

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA -UTE CANDIOTA III

ANEXO I – GEORREFERENCIAMENTO

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. Objetivo	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS	6
2.1. Base cartográfica e referência espacial	6
2.2. Infraestrutura territorial e fontes oficiais	6
2.3. Seleção e georreferenciamento dos receptores	7
2.4. Distâncias e escalas de análise	7
2.5. Integração com a modelagem de dispersão	7
3. CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS RECEPTORES	8
4. ANÁLISE EM DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS	11
5. NÚCLEOS HABITACIONAIS E DISTÂNCIAS EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III	15
5.1. Receptores e estações de qualidade do ar no entorno da UTE Candiota III	17
6. INTEGRAÇÃO ESPACIAL COM OS CAMPOS DE CONCENTRAÇÃO	19
6.1. Integração das concentrações modeladas aos receptores discretos	19
7. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	22

Lista de Tabelas

TABELA 1 - RECEPTORES DISCRETOS ESCOLARES, SELECIONADOS PARA O EDA.....	9
TABELA 2- RECEPTORES DISCRETOS DE SAÚDE, SELECIONADOS PARA O EDA.....	10
TABELA 3 - RECEPTORES DISCRETOS DE LAZER, SELECIONADOS PARA O EDA	10
TABELA 4 - DISTÂNCIA E DIREÇÃO APROXIMADAS DOS NÚCLEOS HABITACIONAIS DE CANDIOTA EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III.....	16
TABELA 5 - DISTÂNCIA E DIREÇÃO APROXIMADAS DE NÚCLEOS HABITADOS SELECIONADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UTE CANDIOTA III.....	16
TABELA 6 - INTEGRAÇÃO DOS RECEPTORES DISCRETOS COM AS CONCENTRAÇÕES MODELADAS DE SO ₂ , NO _x E PM ₁₀	20

Lista de Figuras

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RECEPTORES DISCRETOS CONSIDERADOS NA MODELAGEM DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA NA ÁREA DE ESTUDO DA UTE CANDIOTA III	8
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECEPTORES NA ÁREA REGIONAL DE 100 × 100 KM DA UTE CANDIOTA III.....	12
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECEPTORES EM RELAÇÃO AOS RAIOS DE REFERÊNCIA DE ATÉ 30 KM DA UTE CANDIOTA III.	13
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECEPTORES NO ENTORNO IMEDIATO DA UTE CANDIOTA III, CONSIDERANDO OS RAIOS DE 1, 2,5 E 5 KM.....	14
FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DOS NÚCLEOS HABITACIONAIS DE CANDIOTA E DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO ENTORNO DA UTE CANDIOTA III.	15
FIGURA 6 -DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UTE CANDIOTA III, ÁREAS DE MINERAÇÃO, RECEPTORES DISCRETOS E ESTAÇÕES DE QUALIDADE DO AR NO ENTORNO DO EMPREENDIMENTO	18

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da dispersão de poluentes atmosféricos provenientes de fontes estacionárias requer não apenas a estimativa das concentrações no ambiente, mas também a compreensão de sua distribuição espacial em relação às fontes emissoras e aos elementos potencialmente expostos (Cimorelli et al., 2005; Siahpour et al., 2022; Tran et al., 2022). A localização das fontes, a configuração do terreno, a meteorologia e a posição dos receptores constituem componentes essenciais para a interpretação dos resultados de modelos de dispersão atmosférica (Ramos; Blanco, 2022; Wu et al., 2023).

Nesse contexto, o georreferenciamento constitui uma etapa fundamental dos estudos de dispersão atmosférica, pois permite integrar, em uma mesma referência espacial, a localização das fontes de emissão, dos núcleos populacionais, da infraestrutura regional e dos diferentes receptores ambientais e sociais existentes na área de influência do empreendimento. A integração entre Sistemas de Informação Geográfica e modelagem de dispersão amplia a capacidade de interpretar espacialmente as concentrações estimadas e de relacioná-las aos locais potencialmente expostos. (Ramos; Blanco, 2022; Wu et al., 2023).

A área de estudo da UTE Candiota III, localizada na região de Candiota, no Rio Grande do Sul, apresenta uma rede de infraestrutura de transportes composta por rodovias, ferrovia, aeroporto, aeródromos e vias de menor porte (ANTT, 2026; DNIT, 2026; IBGE, 2024). Entre os principais eixos rodoviários considerados na pesquisa estão a BR-293, BR-153, BR-473, RS-615, RS-265 e RS-473 (DNIT, 2026). A infraestrutura aeroportuária pode ser verificada em bases oficiais da Agência Nacional de Aviação Civil, enquanto a malha rodoviária e a logística de transportes são documentadas por órgãos como o DNIT e o IBGE. A malha ferroviária regional integra a Malha Sul, cuja concessionária atual é a Rumo Malha Sul S.A.; a denominação Ferrovia Sul Atlântico corresponde ao histórico inicial da concessão (ANAC, 2021; ANTT, 2026; DNIT, 2026; IBGE, 2024).

A presença e a distribuição espacial desses elementos contribuem para a caracterização territorial da área de influência e fornecem informações relevantes para a interpretação espacial da dispersão dos poluentes atmosféricos, especialmente quanto à relação entre as fontes emissoras, a infraestrutura regional, os núcleos populacionais e os receptores potencialmente expostos (Ramos; Blanco, 2022; Tran et al., 2022).

Do ponto de vista da ocupação humana, Bagé constitui o principal centro urbano da área de estudo. A área de estudo compreende Candiota e municípios do seu entorno regional, incluindo Bagé, Pinheiro Machado, Hulha Negra, Aceguá e Pedras Altas, além de outros núcleos considerados na delimitação da área de influência. Além das sedes municipais, a região apresenta localidades, povoados e vilas distribuídos no território (IBGE, 2022). A identificação e o posicionamento geográfico desses núcleos são particularmente importantes em estudos de qualidade do ar, pois possibilitam estabelecer sua localização em relação às fontes emissoras e às áreas alcançadas pelas concentrações estimadas pelos modelos de dispersão (Dong et al., 2020).

Nesse sentido, o georreferenciamento dos receptores permite associar espacialmente as concentrações modeladas aos locais onde se encontram populações e atividades potencialmente sensíveis. Essa integração fornece uma base objetiva para avaliar a distribuição espacial da exposição potencial e para identificar receptores específicos de interesse, como áreas residenciais, escolas, unidades de saúde e espaços de uso coletivo (Dong et al., 2020; U.S. EPA, 2024; WHO, 2023).

No presente estudo, são considerados como principais receptores os núcleos habitacionais, escolas, unidades de saúde e áreas de lazer existentes na região de Candiota e em municípios integrantes da área analisada. A atribuição de coordenadas a esses elementos permite integrá-los à base espacial da modelagem, avaliar sua posição relativa em relação à UTE Candiota III e estabelecer uma estrutura cartográfica para a análise das concentrações de SO_2 , NO_x e PM_{10} .

