



**ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA
E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR**

LD CELULOSE – INDIANÓPOLIS MG



Consultoria Ambiental Especializada e Laboratório Acreditado ISO/IEC 17.025 CRL 1151

Elaborado para:



Elaborado em:

18/06/2018

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO DA REVISÃO	PREPARADO POR:	REVISADO POR:	APROVADO POR:
00	18/06/2018	Documento Original	Daniel Zacharias	George Lentz	George Lentz
01	25/06/2018	Revisado em atendimento as solicitações Celso Tomio Tsutsumi	George Lentz	George Lentz	George Lentz
02	04/07/2018	Alterações nas figuras Re-simulação ERT 1h Revisado em atendimento as solicitações Celso Tomio Tsutsumi	Daniel Zacharias	Daniel Zacharias	George Lentz
03	12/07/2018	Revisado em atendimento as solicitações Celso Tomio Tsutsumi	George Lentz	George Lentz	George Lentz

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS.....	ix
1 OBJETIVOS	10
2 INTRODUÇÃO	11
2.1 Modelo Computacional de Dispersão Atmosférica	11
2.2 Localização da Unidade e dos Municípios de Entorno	18
3 A FÁBRICA DE CELULOSE.....	18
4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA	19
4.1 Domínio do Estudo	20
4.2 Relevo e Uso do Solo	24
4.3 Análise dos Dados Meteorológicos.....	27
4.3.1 Weather Research and Forecasting – WRF	27
4.3.2 Configuração do AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET).....	28
4.3.3 A Importância da Direção e Velocidade dos Ventos	32
4.3.4 Histograma Direcional do Vento (dados do modelo do WRF)	32
4.3.5 Dados Meteorológicos de Superfície (dados do modelo do WRF).....	34
4.3.6 Testes Estatísticos e Validação do Modelo	39
4.4 Configurações Regulatórias das Simulações.....	43
4.5 Cenários Simulados	43
4.6 Efeito Downwash	45
4.7 Taxas de emissão	48
5 RESULTADOS.....	50
Rede de Monitoramento da Qualidade do ar no Estado de Minas Gerais.....	50
Os Padrões de qualidade do ar aplicáveis e este EDA.....	50
5.1 Resultados nos Receptores Discretos.....	55
6 CONCLUSÕES	60
7 EQUIPE TÉCNICA	61

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXO A: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DOS POLUENTES	63
ANEXO B: CINQUENTA (50) MAIORES CONCENTRAÇÕES DE CURTO PERÍODO	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de análise por dois estágios. A concentração total é dada por uma soma ponderada dos dois estados extremos possíveis da pluma.....	13
Figura 2: Tratamento do terreno no AERMOD. Determinação do fator de peso usado no cálculo da concentração total.	14
Figura 3: Pluma instantânea e sua respectiva média na CLC.....	15
Figura 4: Tratamento matemático utilizado pelo AERMOD da pluma real na CLC.	16
Figura 5: Abordagem bi-Gaussiana da aproximação de uma distribuição assimétrica por duas distribuições Gaussianas, uma para os movimentos ascendentes e outra para os descendentes.....	17
Figura 6: Localização da fábrica de celulose e dos municípios de entorno.....	18
Figura 7: Localização da futura fábrica de celulose.	19
Figura 8: Receptores discretos colocados nas localizações críticas e nas estações de monitoramento de qualidade do ar.....	22
Figura 9: Malhas cartesianas simuladas, centralizadas na fonte.	23
Figura 10: Mapa da localização do empreendimento e domínio do estudo fora dos limites territoriais da unidade de conservação marcada em verde.....	24
Figura 11: Mapa de uso do solo, com as áreas urbanas marcadas em vermelho.....	25
Figura 12: Curvas de nível (m) da região destaque para o empreendimento ao centro.	26
Figura 13: Configurações dos dados horários da estação de superfície (AERMET).....	29
Figura 14: Configurações do Land Use Creator incluindo as categorias de uso do solo do GLCC no local do projeto.....	30
Figura 15: Configuração do Land Use Viewer com a classificação de uso do solo.....	31
Figura 16: Configuração dos parâmetros de superfície pela direção do vento.....	31
Figura 17: Rosa dos ventos com a classificação de velocidade, direção e limite, em porcentagem, da ocorrência de ventos de calmaria.	33
Figura 18: Histograma de classificação da frequência de distribuição do vento.....	33
Figura 19: Estatísticas dos dados utilizados.	34
Figura 20: Série temporal da temperatura do ar (K) simulada com o WRF.....	36
Figura 21: Gráfico da normal climatológica de temperatura do ar (°C) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.....	36
Figura 22: Série temporal da umidade relativa do ar (%) simulada com o WRF.	37

Figura 23: Gráfico da normal climatológica da umidade relativa do ar (%) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.....	37
Figura 24: Série temporal da pressão atmosférica (hPa) simulada com o WRF.....	38
Figura 25: Gráfico da normal climatológica da pressão atmosférica (hPa) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.....	38
Figura 26: Gráfico das normais climatológicas da precipitação acumulada mensal (chuva em mm/mês) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.....	39
Figura 27: Configurações DEFAULT para a simulação de particulados emitidos para a atmosfera.....	43
Figura 28: Layout de projeto da unidade projetada.....	44
Figura 29: (a) simulação do efeito downwash em uma maquete, (b) simulação do efeito downwash em uma modelagem computacional e (c) deslocamento da pluma sem atuação do efeito downwash.....	45
Figura 30: Diagrama esquemático da localização das edificações próximas (em azul) e fontes de emissão (em vermelho).....	48
Figura 31: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de CO na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	64
Figura 32: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de CO na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	65
Figura 33: Distribuição espacial da média de 8h da concentração de CO na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	66
Figura 34: Distribuição espacial da média de 8h da concentração de CO na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	67
Figura 35: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de NOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	68
Figura 36: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de NOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.....	69

Figura 37: Distribuição espacial da média anual da concentração de NOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	70
Figura 38: Distribuição espacial da média anual da concentração de NOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	71
Figura 39: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de PTS na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	72
Figura 40: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de PTS na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	73
Figura 41: Distribuição espacial da média anual da concentração de PTS na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	74
Figura 42: Distribuição espacial da média anual da concentração de PTS na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	75
Figura 43: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de SOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	76
Figura 44: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de SOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	77
Figura 45: Distribuição espacial da média anual da concentração de SOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	78
Figura 46: Distribuição espacial da média anual da concentração de SOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	79
Figura 47: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de ERT na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	80
Figura 48: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de ERT na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Localização dos receptores discretos.....	20
Tabela 2: Resultados dos testes estatísticos da simulação com o WRF.....	42
Tabela 3: Cenários simulados no Estudo de Dispersão Atmosférica	44
Tabela 4: Descrição das edificações utilizadas.....	47
Tabela 5: Edificações utilizadas para o cálculo do downwash.	47
Tabela 6: Dados de entrada das fontes áreas simuladas.....	49
Tabela 7: Dados de entrada das fontes áreas simuladas no cenário FUTURO.....	49
Tabela 8: Taxas de emissão por fontes simuladas no cenário FUTURO.	49
Tabela 9: Taxas de emissão por unidade de volume no cenário FUTURO.....	49
Tabela 10: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o CO no cenário FUTURO.....	52
Tabela 11: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o NO_x no cenário FUTURO.....	53
Tabela 12: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o PTS no cenário FUTURO.....	53
Tabela 13: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o SO_x no cenário FUTURO.....	54
Tabela 14: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o ERT no cenário FUTURO.....	54
Tabela 15: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o CO no cenário FUTURO.	55
Tabela 16: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o NO_x no cenário FUTURO.....	56
Tabela 17: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o PTS no cenário FUTURO.....	57
Tabela 18: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o SO_x no cenário FUTURO.....	58
Tabela 19: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o ERT no cenário FUTURO.	59
Tabela 20: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do CO no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	83

Tabela 21: Cinquenta maiores concentrações de curto período (8h) do CO no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84
Tabela 22: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do NO_x no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85
Tabela 23: Cinquenta maiores concentrações de curto período (24h) do PTS no cenário FUTURO	86
Tabela 24: Cinquenta maiores concentrações de curto período (24h) do SO_x no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	87
Tabela 25: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do ERT no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	88

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

CO: Monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente

ERT: Enxofre reduzido total

NO_2 : Dióxido de enxofre

NO_x : Óxidos de nitrogênio, expressos em termos de NO_2

PTS: Partículas Totais em Suspensão

SO_2 : Dióxido de enxofre

SO_x : Óxidos de enxofre, expressos em termos de SO_2

1 OBJETIVOS

O objetivo deste Estudo de Dispersão Atmosférica – EDA é prognosticar as alterações na qualidade do ar provocadas pelos poluentes atmosféricos emitidos pela unidade da LD Celulose a ser instalada no município de Indianópolis e Araguari, MG.

