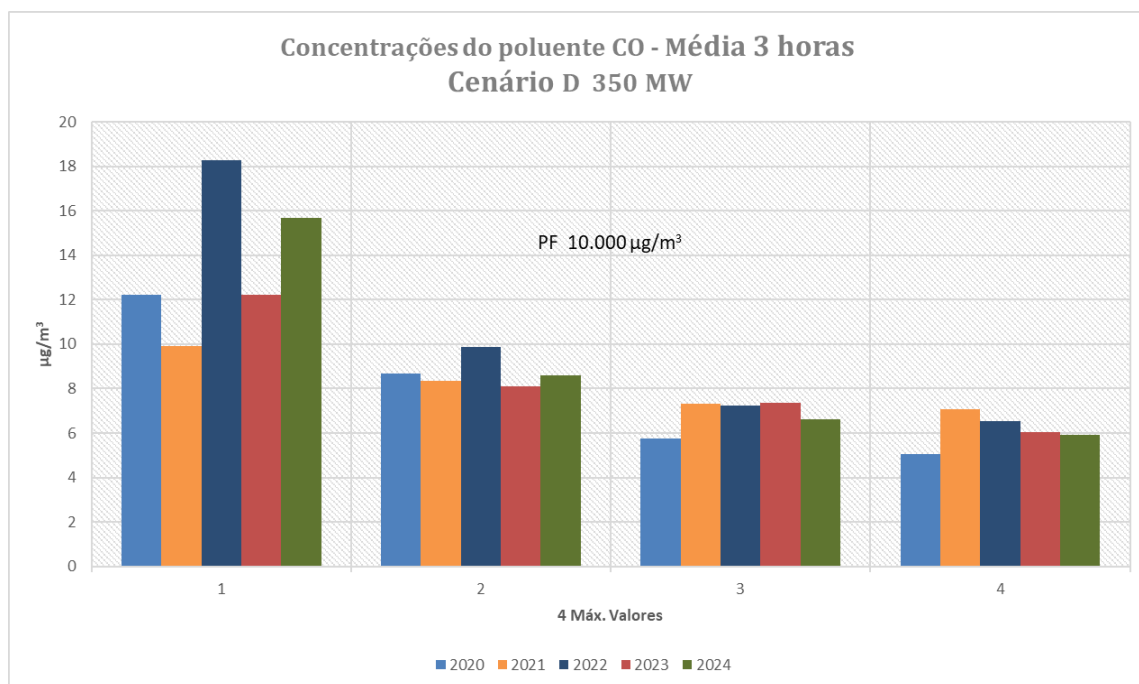
Esse cenário corresponde à simulação UTE Candiota III operando em carga máxima de 350 MW. Os resultados a seguir ilustram os quatro máximos valores de concentração para os anos de 2020 a 2024 e poluentes PM10 (Figura 16), SO2 (Figura 17), CO (Figura 18) e NOx (Figura 19). Esse cenário é o mais conservador de todos, visto que raramente ocorrem situações com emissões em carga máxima.



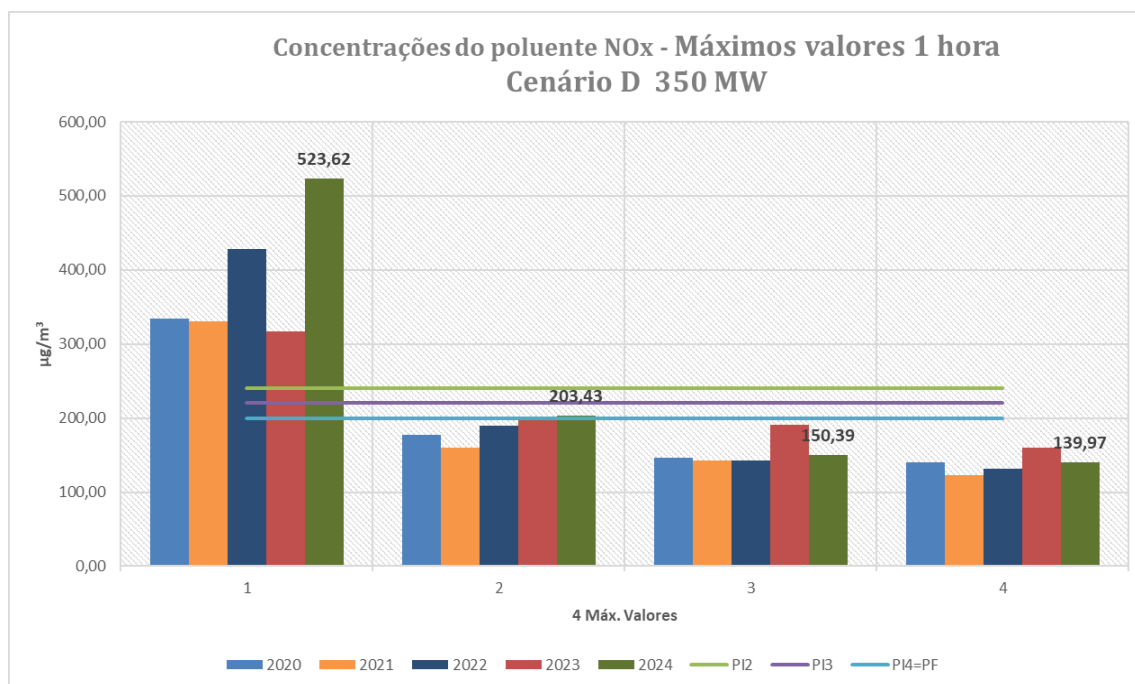
**Figura 16** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente PM10 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário D.**



**Figura 17** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente SO2 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário D.**