A análise espacial deve ser interpretada com cautela, pois a proximidade de um receptor em relação à fonte emissora, isoladamente, não determina a concentração atmosférica prevista. A distribuição das concentrações depende também das condições meteorológicas, das características físicas e operacionais das fontes, da altura efetiva de emissão, do relevo e dos processos de transporte e dispersão atmosférica (Cimorelli et al., 2005; U.S. EPA, 2024). Assim, distância e direção constituem variáveis espaciais relevantes, mas sua interpretação deve ser realizada em conjunto com os campos de concentração produzidos pela modelagem (Siahpour et al., 2022; Tran et al., 2022).

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste projeto é georreferenciar e caracterizar espacialmente os principais receptores potencialmente expostos às emissões atmosféricas na área de influência da UTE Candiota III, estabelecendo suas relações de posição, distância e direção em relação às fontes emissoras e fornecendo uma base espacial para a interpretação dos resultados da modelagem de dispersão atmosférica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. BASE CARTOGRÁFICA E REFERÊNCIA ESPACIAL

A análise integra cartograficamente a UTE Candiota III, os limites territoriais, a infraestrutura regional, os núcleos habitacionais e os receptores discretos. No estudo, as coordenadas dos receptores são estabelecidas no sistema UTM, fuso 22 S, EPSG 31982, com referência ao Datum SIRGAS 2000. Para a consolidação da base cartográfica, cada camada espacial é acompanhada de metadados contendo fonte, ano, escala ou resolução, sistema de referência, data de acesso e procedimento de processamento. Bases oficiais do IBGE, DNIT, ANTT e ANAC são utilizadas para a caracterização dos limites administrativos e da infraestrutura de transportes.

2.2. INFRAESTRUTURA TERRITORIAL E FONTES OFICIAIS

A caracterização territorial considera a malha rodoviária, a infraestrutura ferroviária, aeroportuária e os principais núcleos urbanos presentes na área de estudo. Para as rodovias federais, a fonte institucional indicada é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; para a infraestrutura ferroviária, a Agência Nacional de Transportes Terrestres; para aeroportos e aeródromos, a Agência Nacional de Aviação Civil; e, para a integração territorial e logística, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O uso de bases oficiais reduz ambiguidades de nomenclatura e permite documentar a origem das informações utilizadas na cartografia.

2.3. SELEÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DOS RECEPTORES

No estudo, são considerados 50 receptores discretos, classificados em três grupos: 19 escolas, 11 unidades de saúde e 20 áreas de lazer ou uso coletivo. Cada receptor possui identificação, coordenadas UTM, descrição e indicação de município ou localidade.

O procedimento de obtenção e validação das coordenadas dos receptores não foram registradas por levantamento de campo, foram obtidas de forma visual através do Google Earth.

2.4. DISTÂNCIAS E ESCALAS DE ANÁLISE

A chaminé de exaustão da UTE Candiota III é adotada como referência central da grade de estudo. A análise contempla uma área regional de 100 × 100 km, uma área intermediária de aproximadamente 30 km de raio e uma área de maior detalhe no entorno imediato do empreendimento, com destaque para os receptores situados até aproximadamente 5 km.

As distâncias apresentadas entre a UTE e os núcleos habitacionais correspondem a distâncias aproximadas em linha reta. Para padronização metodológica, essas distâncias foram calculadas diretamente em ambiente SIG, utilizando a mesma projeção cartográfica aplicada à base de receptores.

2.5. INTEGRAÇÃO COM A MODELAGEM DE DISPERSÃO

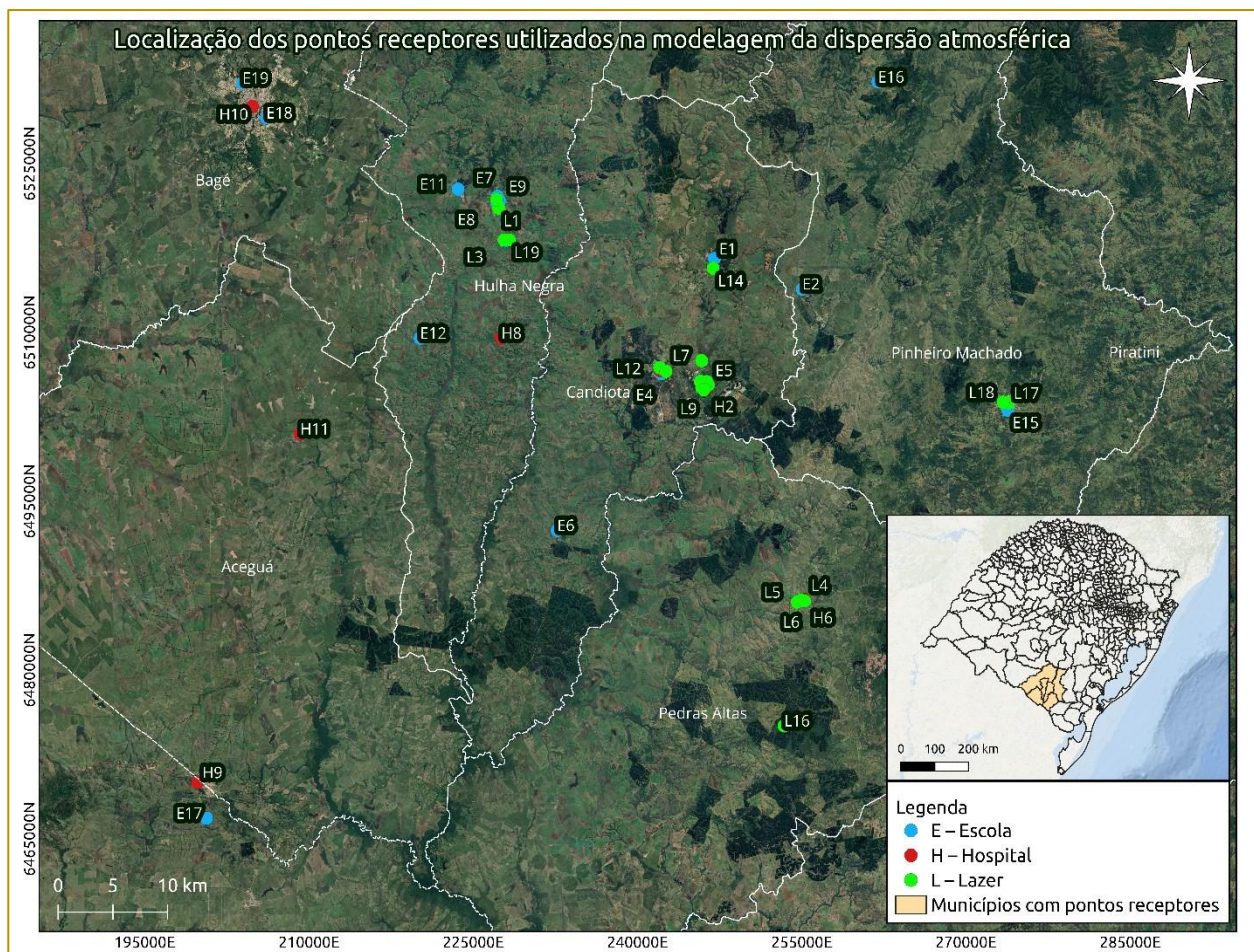
O georreferenciamento adquire maior valor analítico quando os pontos receptores são sobrepostos aos campos de concentração gerados pela modelagem atmosférica. Para cada poluente e período de média, aqui foram extraídas as concentrações modeladas nas coordenadas correspondente à posição de cada receptor, mantendo a identificação do cenário e do período de ocorrência da concentração máxima. Essa etapa permite substituir uma interpretação baseada apenas em distância por uma avaliação espacial diretamente vinculada às concentrações estimadas.

3. CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS RECEPTORES

A distribuição espacial dos receptores evidencia um padrão heterogêneo na área de estudo, com maior concentração de pontos nas áreas urbanizadas de Candiota e Hulha Negra, além da presença de receptores em Bagé, Aceguá, Pedras Altas e Pinheiro Machado. Os receptores considerados compreendem escolas, unidades de saúde e áreas de lazer, distribuídos em diferentes porções do território. A Figura 1 apresenta a localização desses pontos e permite visualizar sua distribuição em relação aos limites municipais e à organização espacial da área de estudo.

Distribuição espacial dos receptores discretos considerados na modelagem da dispersão atmosférica na área de estudo da UTE Candiota III.

Figura 1 - Distribuição espacial dos receptores discretos considerados na modelagem da dispersão atmosférica na área de estudo da UTE Candiota III



Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

As Tabela 1 , Tabela 2 e Tabela 3 sistematizam os 50 receptores discretos considerados no estudo, organizados em:

- 📌 receptores escolares,
- 📌 unidades de saúde; e,
- 📌 áreas de lazer.

A categoria originalmente denominada “Hospital” foi padronizada como “Unidade de saúde”, por incluir hospitais, UBS, postos de saúde e pronto atendimento.

Tabela 1 - Receptores discretos escolares, selecionados para o EDA.

TIPO DE RECEPTOR: ESCOLAS					
RECEPTOR	UTM X (M)	UTM Y (M)	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA/DIREÇÃO EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III
E1 (1)	247023	6516565	Escola Municipal Carvãozinho	Candiota	10,5 km (N)
E2 (2)	255049	6513859	E.M.E.F. Santa Izabel		12,4 km (SW)
E3 (3)	242150	6506725	EEEF Dário Lassance		3,28 km (W)
E4 (4)	242147	6506343	E.M.E.F. Acácio da Neves		7,52 km (NW)
E5 (5)	246257	6505337	E.E.M. Jerônimo Mércio da Silveira		1,35 km (SE)
E6 (6)	232668	6492415	Escola E.E.M. 08 de Agosto		18 km (SW)
E7 (7)	227219	6522090	E.M.E.F. Monteiro Lobato	Hulha Negra	23,7 km (NW)
E8 (8)	227114	6521569	Polo UAB Hulha Negra		23,5 km (NW)
E9 (9)	227401	6521694	Escola E. 1º Grau Prof. ^a Dalva		21 km (NW)
E10 (10)	227847	6518136	EE Manuel Lucas de Oliveira		27,16 km (NW)
E11 (11)	223612	6522734	E.M.E.F. Auta Gomes		27,2 km (NW)
E12 (12)	220152	6509499	E.M.E.F. Colônia Nova Esperança		25,3 km (NW)
E13 (13)	255140	6486187	EMEF	Candiota	22,5 km (SE)
E14 (14)	255253	6486249	Escola Municipal de Educação Infantil		22,95 km (SW)
E15 (15)	273827	6503104	E.M.E.I. Prof. ^a Tânia Maria Silveira Cardoso	Pinheiro Machado	28,6 km (SW)
E16 (16)	261965	6532258	E.M.E.F. Ana Tereza Rosa	Torrinhas	31,6 km (NE)
E17 (17)	200629	6466853	EE Barão Aceguá	Aceguá	57,8 km (SW)
E18 (18)	206105	6529077	Colégio Estadual Prof. Waldemar Amoretty Machado	Bagé	44,8 km (NE)
E19 (19)	203914	6532163	E.E. Carlos Antonio Kluwe		47,7 km (NW)

Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Tabela 2– Receptores discretos de saúde, selecionados para o EDA.

TIPO DE RECEPTOR DISCRETO: UNIDADE SAÚDE					
Receptor	UTM X (M)	UTM Y (M)	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA/DIREÇÃO EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III
H1 (20)	246139	6504976	Hospital Beneficente de Candiota	Candiota	1,66 km (SE)
H2 (21)	246126	6504951	Posto de saúde		1,69 km (SE)
H3 (22)	246151	6504986	Hospital Municipal de Candiota		3,38 km (W)
H4 (23)	242042	6506759	AFUCAN – Central Médica		23,4 km (NW)
H5 (24)	242064	6506642	UBS Dario Lassance		3,35 km (W)
H6 (25)	255145	6486188	Pronto Atendimento	Pedras Altas	22,6 km (SE)
H7 (26)	255242	6486249	Hospital Lydia de San Mamede Assis Brasil		22,5 km (SE)
H8 (27)	227573	6509499	UBS Aceguá	Aceguá	57,9 km (W)
H9 (28)	199832	6470039	Hospital URCAMP	Bagé	46,6 km (NW)
H10 (29)	204810	6530073	Hospital Colônia Aceguá	Aceguá	39 km (SW)

Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Tabela 3 - Receptores discretos de lazer, selecionados para o EDA.