O presente estudo foi elaborado de acordo com os requisitos exigidos pela nota técnica: “ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA A ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA”, elaborada pela FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente).

Os resultados das simulações foram comparados com os respectivos padrões determinados na resolução CONAMA 03/1990.

2 INTRODUÇÃO

O Estudo de Dispersão Atmosférica (EDA) tem grande importância na avaliação da qualidade do ar, simulando as emissões do empreendimento e permitindo identificar a dimensão da área afetada.

O estudo permite entender as condições atmosféricas em cada cenário tratado, para ajudar no estabelecimento de ações preventivas e/ou mitigatórias quando necessário, além de cumprir as exigências da legislação demonstrando maior comprometimento com relação aos aspectos ambientais.

2.1 Modelo Computacional de Dispersão Atmosférica

A modelagem matemática é uma importante ferramenta para avaliar a concentração de poluentes na atmosfera emitidos por fontes estacionárias. Esse modelo permite que sejam analisadas as contribuições de determinadas fontes no resultado final da qualidade do ar.

O modelo utilizado nesse estudo é uma das ferramentas e/ou dos critérios recomendados pelos órgãos de controle ambiental em nível nacional e internacional.

Em 1991, a American Meteorological Society (AMS) e a U.S. Environmental Protection Agency (EPA) iniciaram uma colaboração formal com o objetivo de introduzir os conceitos mais atuais de camada limite planetária (CLP) nos modelos regulatórios de dispersão atmosférica. Foi formado um grupo de trabalho (AMS/EPA Regulatory Improvement Committee, AERMIC) com pesquisadores das duas instituições para desenvolver um modelo que cumprisse esse objetivo.

A plataforma regulatória da EPA para modelagem de campo próximo, durante os 25 anos anteriores permaneceram, com poucas exceções, fundamentalmente inalteradas, sendo o ISC3 foi o principal modelo utilizado, por conta disso, o objetivo do AERMIC foi desenvolver um modelo novo que substituísse completamente o ISC3.

Em 21 de Abril de 2000, a EPA propôs a adoção do AERMOD como substituto do ISC3 no apêndice A do Guideline on Air Quality Models. A versão atual do AERMOD foi revisada e incorporou os algoritmos PRIME para estimativa de downwash.

O AERMOD (v16216r) é um modelo de pluma gaussiana que considera as concentrações obtidas para todas as distâncias como resultados de médias temporais das simulações horárias. Esse tipo de modelo apresenta bons resultados para estudos cujo objetivo é obter uma distribuição espacial da poluição ao invés de resultados pontuais no espaço e no tempo.

Na camada limite estável (CLE) a distribuição da concentração é assumida como Gaussiana tanto na horizontal quanto na vertical. Na camada limite convectiva (CLC) a distribuição horizontal é assumida como Gaussiana, enquanto que na vertical a distribuição é descrita com uma função de densidade de probabilidade bi-Gaussiana.

Em geral, o modelo AERMOD é a combinação de dois casos limites: Uma pluma horizontal que impacta no terreno e uma pluma que acompanha o terreno. Para todas as situações, a concentração total por receptor é a soma ponderada dessas duas situações (Figura 1). Essas duas plumas são separadas por uma linha de corrente crítica de altura H_C (Figura 2).

A equação geral da concentração é aplicada em condições atmosféricas estáveis ou convectivas e é dada por:

$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1 - f)C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$$

Onde: $C_T\{x_r, y_r, z_r\}$ é a concentração total, $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\}$ é a contribuição da pluma horizontal (c e s se referem as condições convectivas e estáveis, respectivamente), $C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$ é a contribuição da pluma que acompanha o terreno, f é o peso da pluma horizontal, $\{x_r, y_r, z_r\}$ são as coordenadas do receptor (com z_r definido com relação a altura da base da fonte e z_p é a altura do receptor acima da altura do solo local). É importante notar que cálculo de concentração todas as alturas (z) é referente à elevação da base da fonte.

O fator de peso do estado da pluma é dado por $f = 0.5(1 + \varphi_p)$. Quando a pluma se concentra inteiramente abaixo do H_C ($\varphi_p = 1$), a concentração é determinada somente pela pluma horizontal. Quando está inteiramente acima do H_C ($\varphi_p = 0$), o peso da contribuição de cada um dos dois estados é o mesmo. Em simulações de terreno plano, a contribuição de cada uma das duas plumas será a mesma (Figura 2).

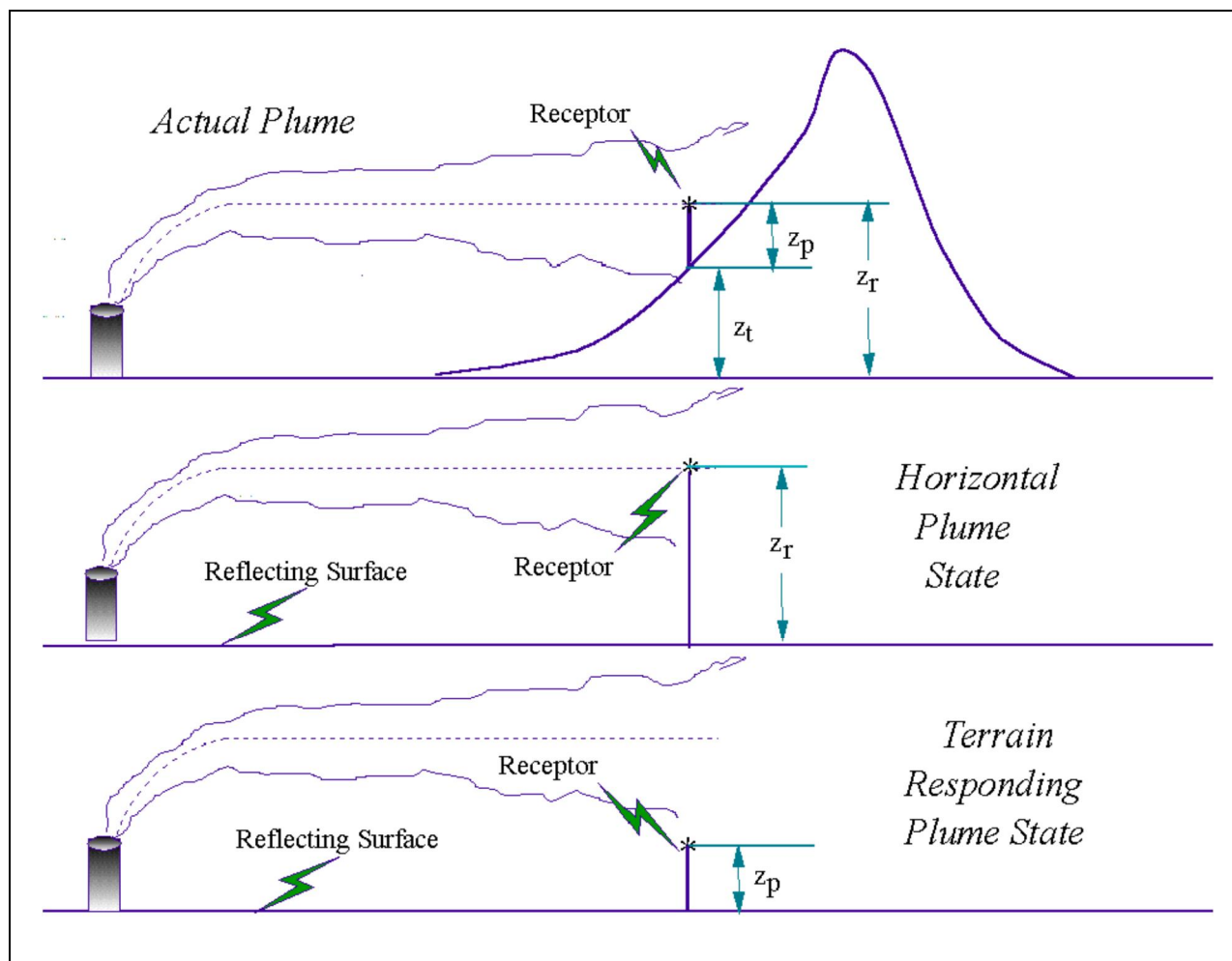


Figura 1: Sistema de análise por dois estágios. A concentração total é dada por uma soma ponderada dos dois estados extremos possíveis da pluma.