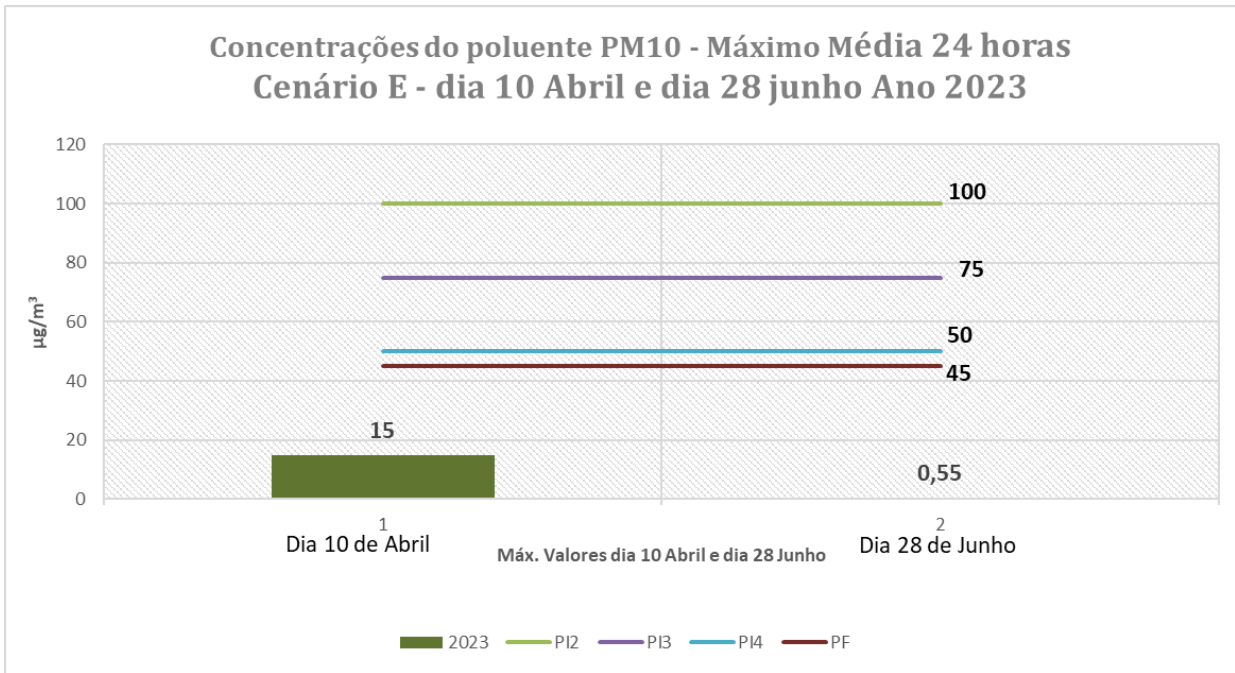
**Figura 18** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente CO e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário D.**



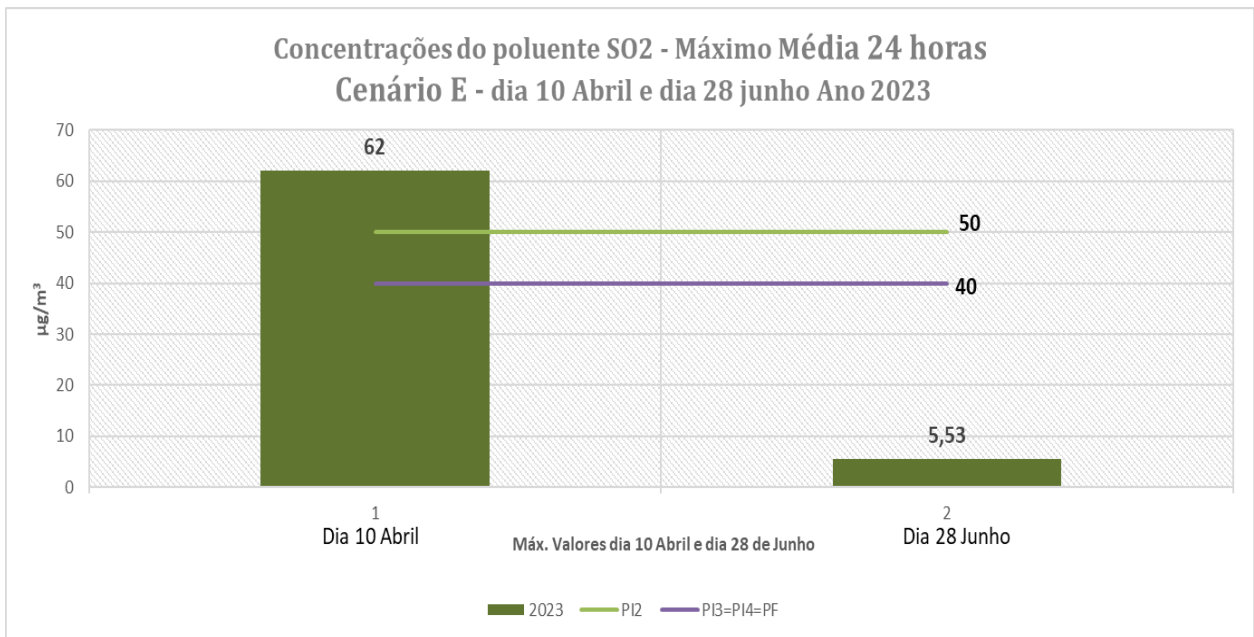
**Figura 19** - Comparação entre os quatro máximos valores de concentração do poluente NOx e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, período de 01/01/2020 a 31/12/2024. **Cenário D.**