TIPO DE RECEPTOR DISCRETO: UNIDADE DE LAZER					
RECEPTOR	UTM X (M)	UTM Y (M)	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA/DIREÇÃO EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III
L1 (31)	227332	6521042	Praça Municipal	Hulha Negra	23,4 km (NW)
L2 (32)	227126	6521804	Ginásio Municipal		23,8 km (NW)
L3 (33)	227867	6518237	Praça da Amizade	Pedras Altas	21 km (NE)
L4 (34)	255006	6486244	Praça Joaquina de Assis Brasil		22 km (SE)
L5 (35)	254591	6486062	Praça Alexandre Antônio Barbosa		22,5 km (SE)
L6 (36)	255253	6486155	Praça Central		23 km (SE)
L7 (37)	245857	6507502	Prainha de Candiota	Candiota	1,14 km (NE)
L8 (38)	246469	6505369	Mirante do Básico		1,55 km (SE)
L9 (39)	245860	6505099	Canteiro o ET		1,44 km (SE)
L10 (40)	246318	6505635	Centro Cultural de Candiota		1,2 km (SW)
L11 (41)	245738	6505657	CTG Candeeiro do Pago		0,9 km SE
L12 (42)	242023	6506885	Praça Dario Lassance		3,42 km (NW)

TIPO DE RECEPTOR DISCRETO: UNIDADE DE LAZER					
RECEPTOR	UTM X (M)	UTM Y (M)	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA/DIREÇÃO EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III
L13 (43)	242600	6506548	Ginásio de Esporte Lucas Porciúnculo		2,8 km (W)
L14 (44)	246908	6515712	Pórtico de Candiota		9,5 km (N)
L15 (45)	246061	6504916	Praça Vila Residencial		1,71 km (SE)
L16 (46)	253397	6475062	Assoc. Rural	Pedras Altas	32,4 km (SE)
L17 (47)	273917	6503747	Praça	Pinheiro Machado	27,7 km (SE)
L18 (48)	273389	6503801	Zoológico municipal		28,2 km (SE)
L19 (49)	228287	6518229	Clube Concórdia	Trigolândia	20 km (NW)
L20 (50)	227811	6518224	Igreja		21 km (NW)

Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

4. ANÁLISE EM DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

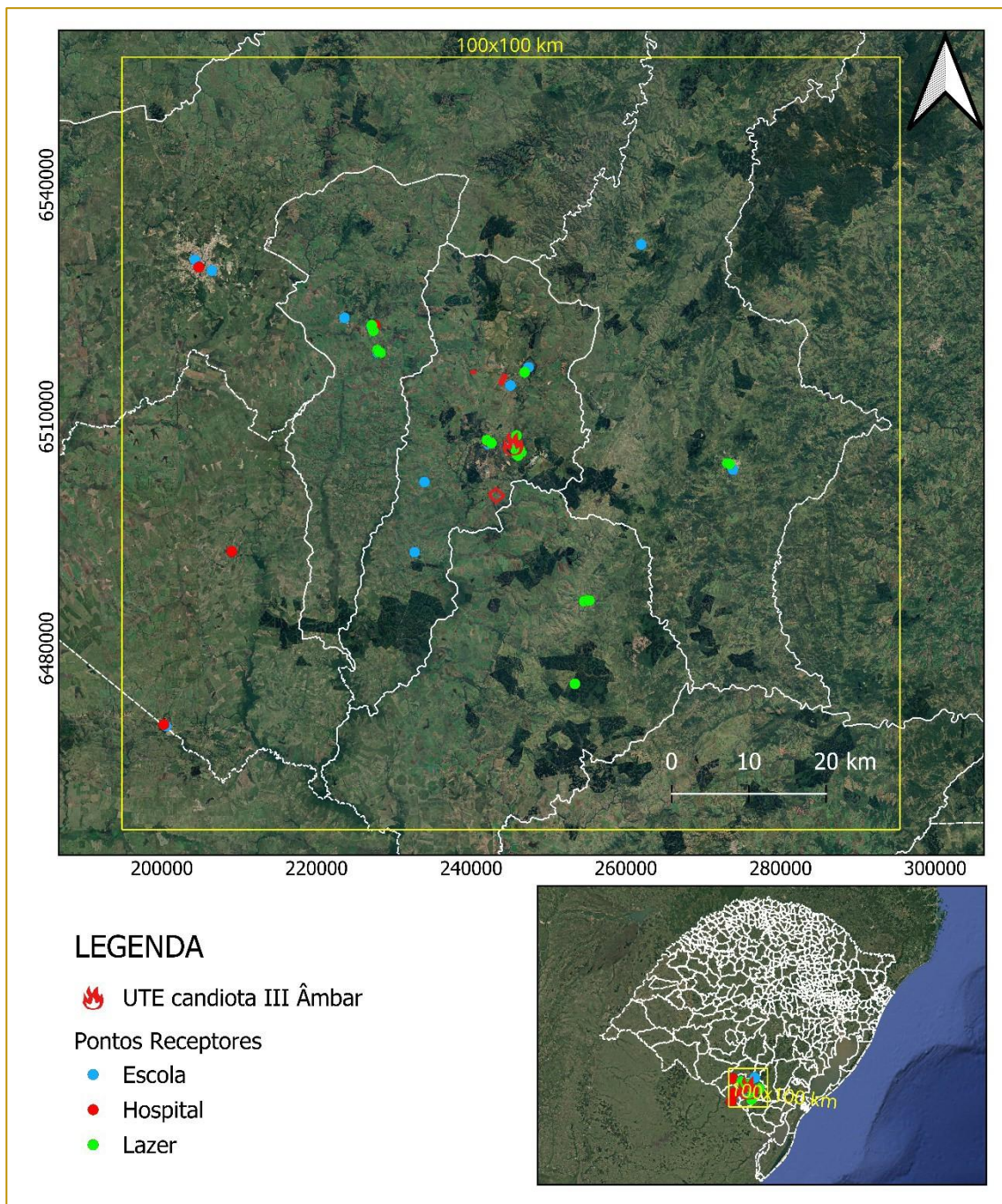
A organização da análise em diferentes escalas espaciais permite caracterizar tanto o contexto regional quanto o entorno imediato da UTE Candiota III.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos receptores na área regional de 100 × 100 km, abrangendo o conjunto mais amplo de municípios considerados no estudo.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos receptores em relação aos raios de referência de até 30 km a partir da UTE Candiota III.