Fonte: https://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_userguide.pdf (acesso: 11/04/2018)

O AERMOD simula cinco diferentes tipos de pluma dependendo da estabilidade atmosférica e da localização da pluma na camada limite: Direta, Indireta, Penetrada, Injetada e estável.

Em condições convectivas, a distribuição horizontal é Gaussiana, e a distribuição vertical é a combinação de três tipos de pluma: Direta (a pluma está dentro da camada de mistura, mas não interage com o topo da camada), Indireta (a pluma está dentro da camada de mistura, começa a subir e tende a se espalhar perto do topo da camada de mistura) e a Penetrada (a pluma escapa da camada de mistura, penetra em uma camada estável mais elevada e fica flutuando nela). O AERMOD também pode simular,

em situações especiais, uma pluma injetada diretamente nas camadas estáveis da atmosfera por uma fonte pontual cuja altura de emissão seja maior do que a altura da camada de mistura naquele horário. Fontes injetoras são simuladas como plumas em condições estáveis, contudo a influência da turbulência e dos ventos dentro da camada de mistura é considerada no cálculo da heterogeneidade como a passagem da pluma através da camada de mistura até atingir os receptores.

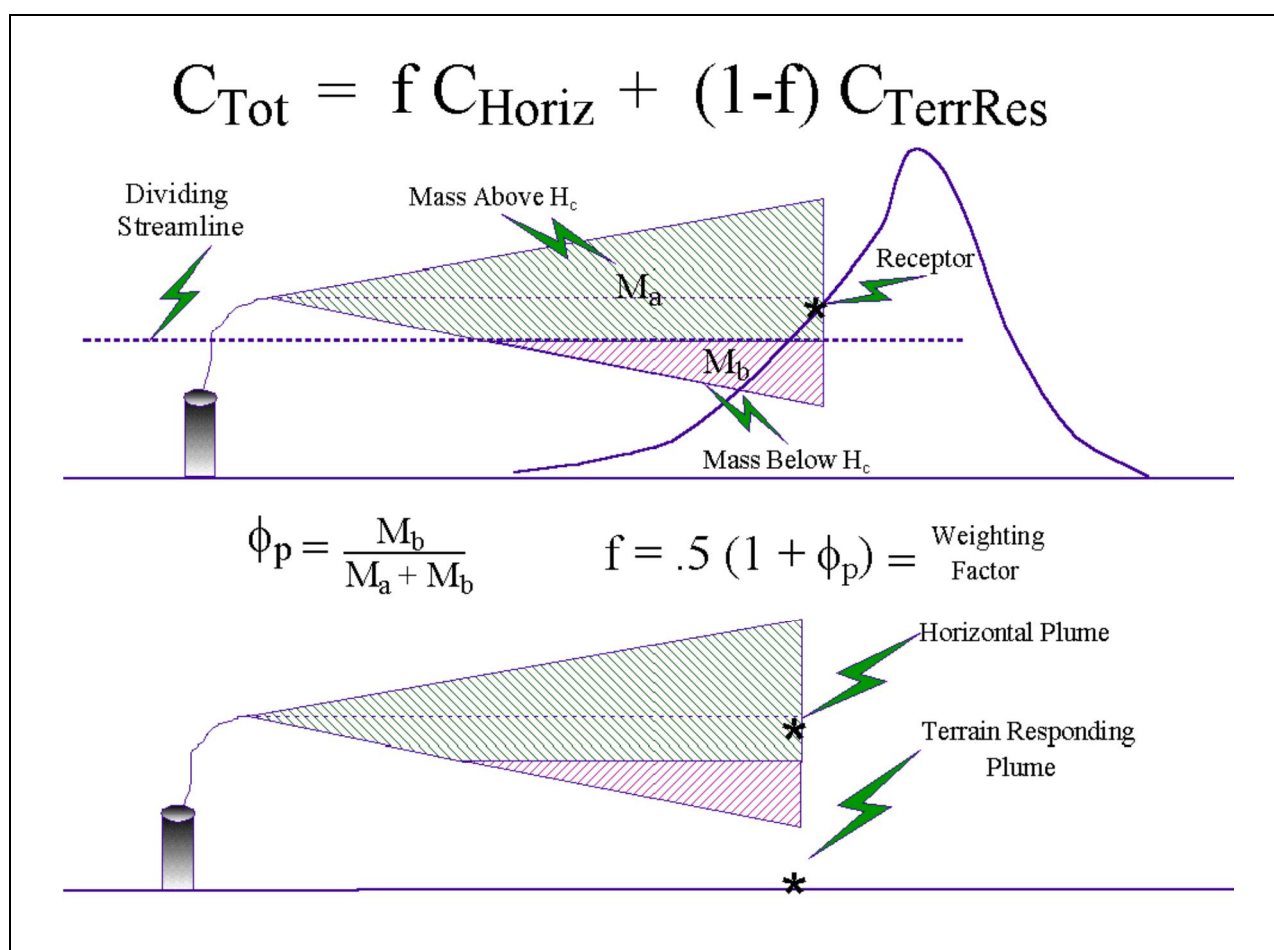


Figura 2: Tratamento do terreno no AERMOD. Determinação do fator de peso usado no cálculo da concentração total.

Fonte: https://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_userguide.pdf (acesso: 11/04/2018)

No AERMOD, a formulação da dispersão para a camada limite convectiva (CLC) representa um dos mais significantes avanços em comparação com os modelos regulatórios existentes. Ele assume que setores da pluma são emitidos em sequência e

que se movem de acordo com o vento, percorrendo uma sequência de elementos convectivos ascendentes e descendentes (Figura 3).