## Cenário E

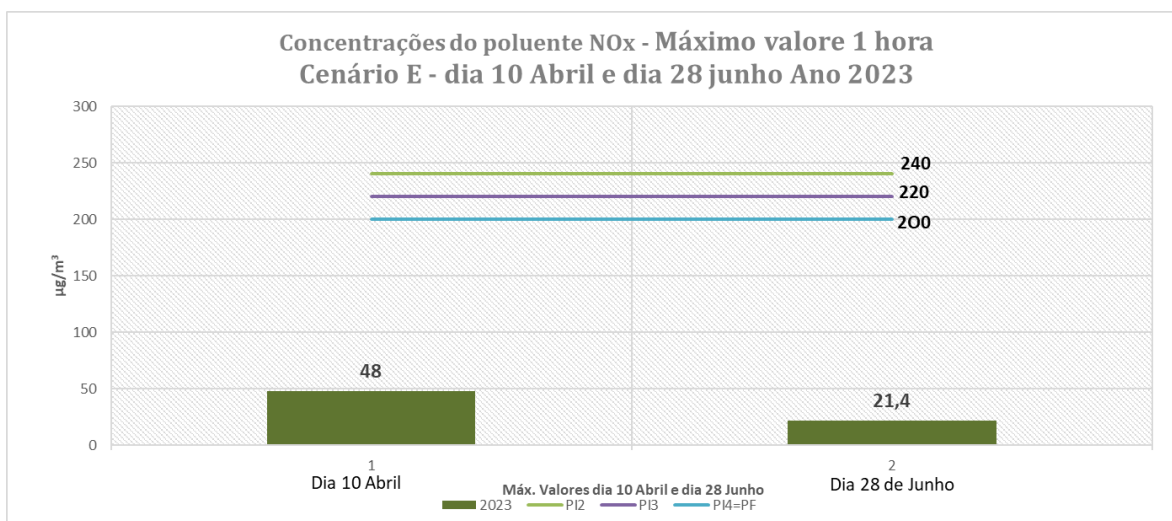
O cenário E corresponde à simulação UTE Candiota III operando em regime de partida e outras condições que simulem cenários agudos e pontuais. Aqui foi considerada uma modelagem de 24 horas para dois dias um referente a ocorrência operacional ocorrida no dia 10 de abril e outra referente ao sistema de partida no dia 28 de junho, ambas para o ano de 2023. Esses dias correspondem aos cenários mais críticos de emissão. As maiores emissões para o dia 10 de abril ocorreram por volta das 08hs, horário este em que a Camada Limite Planetária (CLP) encontra-se em desenvolvimento, e para o dia 28 os maiores valores ocorrem por volta das 14hs, horário de máximo desenvolvimento vertical da CLP. Essa relação de CLP e concentrações superficiais fica evidente nos máximos valores modelados, quando os dois dias são comparados. Os máximos valores modelados são apresentados para os poluentes PM10 (Figura 20), SO2 (Figura 21) e NOx (Figura 22).



**Figura 20** - Comparação entre o máximo valor de concentração, média 24 horas, do poluente PM10 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, **Cenário E**. Modelagem de 24 horas dia 10/04/2023 e dia 28/06/2023.



**Figura 21** - Comparação entre o máximo valor de concentração, média 24 horas, do poluente SO2 e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, **Cenário E**. Modelagem de 24 horas dia 10/04/2023 e dia 28/06/2023.



**Figura 22** - Comparação entre o máximo valor de concentração, máximo de 1 hora, do poluente NOx e o Padrão de Qualidade do Ar CONAMA 506/24, **Cenário E**. Modelagem de 24 horas dia 10/04/2023 e dia 28/06/2023.

## 4. RESULTADOS

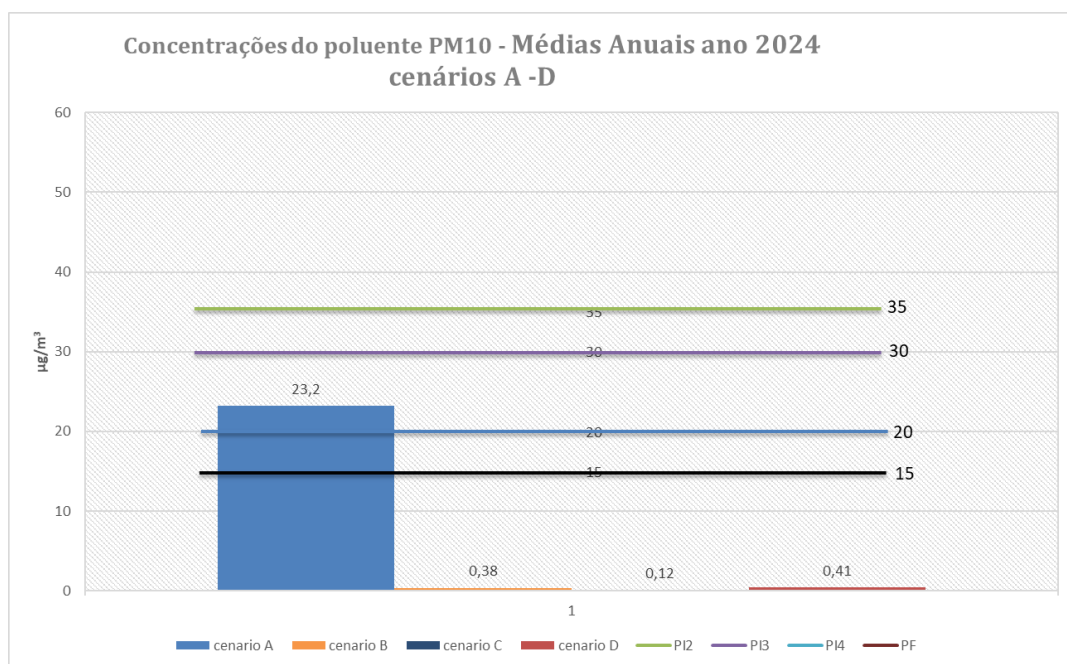
Através dos resultados distribuídos entre os Anexos I a VII e da síntese apresentada no item anterior, as concentrações para os poluentes  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , CO,  $O_3$  e NOx, mostram que em nenhum dos cenários aqui avaliados o Padrão Intermediário II (PI2) da Resolução CONAMA 506/24 foi ultrapassado para as médias anuais, com exceção do cenário A, todos eles ficam abaixo do Padrão Final exigido pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Em relação à média máxima de 24 horas em relação ao poluente  $PM_{10}$ , este é ultrapassado somente no cenário A, nos demais cenários aqui avaliados este máximo valor da média de 24 horas fica abaixo do padrão final Resolução CONAMA 506/24. O poluente  $SO_2$ , para a máxima média de 24 horas, este ultrapassa uma única vez ao ano os padrões da Resolução CONAMA 506/24 para os cenários B e D e para o cenário C ultrapassa três vezes os padrões no ano de 2020, e para os anos de 2021, 2022, 2023 e 2024 ultrapassa somente uma vez. O poluente NOx, o máximo valor horário é ultrapassado duas vezes no cenário A e uma única vez ao ano nos cenários B, C e D. O cenário E, indicado para partidas e ocorrências operacionais, mostra que só o poluente  $SO_2$  ultrapassa o padrão da legislação ambiental para o dia 10/04/2023.