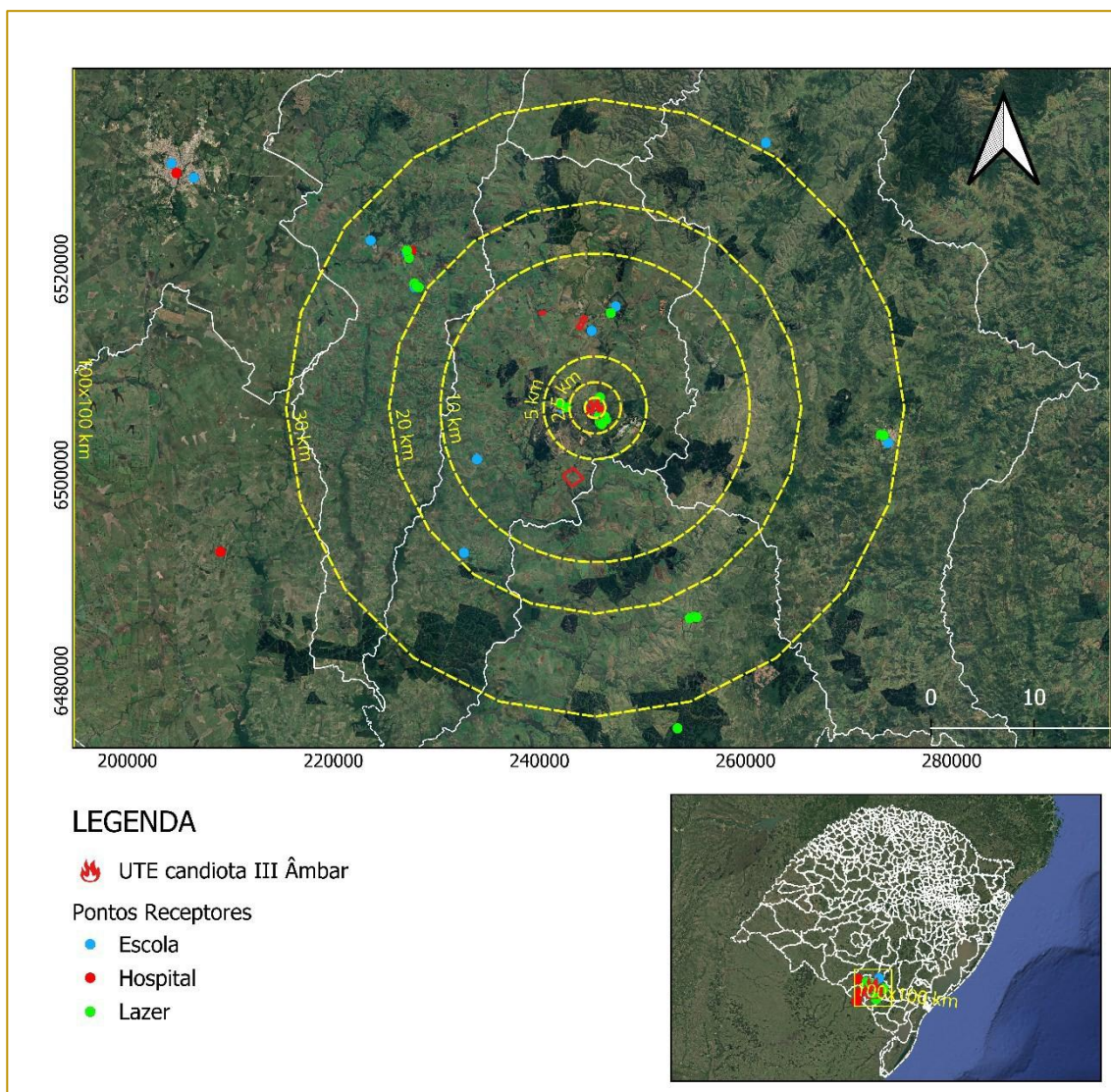
Por sua vez, a Figura 4 detalha o entorno imediato do empreendimento, considerando os raios de 1, 2,5 e 5 km.

Figura 2 - Distribuição dos receptores na área regional de 100 × 100 km da UTE Candiota III.



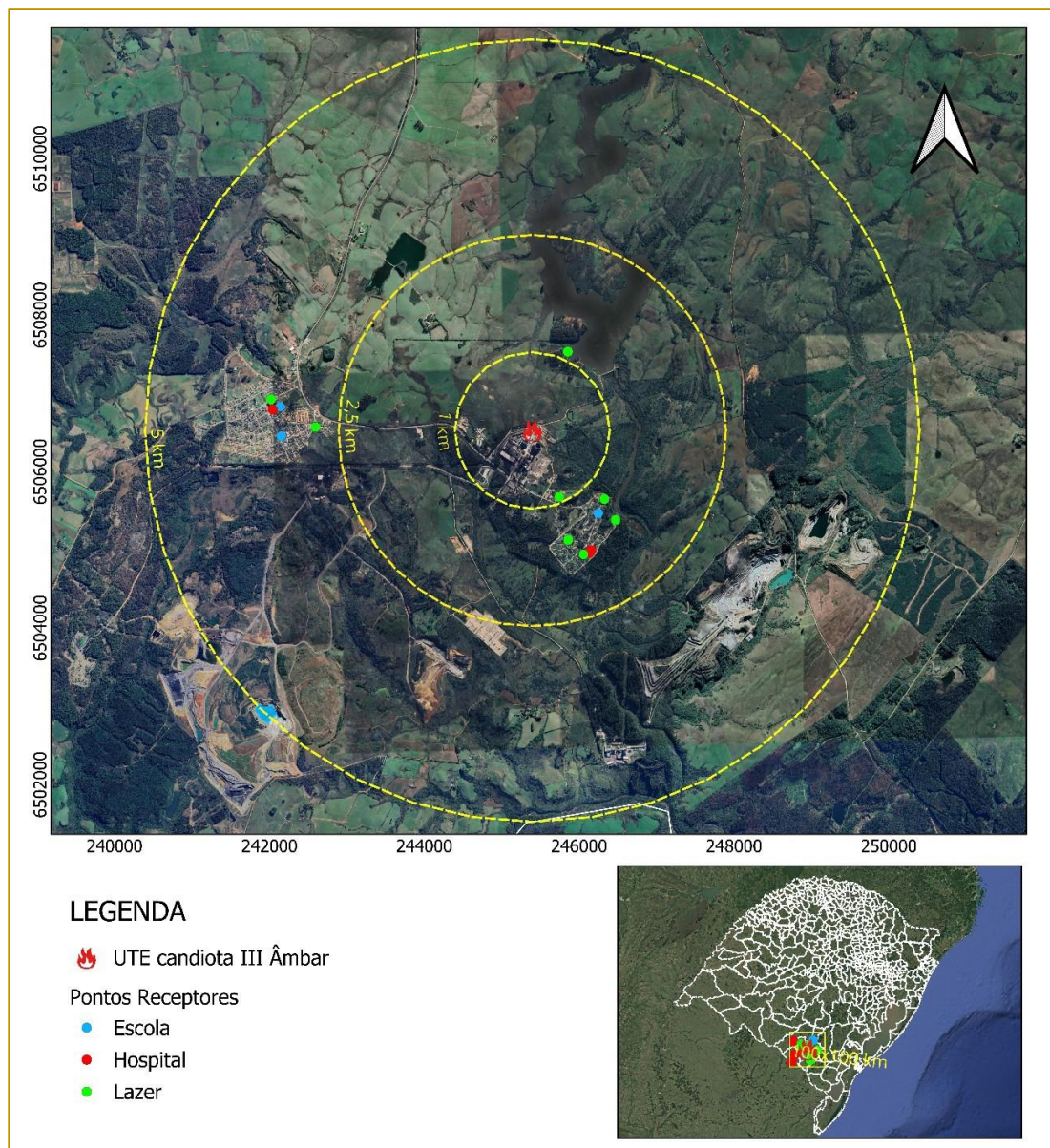
Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Figura 3 - Distribuição dos receptores em relação aos raios de referência de até 30 km da UTE Candiota III.



Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Figura 4 - Distribuição dos receptores no entorno imediato da UTE Candiota III, considerando os raios de 1, 2,5 e 5 km.



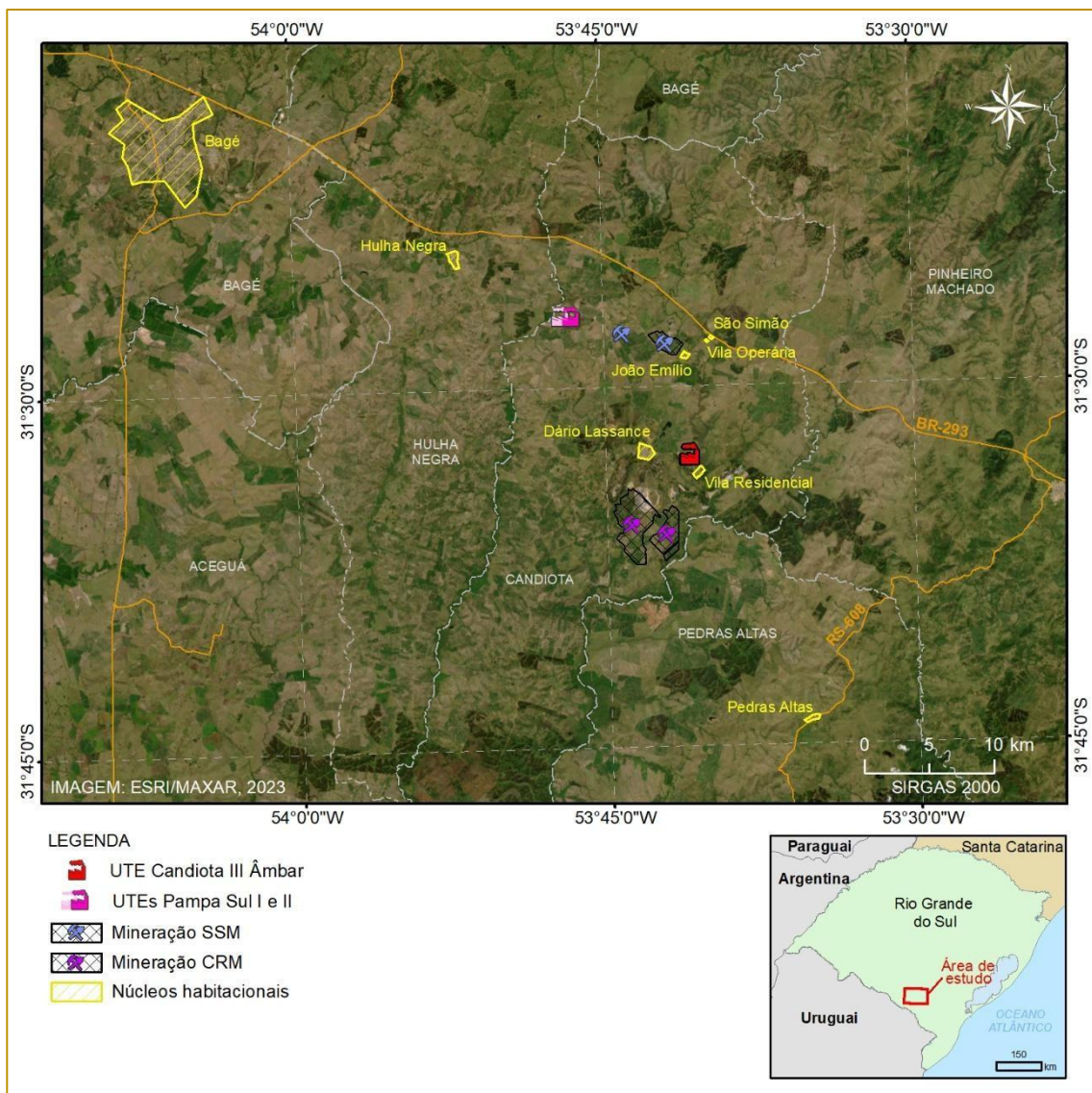
Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Os círculos concêntricos constituem referências de distância e facilitam a leitura espacial dos receptores. Entretanto, não devem ser interpretados como limites de concentração ou de impacto. A direção preferencial da dispersão e a intensidade das concentrações dependem das condições meteorológicas e das características das fontes, razão pela qual os raios devem ser utilizados como apoio cartográfico e não como substitutos dos resultados do modelo.

5. NÚCLEOS HABITACIONAIS E DISTÂNCIAS EM RELAÇÃO À UTE CANDIOTA III

No município de Candiota, o documento-base identifica seis núcleos habitacionais de interesse: Dário Lassance, João Emílio, São Simão, Seival, Vila Operária e Vila Residencial. Esses núcleos apresentam diferentes posições e distâncias em relação à UTE Candiota III, aspecto relevante para a organização espacial da análise, embora não suficiente, isoladamente, para definir o nível de exposição atmosférica.

Figura 5 - Distribuição dos núcleos habitacionais de Candiota e dos principais elementos do entorno da UTE Candiota III.



Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

*Elementos representados na cartografia original: UTE Candiota III, UTEs Pampa Sul I e II, áreas de mineração SSM e CRM e núcleos habitacionais.

Os círculos concêntricos constituem referências de distância e facilitam a leitura espacial dos receptores. Entretanto, não devem ser interpretados como limites de concentração ou de impacto.

A direção preferencial da dispersão e a intensidade das concentrações dependem das condições meteorológicas e das características das fontes, razão pela qual os raios devem ser utilizados como apoio cartográfico e não como substitutos dos resultados do modelo. As distâncias e direções aproximadas dos principais núcleos habitacionais de Candiota em relação à UTE Candiota III são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Distância e direção aproximadas dos núcleos habitacionais de Candiota em relação à UTE Candiota III.

NÚCLEO HABITACIONAL	DISTÂNCIA/DIREÇÃO APROXIMADA
Dário Lassance	3 km (oeste)
João Emílio	8 km (norte)
São Simão	9,5 km (nordeste)
Seival	12 km (noroeste)
Vila Operária	10 km (norte)
Vila Residencial	1 km (sudeste)

Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

Para os municípios e localidades situados no contexto regional da área de influência, o documento-base apresenta as distâncias aproximadas de núcleos habitados selecionados em relação à UTE Candiota III, conforme tabela abaixo.