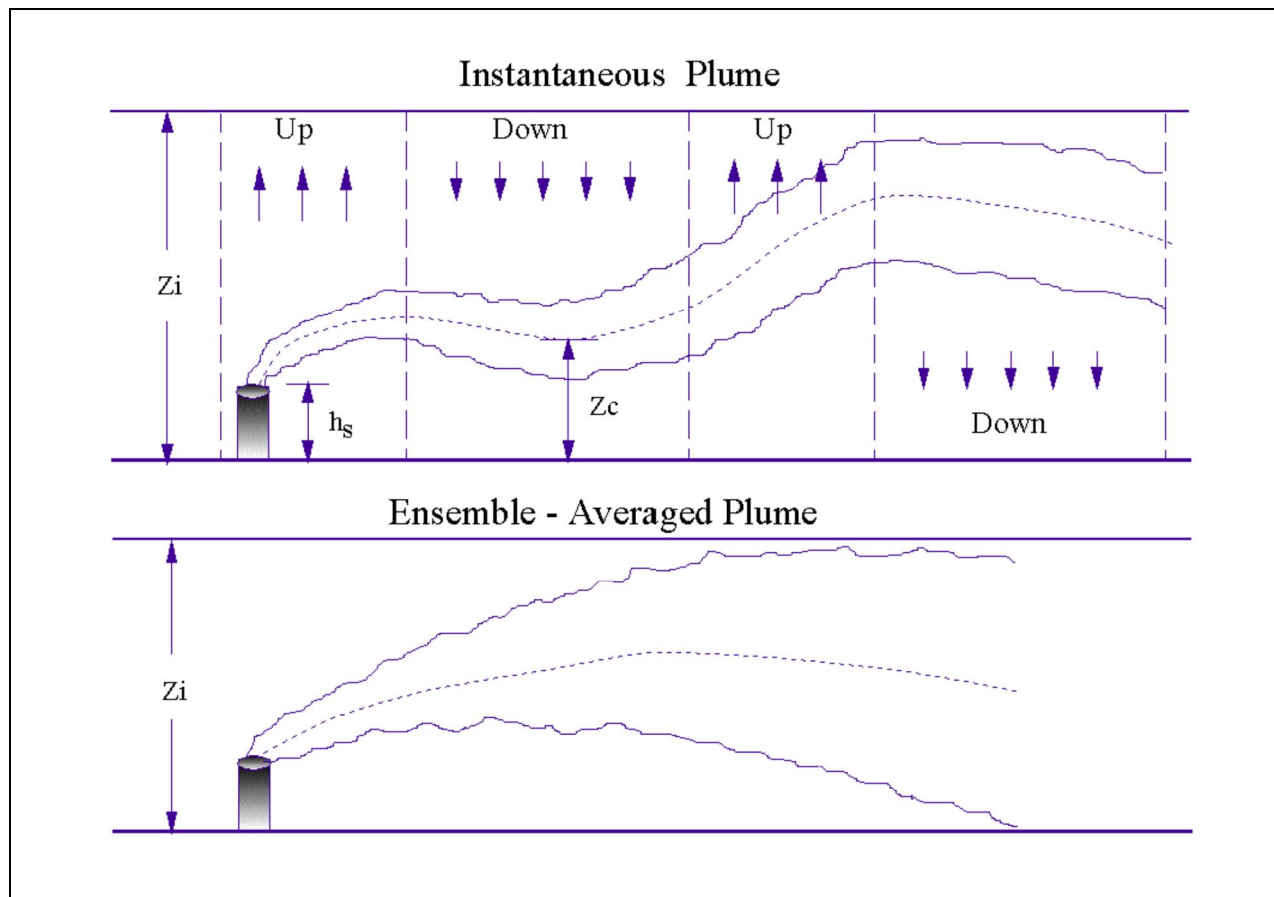


Figura 3: Pluma instantânea e sua respectiva média na CLC.

Fonte: https://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_userguide.pdf (acesso 11/04/2018)

Na CLC a função densidade de probabilidade da velocidade vertical (w) possui um coeficiente de assimetria positivo e resulta em uma distribuição não-Gaussiana da concentração vertical da pluma. A assimetria positiva é consistente com uma ocorrência maior de movimentos descendentes da pluma do que de movimentos ascendentes.

No tratamento matemático utilizado pelo AERMOD, a pluma direta é a que primeiro toca no solo e possui reflexões subsequentes entre o nível do solo e o topo da camada de mistura. Uma fonte indireta é incluída sobre a camada de mistura para calcular a posição inicial da quase-reflexão do material da pluma que não penetrou na camada estável em altitude. Essa fonte é chamada de indireta, pois não é uma imagem da fonte

verdadeira (como ocorre em modelos como o ISC), a pluma não é refletida perfeitamente no topo da camada de mistura, por isso, a fonte indireta trata a porção da massa da pluma que primeiro toca no topo da camada de mistura e suas reflexões subsequentes. A ascensão da pluma é adicionada ao atraso da dispersão descendente do material do topo da CBL. A fonte (ou pluma) penetrada é incluída na conta do material que inicialmente penetrou na camada estável em altitude, mas foi subsequentemente re-entrinhada e dispersada pela CBL (Figura 4).

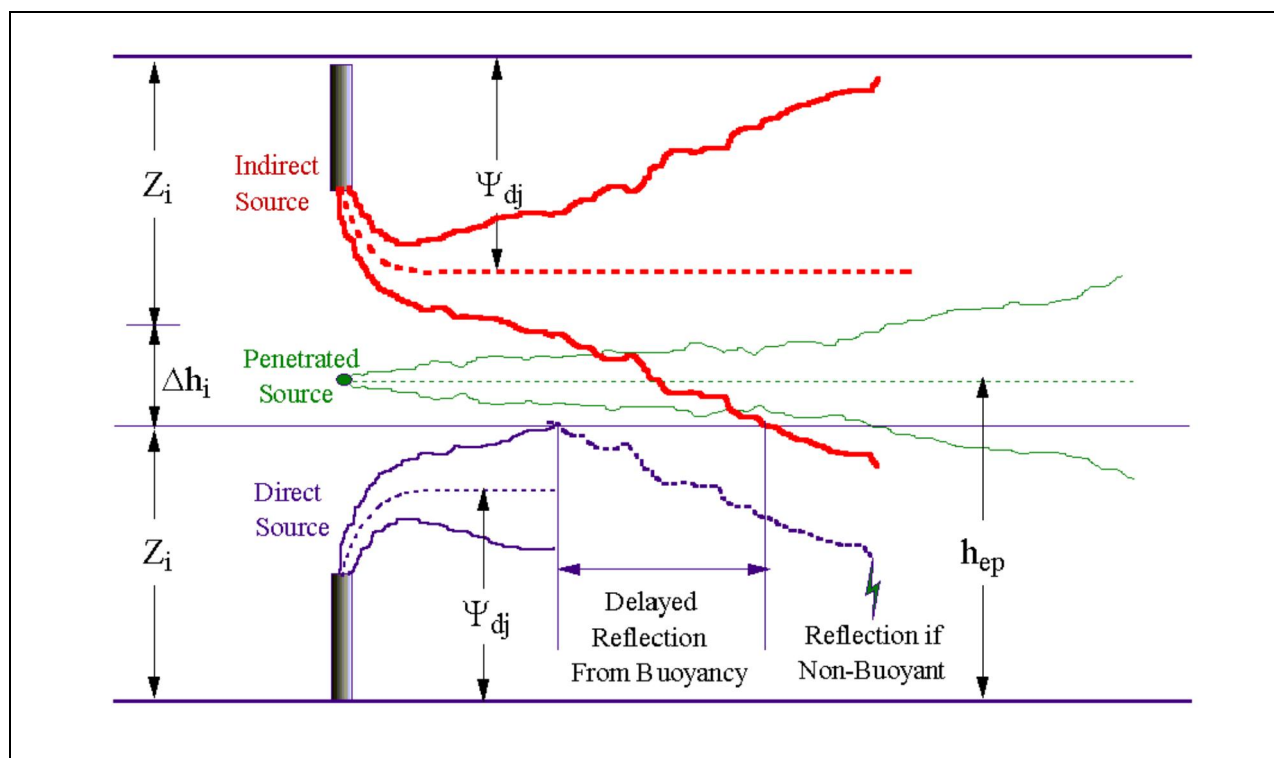


Figura 4: Tratamento matemático utilizado pelo AERMOD da pluma real na CLC.

Fonte: https://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_userguide.pdf (acesso: 11/04/2018)

A movimentação ascendente e descendente da pluma ocorre devido à turbulência atmosférica e o coeficiente de assimetria positivo projeta uma trajetória final descendente para a pluma, definindo o local da concentração máxima. As concentrações ao nível do solo começam a aparecer quando as velocidades descendentes são intensas o suficiente para que algumas seções da pluma toquem na superfície.

A (Figura 5) ilustra a aproximação da distribuição assimétrica na CLC por uma abordagem bi-Gaussiana. A figura mostra duas médias da trajetória da pluma, uma

devido aos movimentos ascendentes da atmosfera (\bar{w}_1) e a outra devido aos movimentos descendentes (\bar{w}_2).