Os e máximos valores de concentração do poluente NOx ocorrem geralmente no horário de inversão térmica, início da manhã, por volta das 09 horas, onde a pluma se deposita com valores mais elevados muito próximo à chaminé, exemplo foi o ocorrido no dia 05 de março de 2024, onde o máximo valor de 1 hora ocorreu 700 metros a sudoeste da UTE Candiota III, e é justificado pelas condições meteorológicas desfavoráveis.

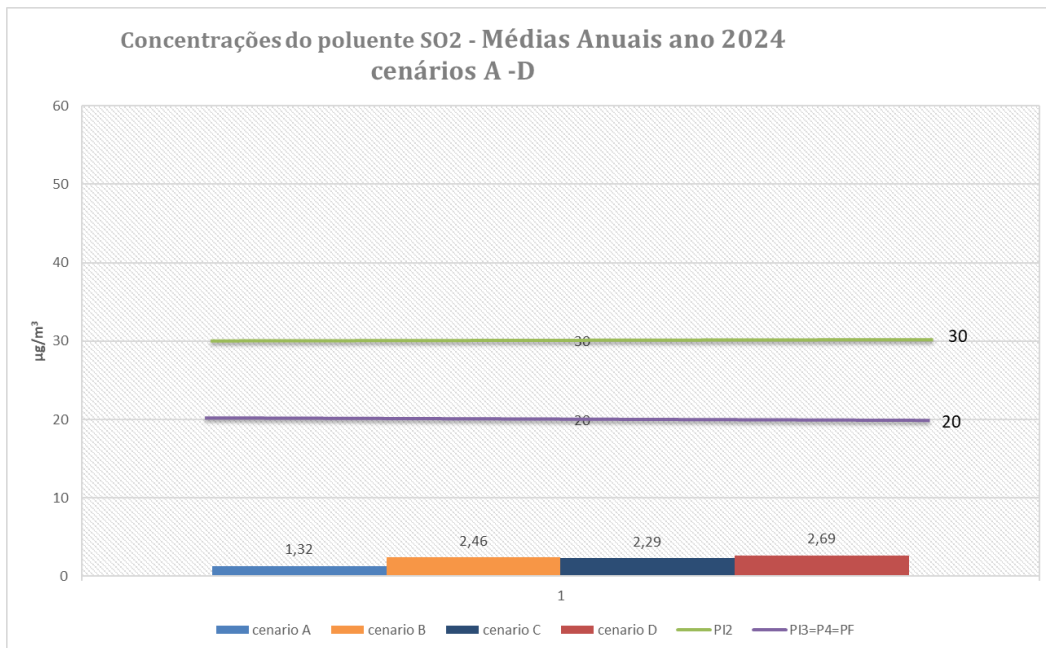
Comparando os resultados obtidos de MP aos de  $SO_2$ , observa-se que os valores máximos ocorreram nos mesmos pontos de grade, visto que ambos são considerados inertes e calculados para períodos de 24 horas, e as informações meteorológicas são as mesmas. Os máximos valores

ocorrem sempre próximos da fonte de emissão da UTE Candiota III para os cenários B, C, D, diminuindo gradativamente conforme aumenta a distância. Alguns pontos distantes fogem a essa tendência e podem apresentar valores ligeiramente maiores em virtude de fatores topográficos, embora a região seja considerada plana, existem algumas elevações no sentido nordeste/leste do empreendimento. A comparação entre os cenários A e os demais, evidencia uma diminuição significativa das áreas de concentrações mais elevadas, para o poluente PM10, o que mostra a influência direta das áreas de mineração para o poluente PM10.

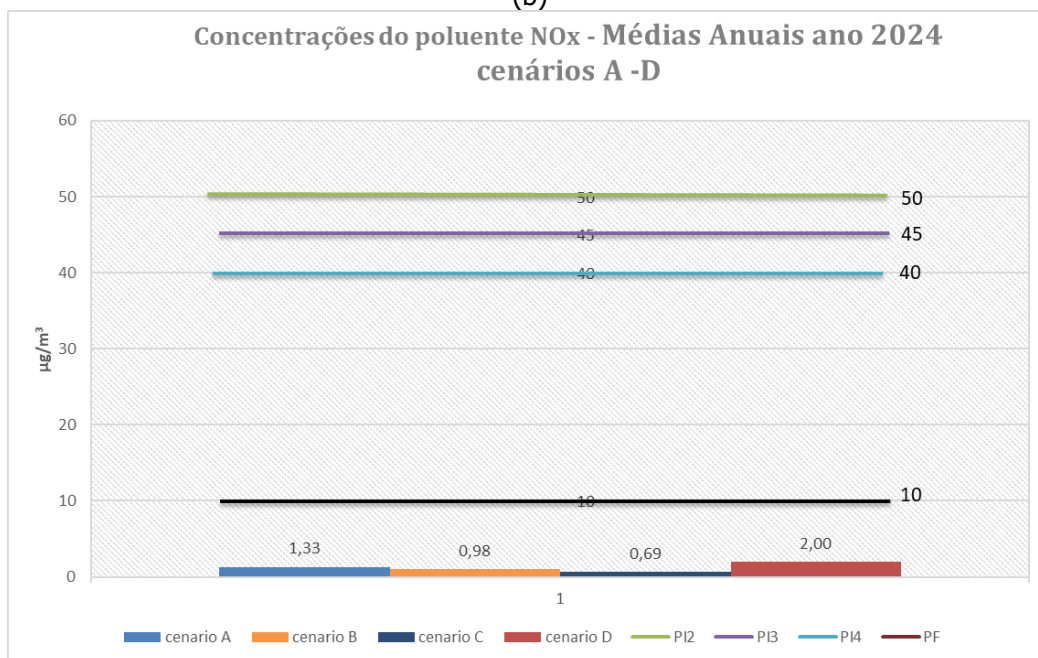
Em relação as médias anuais, através dos resultados apresentados na Figura 23, observamos que essas médias ficam muito abaixo dos padrões da legislação ambiental. Esses resultados demonstram que em todos os cenários (B a D) com a UTE Candiota III isolada, mesmo operando nos limites máximos de emissão permitido pelo órgão ambiental, as emissões dos poluentes aqui avaliados estão dentro dos padrões PI3, mais restritivos da Resolução CONAMA 506 para o poluente PM10 e abaixo dos padrões finais para os poluentes SO<sub>2</sub> (Figura 23.b) e NO<sub>x</sub> (Figura 23.c). Resumidamente, percebe-se que o cenário C, mais realista, os poluentes tem um decréscimo em todos os anos aqui simulados.