Tabela 5 - Distância e direção aproximadas de núcleos habitados selecionados na área de influência da UTE Candiota III.

MUNICÍPIO/LOCALIDADE	DISTÂNCIA/DIREÇÃO APROXIMADA
Aceguá (Colônia Nova)	60 km (sudoeste)
Aceguá (sede)	59 km (sudoeste)
Bagé	47 km (noroeste)
Herval	24 km (noroeste)
Hulha Negra	22 km (sudeste)
Pedras Altas	29 km (leste)
Piratini	57 km (nordeste)

Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

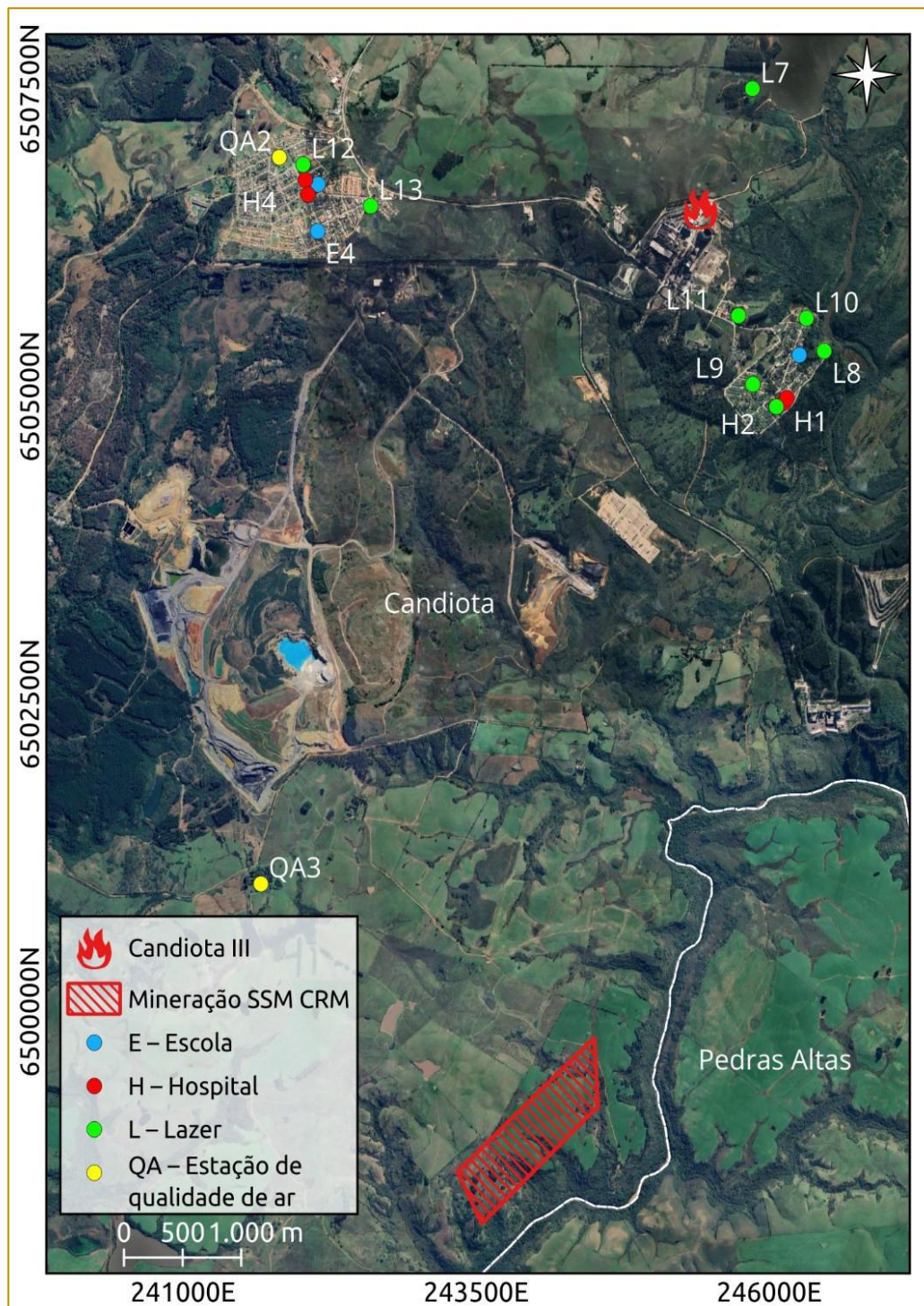
Nota: Pinheiro Machado possui receptores cadastrados na área de estudo, porém a distância do núcleo urbano em relação à UTE Candiota III não é apresentada na tabela correspondente do documento-base; por esse motivo, o valor não foi incluído nesta versão.

5.1. RECEPTORES E ESTAÇÕES DE QUALIDADE DO AR NO ENTORNO DA UTE CANDIOTA III

A análise em escala de maior detalhe permite visualizar conjuntamente a localização da UTE Candiota III, das áreas de mineração, dos receptores discretos e das estações de monitoramento da qualidade do ar presentes em seu entorno. A Figura 6 evidencia a relação espacial entre esses elementos, destacando a distribuição dos receptores mais próximos da fonte emissora e a posição das estações de qualidade do ar utilizadas como referência no acompanhamento das condições atmosféricas locais.

A representação conjunta desses elementos fornece suporte à interpretação espacial dos resultados da modelagem, uma vez que permite relacionar a posição dos receptores e das estações de monitoramento às principais fontes e atividades existentes no entorno da UTE Candiota III. Essa configuração espacial também possibilita comparar, posteriormente, os campos de concentração modelados com os locais de interesse ambiental e de monitoramento.

Figura 6 -Distribuição espacial da UTE Candiota III, áreas de mineração, receptores discretos e estações de qualidade do ar no entorno do empreendimento.



Fonte: Adaptada do Estudo da Dispersão de Poluentes – Região da UTE Candiota III (2026).

6. INTEGRAÇÃO ESPACIAL COM OS CAMPOS DE CONCENTRAÇÃO

A integração espacial entre os receptores georreferenciados e os resultados da modelagem atmosférica permite avaliar as concentrações estimadas na posição de cada receptor. Para essa análise, as superfícies ou isolinhas de concentração de SO_2 , NO_x e PM_{10} são associadas à base espacial dos receptores, possibilitando relacionar escolas, unidades de saúde, áreas de lazer e núcleos habitacionais aos diferentes níveis de concentração modelados.

Essa abordagem complementa a análise baseada em distância, uma vez que a proximidade em relação à fonte emissora, isoladamente, não determina a concentração atmosférica em determinado receptor. A distribuição espacial dos poluentes também é influenciada pelas condições meteorológicas, especialmente direção e velocidade do vento e estabilidade atmosférica, além das características das emissões e do relevo. Assim, um receptor mais distante da fonte pode apresentar concentração superior à observada em outro receptor mais próximo, dependendo das condições de transporte e dispersão da pluma.