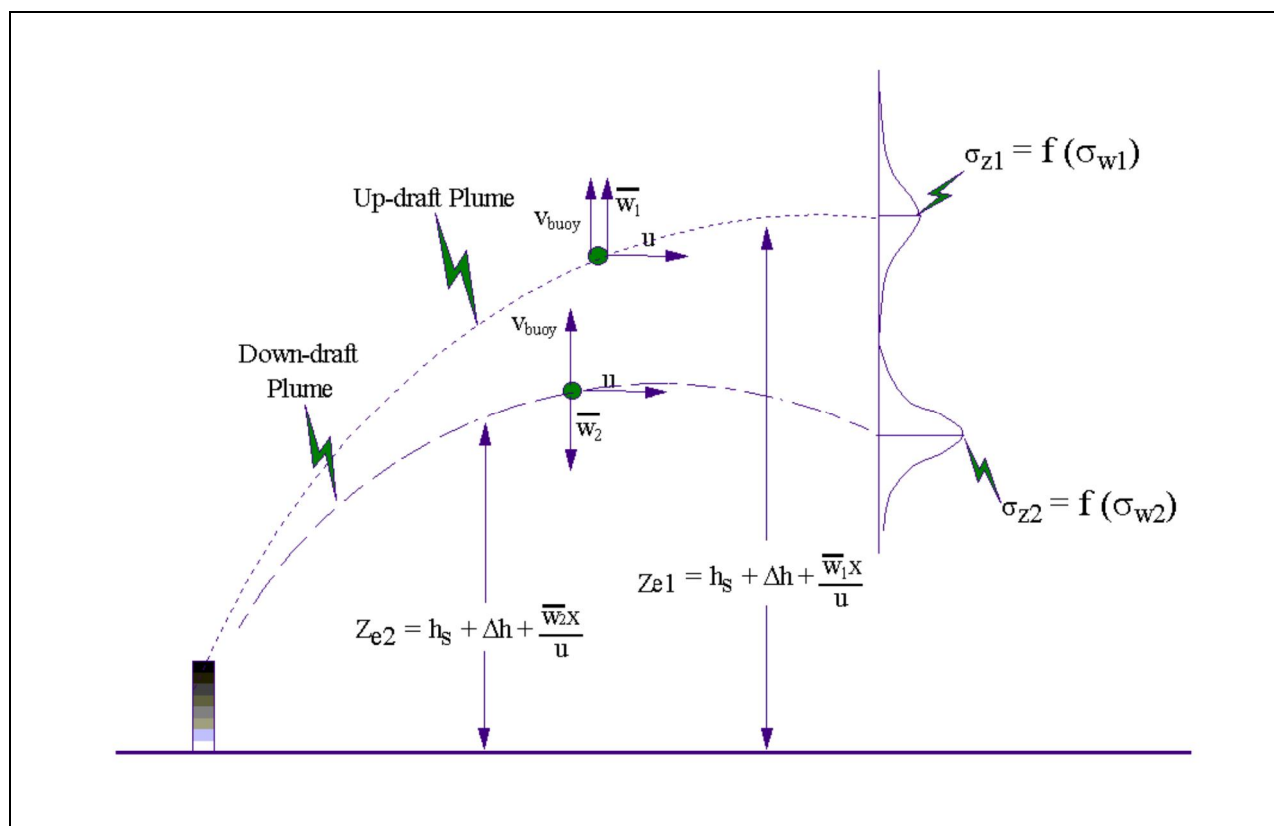


Figura 5: Abordagem bi-Gaussiana da aproximação de uma distribuição assimétrica por duas distribuições Gaussianas, uma para os movimentos ascendentes e outra para os descendentes.

Fonte: https://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_userguide.pdf (acesso: 11/04/2018)

Os dados meteorológicos utilizados pelo AERMOD para simular as condições atmosféricas em que ocorre a dispersão dos poluentes em uma determinada área, se são divididos, basicamente, entre dados de superfície e dados de altitude. Os dados de superfície são responsáveis pela representação das condições termodinâmicas e turbulentas da atmosfera, e os dados de altitude representam as condições de transporte dos poluentes nos diversos níveis atmosféricos.

2.2 Localização da Unidade e dos Municípios de Entorno

A fábrica de celulose (Figura 6) será instalada principalmente no município de Indianópolis em função de alguns fatores, tais como: proximidade com o plantio, com rodovias de acesso, com via ferroviária, disponibilidade de recurso hídrico, entre outros.

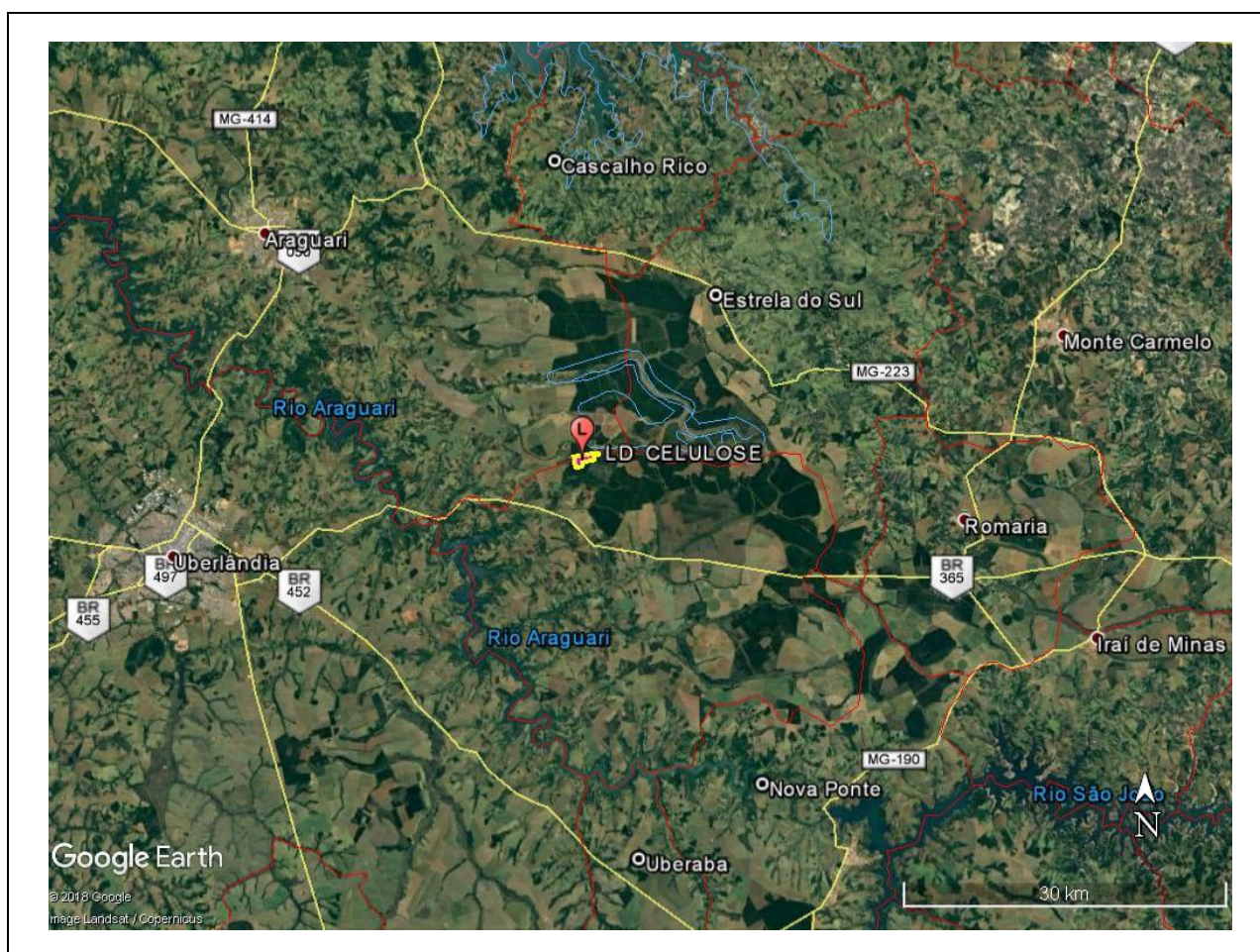


Figura 6: Localização da fábrica de celulose e dos municípios de entorno.

Fonte: Google Earth.