(a)



(b)



(c)

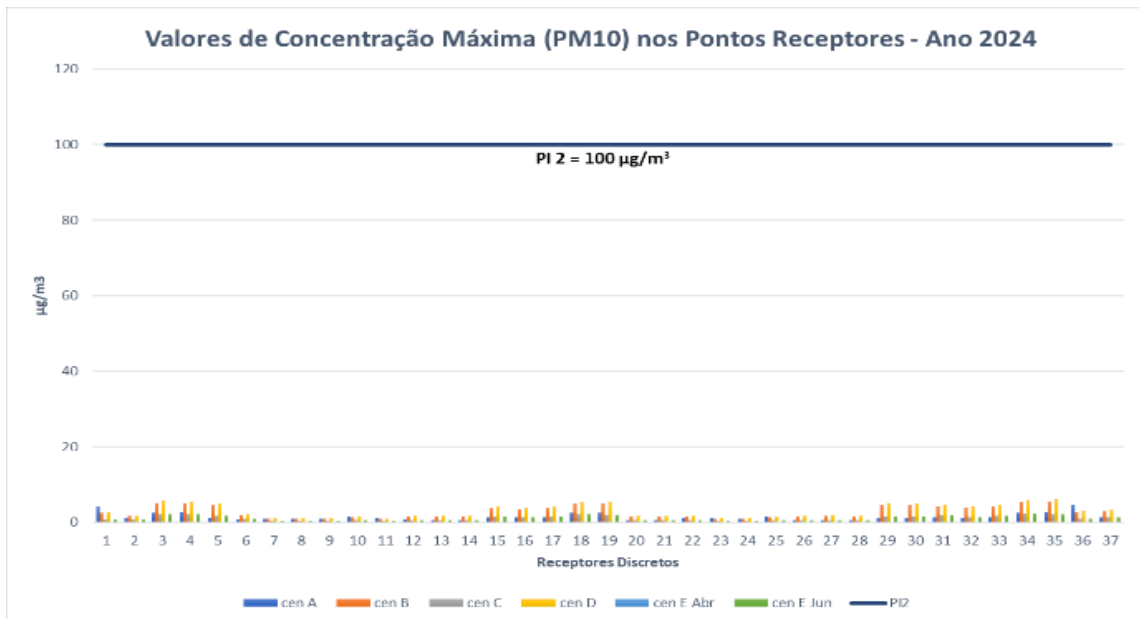
**Figura 23** - Comparação entre os padrões da Resolução CONAMA 506 e as médias anuais do ano de 2024, para as concentrações dos **Cenários A, B, C e D**, Poluentes (a)PM10, (b) SO<sub>2</sub> e (c) NO<sub>x</sub>.

Em relação ao impacto dos empreendimentos instalados na região de Candiota-RS, foram identificados alguns pontos receptores discretos para quantificar, através da modelagem de dispersão, o quanto as áreas urbanas são afetadas. A Tabela 6 indica a localização dos diferentes pontos receptores considerados e também apresentados no Anexo I através de mapas ilustrativos e georreferenciados. Para todos os receptores e cenários avaliados, as concentrações superficiais dos diferentes poluentes PM10 (Figura 24.a), SO<sub>2</sub> (Figura 24.b), NO<sub>x</sub> (Figura 24.c) e O<sub>3</sub> (Figura 24.d) não ultrapassam os Padrões Intermediários 2 (PI2) da Resolução CONAMA 506/2024. Quanto à classificação pelo Índice de Qualidade do Ar (IQA<sub>r</sub>), o qual classifica a qualidade do ar

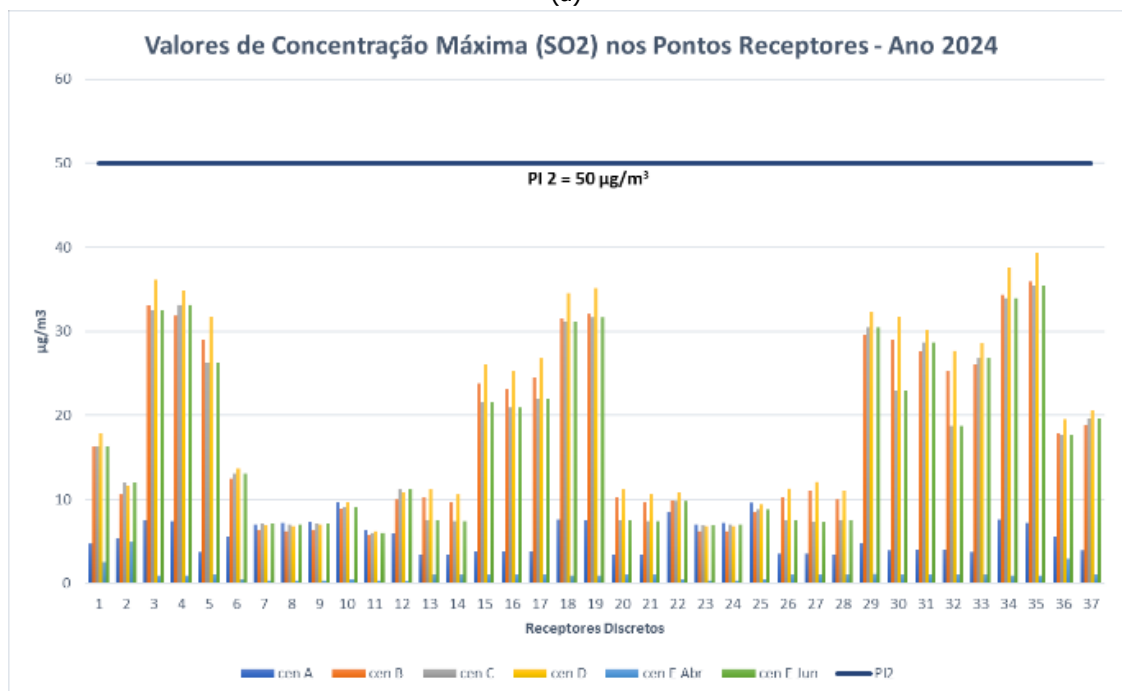
na região de Candiota (Anexo III), este valor é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo considerado o mais seguros para a saúde humana (OMS, 2006). De acordo com os cálculos realizados para este índice, a qualidade do ar nas áreas urbanas e onde estão localizados os pontos receptores é considerada como **BOA**.