Nesse contexto, as distâncias e direções apresentadas anteriormente (ver tabelas de receptores) são utilizadas como descritores espaciais complementares à interpretação dos campos de concentração, não constituindo, isoladamente, indicadores diretos de exposição.

Para cada cenário de dispersão atmosférica, os campos de concentração podem ser representados juntamente com a localização da UTE Candiota III, dos receptores discretos e dos principais núcleos habitacionais. A associação dos valores modelados às coordenadas dos receptores permite identificar os pontos submetidos às maiores concentrações estimadas em cada cenário e poluente, fornecendo uma base espacial para a interpretação ambiental dos resultados e para a identificação de áreas que demandam maior atenção.

6.1. INTEGRAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MODELADAS AOS RECEPTORES DISCRETOS

Os resultados da modelagem podem ser sistematizados em uma tabela integrada, como a tabela a seguir, contendo a identificação e a categoria do receptor, o município, a distância e a direção em relação à UTE Candiota III e as concentrações modeladas de SO_2 , NO_x e PM_{10} .

Tabela 6 - Integração dos receptores discretos com as concentrações modeladas de SO₂, NO_x e PM₁₀.

RECEPTOR	E1	H1	L7
TIPO	Escola	Unidade de saúde	Lazer
MUNICÍPIO	Candiota	Candiota	Candiota
DISTÂNCIA	a calcular	a calcular	a calcular
DIREÇÃO	a calcular	a calcular	a calcular
SO ₂	saída do modelo	saída do modelo	saída do modelo
NO _x	saída do modelo	saída do modelo	saída do modelo
PM ₁₀	saída do modelo	saída do modelo	saída do modelo

Fonte: Elaborada pelos autores (2026). **Nota:** As distâncias e direções dos receptores discretos são obtidas da base georreferenciada apresentada na Tabela 1. Os valores de concentração de SO₂, NO_x e PM₁₀ devem ser incorporados a partir das respectivas saídas da modelagem atmosférica.

7. CONCLUSÃO

O georreferenciamento dos receptores estrutura uma base espacial integrada para a análise da área de influência da UTE Candiota III, permitindo estabelecer a posição relativa dos núcleos habitacionais, escolas, unidades de saúde e áreas de lazer em relação à fonte emissora e aos demais elementos territoriais de interesse. A análise em diferentes escalas espaciais caracteriza tanto o contexto regional quanto o entorno imediato do empreendimento, evidenciando a distribuição heterogênea dos receptores e suas diferentes relações de distância e direção em relação à usina.

A principal contribuição da base georreferenciada consiste na possibilidade de integrar a localização dos receptores aos campos de concentração produzidos pela modelagem atmosférica. Essa integração permite associar espacialmente cada receptor às concentrações estimadas de SO₂, NO_x e PM₁₀, proporcionando uma interpretação mais consistente dos resultados do que aquela baseada exclusivamente na distância em relação à fonte emissora. A proximidade, embora constitua um importante descritor espacial, não determina isoladamente os níveis de concentração, uma vez que a dispersão atmosférica também depende das condições meteorológicas, das características das emissões, do relevo e dos processos de transporte da pluma.

Dessa forma, o georreferenciamento não se restringe à representação cartográfica dos elementos da área de estudo, mas constitui um componente metodológico da avaliação da dispersão atmosférica. Sua integração às saídas do modelo fornece suporte à identificação dos receptores associados às maiores concentrações estimadas, à

interpretação dos cenários de dispersão, ao direcionamento do monitoramento da qualidade do ar e ao planejamento de ações de gestão ambiental na região da UTE Candiota III.

Referências

- ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. *Cadastro de aeródromos*. Brasília, DF: ANAC, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeroportos-e-aerodromos/cadastro-de-aerodromos-privativo/cadastro-de-aerodromos_1. Acesso em: 7 set. 2026.
- ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. *Rumo Malha Sul S.A.* Brasília, DF: ANTT, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/concessoes-ferroviarias/rumo-malha-sul-s-a/rumo-malha-sul-s-a-capa>. Acesso em: 7 set. 2026.
- CIMORELLI, A. J.; PERRY, S. G.; VENKATRAM, A.; WEIL, J. C.; PAINE, R. J.; WILSON, R. B.; LEE, R. F.; PETERS, W. D.; BRODE, R. W. AERMOD: a dispersion model for industrial source applications. Part I: general model formulation and boundary layer characterization. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 44, n. 5, p. 682–693, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAM2227.1>.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Rio Grande do Sul*. Brasília, DF: DNIT, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/mapa-de-gerenciamento/rio-grande-do-sul/rio-grande-do-sul>. Acesso em: 7 set. 2026.
- DONG, X.; ZHAO, X.; PENG, F.; WANG, D. Population based air pollution exposure and its influence factors by integrating air dispersion modeling with GIS spatial analysis. *Scientific Reports*, v. 10, art. 479, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57385-9>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 7 set. 2026.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Logística dos transportes*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15793-logistica-dos-transportes.html>. Acesso em: 7 set. 2026.
- RAMOS, R. V.; BLANCO, A. C. Integrated GIS and air dispersion modeling approach for roadside pollutant mapping: a case study in Baguio City, Philippines. *Spatial Information Research*, v. 30, n. 3, p. 371–383, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-022-00438-5>.
- SIAHPOUR, G.; JOZI, S. A.; ORAK, N.; FATHIAN, H.; DASHTI, S. Estimation of environmental pollutants using the AERMOD model in Shazand thermal power plant, Arak, Iran. *Toxin Reviews*, v. 41, n. 4, p. 1269–1279, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/15569543.2021.2004429>.
- TRAN, Q. A.; NGUYEN, N. H. T.; NGUYEN, P. Q.; NGUYEN, A. M. Simulation of thermal power plant source contribution to ambient air concentration in Cam Pha City, Quang Ninh province using AERMOD dispersion model. *Journal of Mining and Earth Sciences*, v. 63, n. 3, p. 35–42, 2022. DOI: [https://doi.org/10.46326/JMES.2022.63\(3\).05](https://doi.org/10.46326/JMES.2022.63(3).05).
- U.S. EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *User's guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD)*. EPA-454/B-24-007. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, 2024.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Overview of methods to assess population exposure to ambient air pollution*. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240073494>. Acesso em: 7 set. 2026.
- WU, Q.; WANG, Y.; SUN, H.; LIN, H.; ZHAO, Z. A system coupled GIS and CFD for atmospheric pollution dispersion simulation in urban blocks. *Atmosphere*, v. 14, n. 5, art. 832, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos14050832>