3 A FÁBRICA DE CELULOSE

A unidade será instalada em uma área da Fazenda atualmente ocupada por um plantio de eucalipto utilizada para corte e extração de madeira com acesso por vias a serem construídas durante a obra (Figura 7).

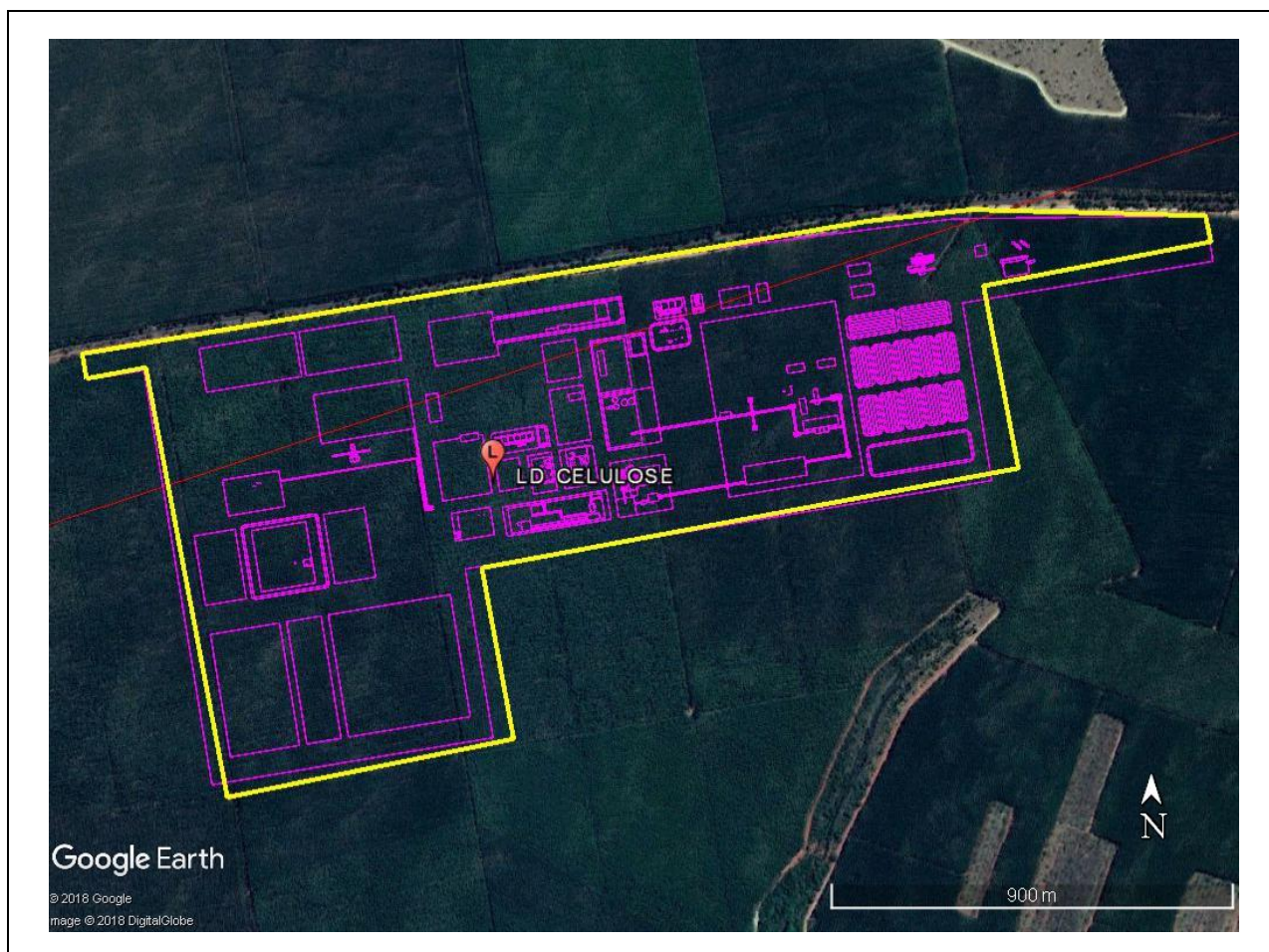


Figura 7: Localização da futura fábrica de celulose.

Fonte: Google Earth.

A planta da unidade inserida nas simulações foi obtida a partir do layout geral 1010089520011000M050001c.pdf, fornecida pelo contratante.

4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

Os processos geradores de emissões atmosféricas, nesse estudo de dispersão, são majoritariamente, os processos de produção de celulose e de geração de vapor.

O modelo matemático utilizado nesse EDA é o AERMOD, sendo uma ferramenta importante para avaliar a concentração de poluentes na atmosfera emitidos por fontes

estacionárias. Esse modelo permite que sejam analisadas as contribuições de determinadas fontes no resultado final da qualidade do ar.

A plataforma regulatória da EPA utilizada nesse estudo baseia-se em um modelo de pluma gaussiana que considera as concentrações obtidas para todas as distâncias como resultados de médias temporais das simulações horárias. Esse tipo de modelo apresenta bons resultados para estudos cujo objetivo é obter uma distribuição espacial da poluição ao invés de resultados pontuais no espaço e no tempo.

O AERMOD, assim como a maior parte dos modelos operacionais para os estudos de dispersão de poluentes na camada limite atmosférica baseia-se na aproximação Gaussiana, pois, por serem modelos de campo próximo, utilizam a hipótese de que a dispersão ocorre em uma área de turbulência homogênea na horizontal com variação na turbulência vertical decorrente da influência do relevo e do uso do solo. Os modelos Gaussianos utilizam esquemas simplificados de turbulência para campo próximo, parametrizados em função da estabilidade atmosférica.

Uma simulação computacional bem ajustada permite analisar e quantificar a contribuição individual de cada uma das fontes emissoras existentes na área simulada e o impacto resultante na qualidade do ar. As simulações permitem maior capacidade de gestão das unidades industriais, possibilitando um prognóstico mais preciso das alterações na qualidade do ar.

4.1 Domínio do Estudo

Inicialmente foram determinados 12 receptores discretos (Tabela 1) no entorno do empreendimento nas localizações críticas encontradas e nas estações de monitoramento de qualidade do ar, apresentados na Figura 8.

Tabela 1: Localização dos receptores discretos

RECEPTOR	DESCRIÇÃO	UTM E (m)	UTM N (m)	COTA (m)
----------	-----------	--------------	--------------	-------------

RECEPTOR	DESCRIÇÃO	UTM E (m)	UTM N (m)	COTA (m)
RECP_01	Rodovia BR-365	189623	7910157	894
RECP_02	Posto	194298	7907130	961
RECP_03	Escritório Duratex	195643	7907779	979
RECP_04	Rodovia LMG-748	188397	7913871	939
RECP_05	Escola próxima à rodovia BR-365	187749	7910803	871
RECP_06	Dolearina	204960	7930177	987
RECP_07	Estrela do Sul	216219	7925259	763
RECP_08	Sede Duratex	198458	7924119	959
RECP_09	Indianópolis	192887	7891741	805
RECP_10	Aragurari	162359	7935846	957
RECP_11	Uberlândia	154938	7907156	868
RECP_12	Nova Ponte	219301	7878211	940