**Tabela 6 –** Receptores discretos selecionados para o EDA.

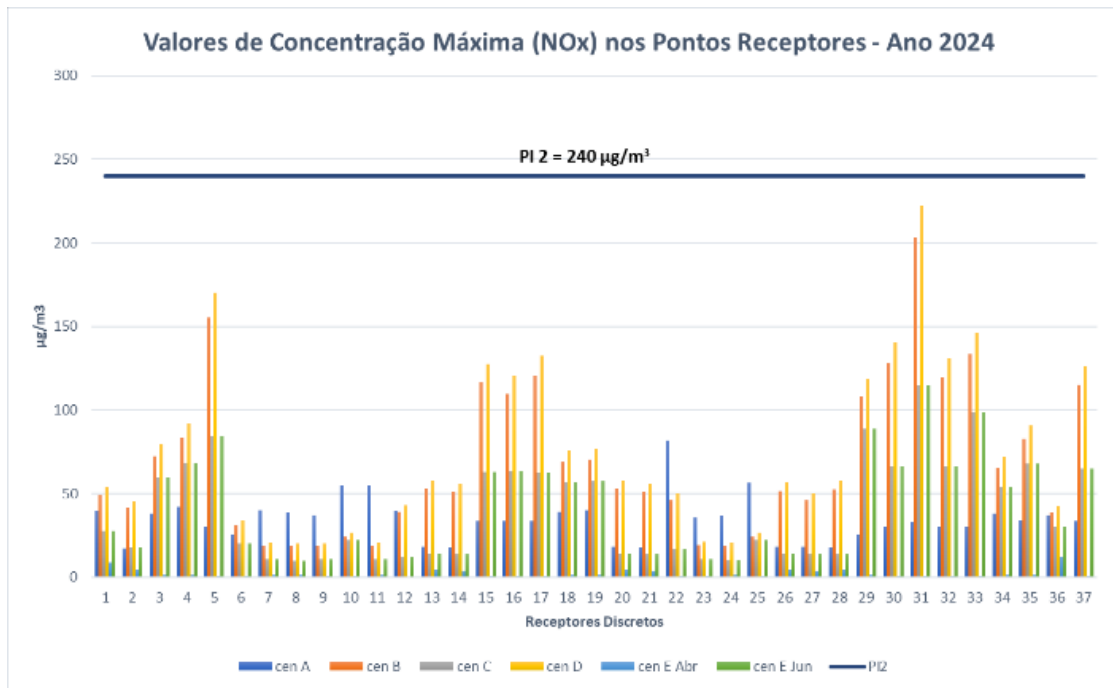
| Receptor | Tipo     | UTM (eixo X) | UTM (eixo Y) | Descrição  | Município    |
|----------|----------|--------------|--------------|--|--------------|
| E1 (1)   | Escola   | 247023       | 6516565      | Escola Municipal Carvãozinho                             | Candiota     |
| E2 (2)   | Escola   | 255049       | 6513859      | E.M.E.F Santa Izabel                                     | Candiota     |
| E3 (3)   | Escola   | 242150       | 6506725      | Escola Estadual de Ensino Fundamental Dário Lassance     | Candiota     |
| E4 (4)   | Escola   | 242147       | 6506343      | Emef Acacio da Neves                                     | Candiota     |
| E5 (5)   | Escola   | 246257       | 6505337      | EEM Jeronimo Mercio da Silveira                          | Candiota     |
| E6 (6)   | Escola   | 232668       | 6492415      | Escola EEM 08 de Agosto                                  | Candiota     |
| E7 (7)   | Escola   | 227219       | 6522090      | Emef Monteiro Lobato                                     | Hulha Negra  |
| E8 (8)   | Escola   | 227114       | 6521569      | Polo UAB Hulha Negra                                     | Hulha Negra  |
| E9 (9)   | Escola   | 227401       | 6521694      | Escola E. 1º Grau Profª Dalva                            | Hulha Negra  |
| E10 (10) | Escola   | 227847       | 6518136      | Escola Estadual Manuel Lucas de Oliveira                 | Hulha Negra  |
| E11 (11) | Escola   | 223612       | 6522734      | Emef Auta Gomes  | Hulha Negra  |
| E12 (12) | Escola   | 220152       | 6509499      | Emef Colônia Nova Esperança                              | Hulha Negra  |
| E13 (13) | Escola   | 255140       | 6486187      | Emef   | Candiota     |
| E14 (14) | Escola   | 255253       | 6486249      | Escola Municipal de Educação Infantil                    | Candiota     |
| H1 (15)  | Hospital | 246139       | 6504976      | Hospital Beneficiente de Candiota                        | Candiota     |
| H2 (16)  | Hospital | 246126       | 6504951      | Posto de saude   | Candiota     |
| H3 (17)  | Hospital | 246151       | 6504986      | Hospital Municipal de Candiota                           | Candiota     |
| H4 (18)  | Hospital | 242042       | 6506759      | AFUCAN- Central Medica                                   | Candiota     |
| H5 (19)  | Hospital | 242064       | 6506642      | Unidade Basica de Saude de Dario Lassance                | Candiota     |
| H6 (20)  | Hospital | 255145       | 6486188      | Pronto Atendimento                                       | Pedras Altas |
| H7 (21)  | Hospital | 255242       | 6486249      | Hospital Municipal Dona Lydia de San Mamede Assis Brasil | Pedras Altas |
| H8 (22)  | Hospital | 227573       | 6509499      | Zona rural   | Hulha Negra  |
| L1 (23)  | Lazer    | 227332       | 6521042      | Praça Municipal  | Hulha Negra  |
| L2 (24)  | Lazer    | 227126       | 6521804      | Ginásio Municipal  | Hulha Negra  |
| L3 (25)  | Lazer    | 227867       | 6518237      | Praça da Amizade   | Pedras Altas |
| L4 (26)  | Lazer    | 255006       | 6486244      | Praça Joaquina de Assis Brasil                           | Pedras Altas |
| L5 (27)  | Lazer    | 254591       | 6486062      | Praça Alexandre Antônio Barbosa                          | Pedras Altas |
| L6 (28)  | Lazer    | 255253       | 6486155      | Praça das Corticeiras                                    | Candiota     |
| L7 (29)  | Lazer    | 245857       | 6507502      | Prainha de Candiota                                      | Candiota     |
| L8 (30)  | Lazer    | 246469       | 6505369      | Mirante do Básico  | Candiota     |
| L9 (31)  | Lazer    | 245860       | 6505099      | Canteiro o ET  | Candiota     |
| L10 (32) | Lazer    | 246318       | 6505635      | Centro Cultural de Candiota                              | Candiota     |
| L11 (33) | Lazer    | 245738       | 6505657      | CTG Coordeiro do Pago                                    | Candiota     |
| L12 (34) | Lazer    | 242023       | 6506885      | Praça Dario Lassance                                     | Candiota     |
| L13 (35) | Lazer    | 242600       | 6506548      | Ginásio de Esporte Lucas Porcinculo                      | Candiota     |
| L14 (36) | Lazer    | 246908       | 6515712      | Pórtico de Candiota                                      | Candiota     |



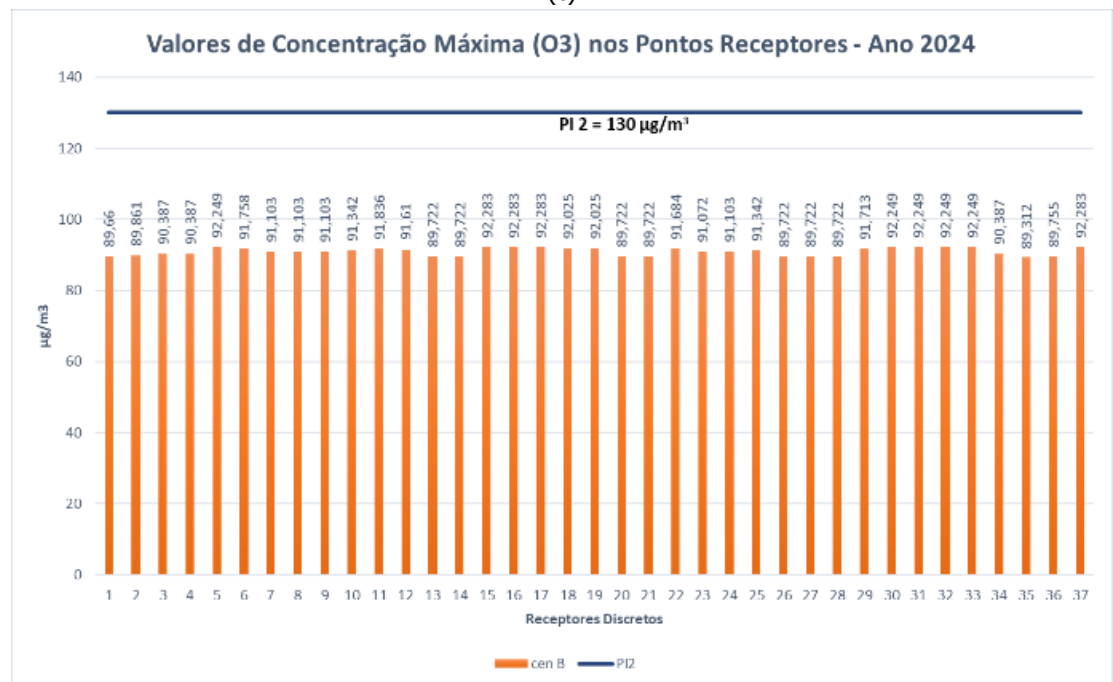
(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 21** - Comparação entre o padrão intermediário 2 (PI2) da Resolução CONAMA 506/2024, e os máximos valores de concentração nos 37 receptores discretos modelados para: (a) PM<sub>10</sub>, (b) SO<sub>2</sub>, (c) NOx e (d) O<sub>3</sub>.

## 5. CONCLUSÕES

Este relatório técnico apresentou os resultados do Estudo de Dispersão Atmosférica (EDA) para os poluentes monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) (como NO<sub>2</sub>), material particulado (MP como MP<sub>10</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) (como SO<sub>2</sub>) e ozônio troposférico (O<sub>3</sub>) emitidos a partir da operação da UTE Candiota III, localizada em Candiota-RS, no período de 2020 a 2024. A modelagem computacional para material particulado e gases poluentes foi realizada para 05 (cinco) cenários de emissão específicos, com o objetivo de caracterizar situações de saturação ou instauração atmosférica na região.

No primeiro cenário de emissão (Cenário A), foi considerada a ausência da operação da UTE Candiota III para estimar o *background* atmosférico e foram considerados os empreendimentos já existentes; no Cenário B, foi simulada a operação isolada da UTE Candiota III para estimar a contribuição incremental da usina (individual); no Cenário de emissão C, foi considerada a operação com emissões médias para simular o cenário típico de operação da UTE; no Cenário D, a modelagem matemática foi aplicada à operação da UTE em carga máxima, com o objetivo de verificar o cenário crítico; e no Cenário E, foi considerada a operação em regime de partida e outras condições para emissões agudas e pontuais.