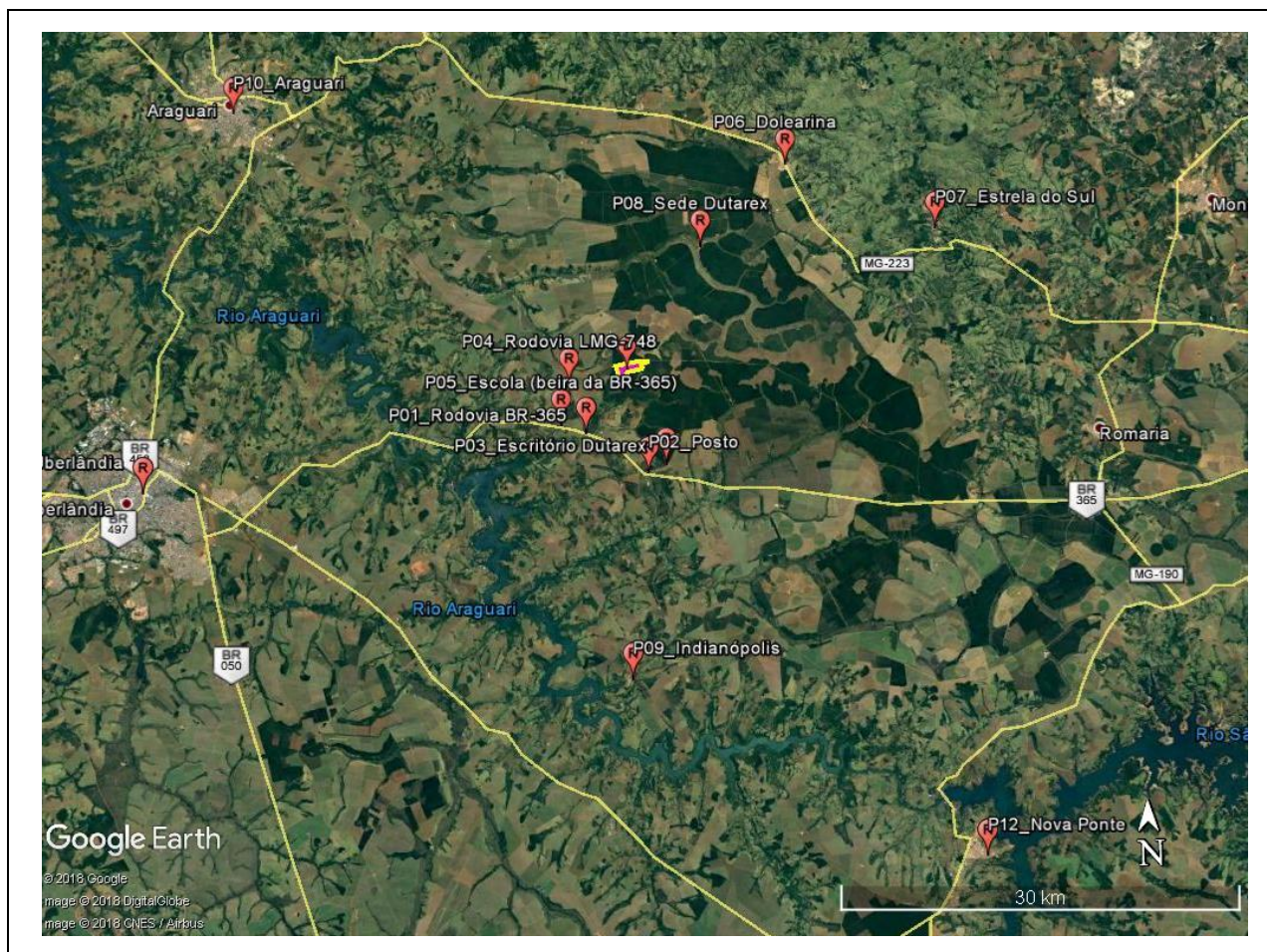


Figura 8: Receptores discretos colocados nas localizações críticas e nas estações de monitoramento de qualidade do ar.

Fonte: Google Earth.

Além dos receptores discretos, a qualidade do ar é avaliada nesse estudo de dispersão atmosférica a partir das concentrações calculadas em uma rede de receptores cartesianos de alta resolução, distribuídas em duas malhas cartesianas quadradas e regulares, centradas na Mina Apollo, sendo a primeira com 40 km de lado e resolução uniforme de 500 m e a segunda com 10 km de lado e resolução espacial de 250 m, sendo ambas intercaladas para apresentar resolução espacial inferior à 250 m nas áreas de máximo interesse (Figura 9).

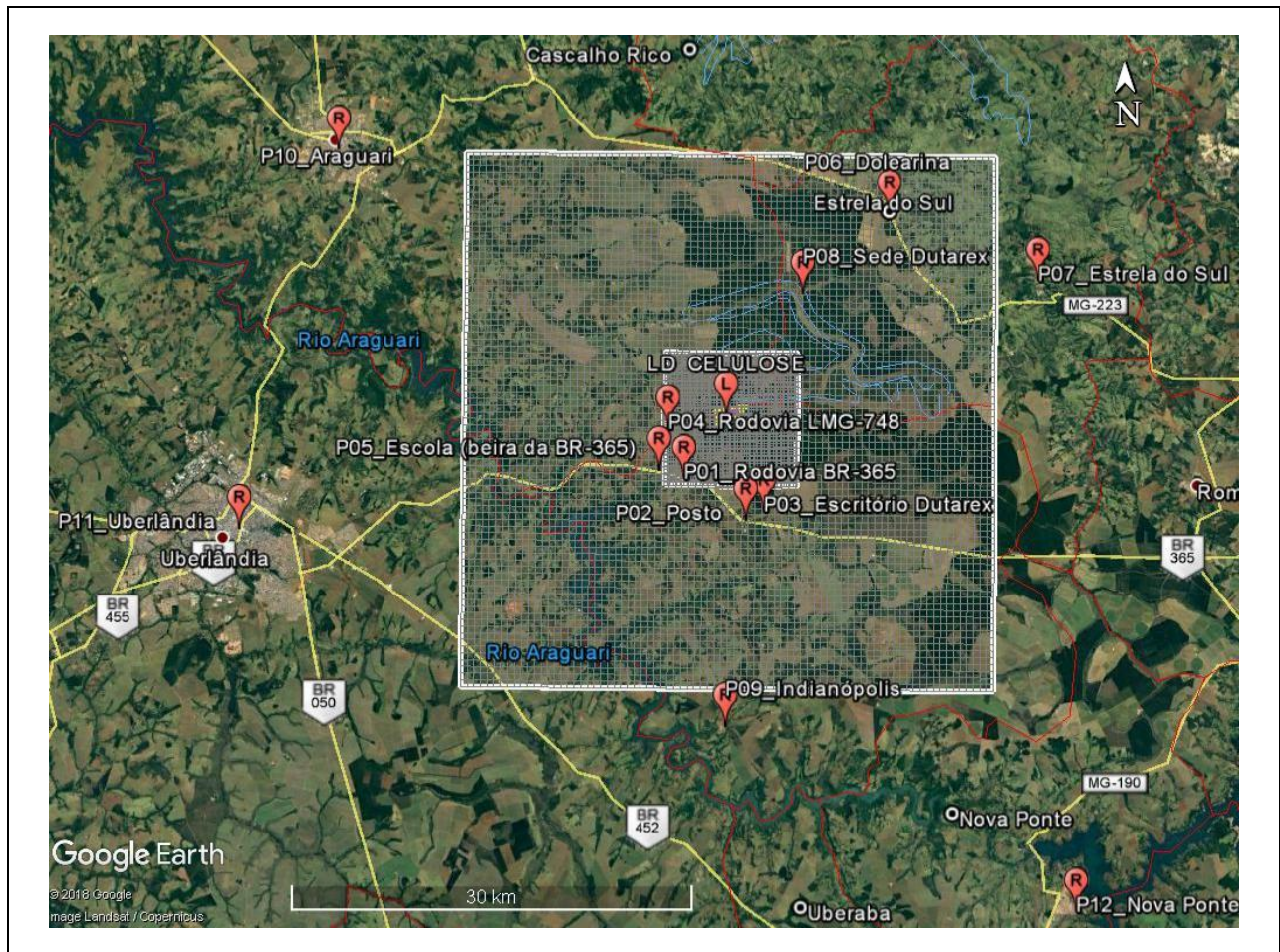


Figura 9: Malhas cartesianas simuladas, centralizadas na fonte.

Fonte: Google Earth.

4.2 Relevo e Uso do Solo

Em consulta ao Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC, por meio da página <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>, não foram encontradas unidades de conservação federal (UC) de proteção integral na região do estudo (grade cinza), a única UC encontrada localiza-se à cerca de 125 km do empreendimento proposto (Figura 10).