Os resultados revelaram que houve boa correlação entre as condições meteorológicas analisadas e o comportamento da pluma do poluente. De acordo com os dados meteorológicos utilizados no estudo de dispersão, a direção do vento apresentou componentes principais de leste e nordeste, tal que o transporte da pluma de poluentes pelo vento médio foi realizado, preferencialmente, para oeste e sudoeste.

Os picos de concentração máxima dos poluentes estiveram localizados dentro dos limites ou muito próximos do empreendimento. As máximas ocorreram a noite e no início da manhã, sendo que, em escala meteorológica local (microescala), estiveram relacionadas a condições de Camada Limite Atmosférica (CLA) estável, inversão de temperatura na superfície e ventos fracos (menores do que 2,0 m/s). Em escala meteorológica global (macroescala), as máximas estiveram relacionadas a sistemas pós-frontais, os quais se caracterizam pela atuação de massas de ar fria e alta pressão atmosférica. É claro, portanto, que as condições meteorológicas na área de interesse cooperam fundamentalmente para a ocorrência dos picos de concentração dos poluentes.

Os resultados das simulações mostraram que os picos de concentração máxima, que ultrapassaram os Padrões de Qualidade do Ar Intermediário 2 (PI2) do CONAMA, ocorreram de forma pontual e estritamente relacionados às condições meteorológicas supracitadas. Os

aumentos esporádicos de concentração estiveram, desse modo, relacionados às condições meteorológicas de alta pressão atmosférica, inversão térmica e ventos fracos, que provocaram a diminuição da dispersão (transporte pelo vento médio) e da difusão (abertura da pluma pela turbulência na CLA) e, conseqüentemente, o aumento das concentrações próximo à superfície.

Especificamente, episódios de ventos fracos (até 2 m/s) podem provocar o efeito de meandro do vento, o que coopera para o aumento da abertura da pluma nas proximidades da fonte. Esse efeito altera o padrão de dispersão dos poluentes (transporte + difusão) comparado ao efeito ocasionado em condições de ventos fortes (Sharan e Yadav, 1998; Oettl et al., 2001; Anfossi et al., 2005; Carvalho e Vilhena, 2005; Carvalho et al. 2006). Vale ressaltar que durante a noite e início da manhã, períodos em que máximos de concentração ocorrem, a camada limite planetária apresenta-se estável e com baixas velocidades do vento.

Um total de 37 (trinta e sete) pontos receptores discretos foram adotados para avaliação da qualidade do ar na área de influência direta do empreendimento. A escolha dos receptores levou em conta a distribuição dentro do domínio de modelagem, locais de grande circulação de pessoas e a direções preferenciais do vento. A análise dos resultados revelou que as concentrações dos poluentes não ultrapassaram os Padrões de Qualidade do Ar PI2 em nenhum receptor, levando a crer que os níveis de qualidade do ar nas proximidades do empreendimento não estão comprometendo a saúde e o bem-estar dos habitantes.

Além disso, foram realizadas análises, nos mesmos receptores discretos, quanto à classificação da qualidade do ar pelo Índice de Qualidade do Ar (IQA<sub>r</sub>) do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019). Esse resultado representa uma avaliação complementar à análise do comportamento da concentração de poluentes em relação ao Padrão de Qualidade do Ar do CONAMA. Concluiu-se que, pelo IQA<sub>r</sub>, as concentrações máximas dos poluentes, em todos os receptores discretos, são classificadas como "N1-BOA".

As conclusões relacionadas aos pontos receptores corroboram com a análise dos dados de concentração observadas pelas Estações de Qualidade do Ar (EQAs), instaladas na área de influência da UTE Candiota III. De acordo com a avaliação das séries monitoradas, não houve ultrapassagens dos Padrões de Qualidade do Ar PI2 para nenhum dos poluentes. Com relação à classificação da qualidade do ar pelo IQA<sub>r</sub>, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> apresentaram classificação "N1-BOA" e PM<sub>10</sub> apresentou classificação MODERADA em alguns dias, sendo que este último resultado está, certamente, influenciado por fontes emissoras de fora da UTE Candiota III.

## **6. RECOMENDAÇÕES**

### **6.1. Avaliação da rede de monitoramento atual**

Com relação à rede de monitoramento de meteorologia e qualidade do ar, a mesma já possui uma distribuição adequada, encontra-se bem distribuída e opera continuamente, com dados consistentes e representativos para as informações de qualidade do ar e meteorologia da região de Candiota-RS.

### **6.2. Sistema de Previsão e Tomada de Decisão**

Como recomendação, sugere-se que seja implementado um Sistema de Modelos Computacionais para permitir a previsão da concentração dos poluentes emitidos pela UTE Candiota III. Este sistema contará com uma estrutura capaz de gerar informações para a tomada de decisões relacionadas às emissões de poluentes a partir de dados simulados.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Anfossi, D., Oettl, D., Degrazia, G.A., Goulart, A., 2005: An analysis of sonic anemometer observations in low wind speed conditions. *Boundary-Layer Meteorology* 1 (114),179–203.

Carvalho, J. C., Vilhena, M. T., 2005: Pollutant dispersion simulation for low wind speed condition by the ILS method. *Atmospheric Environment* 39, 6282-6288

Carvalho, J.C., Degrazia, G.A., Vilhena, M. T., Magalhães, S.G., 2006: Parameterization of meandering phenomenon in a stable atmospheric boundary layer. *Physica A* 368, 247-256.

Oettl, D., Almbauer, R.A., Sturm, P.J., 2001. A new method to estimate diffusion in stable, low-wind conditions. *Journal of Applied Meteorology* 40, 259–268.

Sharan, M., Yadav, A.K., 1998. Simulation of experiments under light wind, stable conditions by a variable K-theory model. *Atmospheric Environment* 32, 3481–3492.