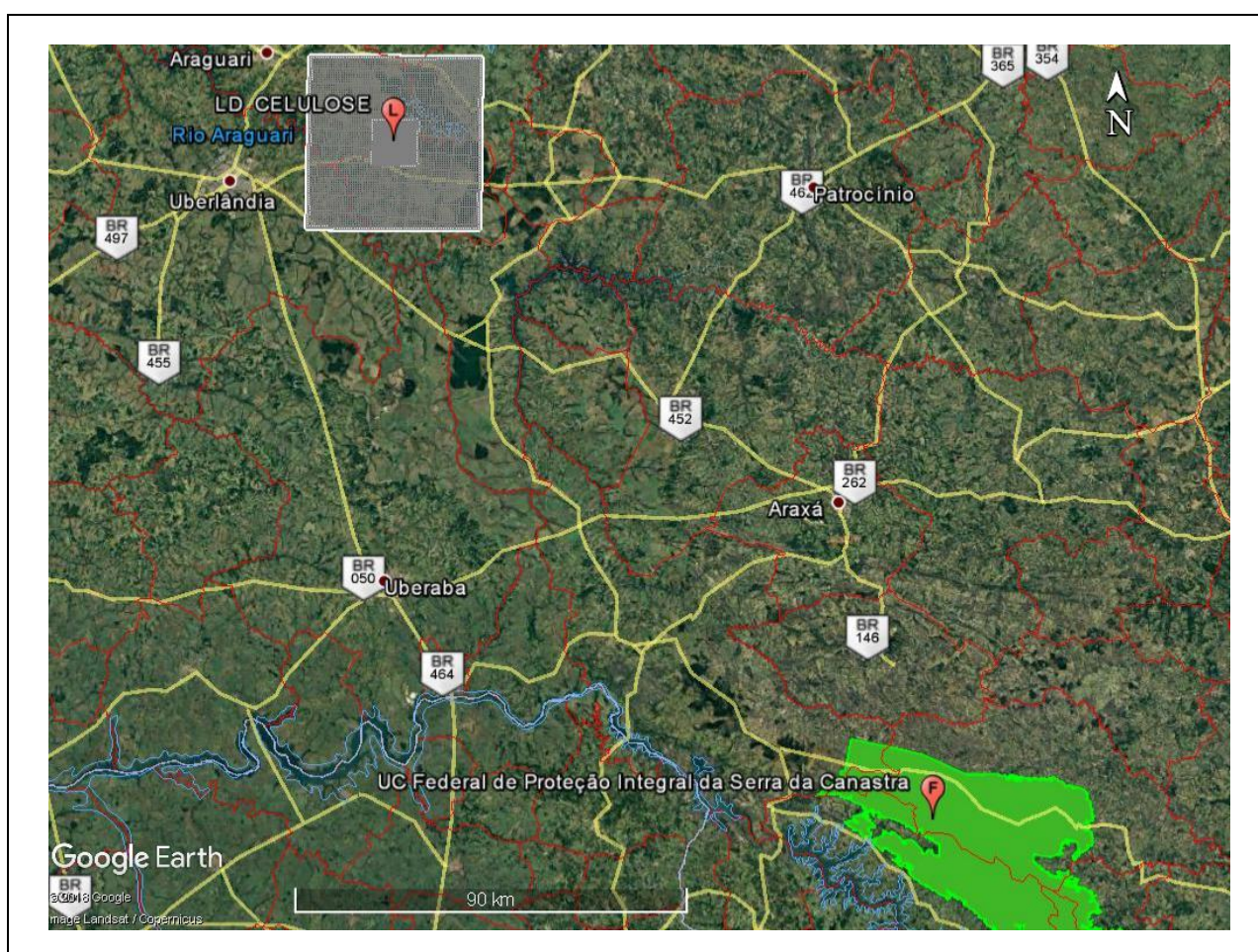


Figura 10: Mapa da localização do empreendimento e domínio do estudo fora dos limites territoriais da unidade de conservação marcada em verde.

Fonte: CNUC, 2015.

O mapa de uso do solo apresentado na Figura 11, mostra que a região estudada possui pequenas áreas de uso do solo urbano, marcadas em vermelho, sendo evidente o predomínio rural.

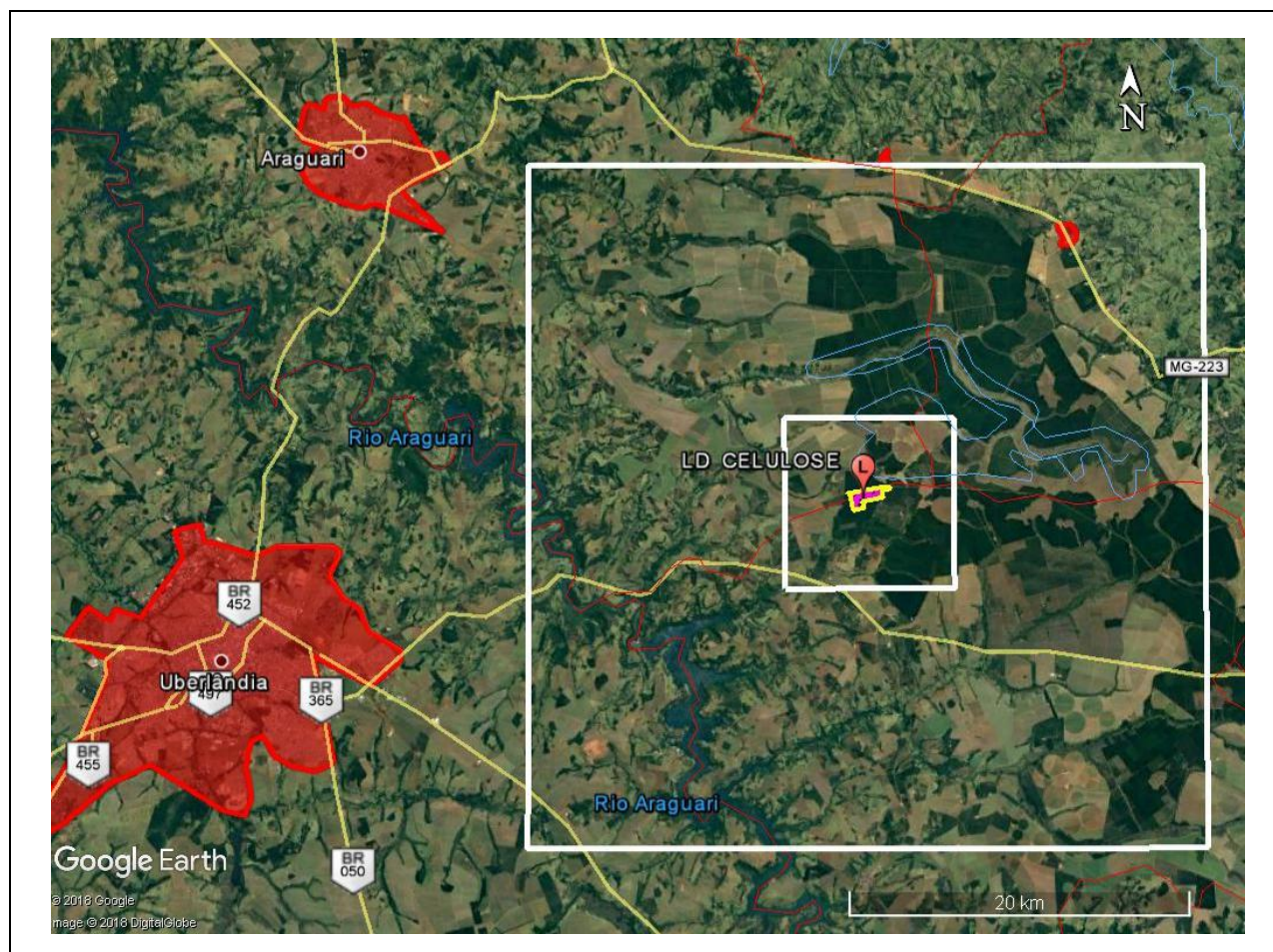


Figura 11: Mapa de uso do solo, com as áreas urbanas marcadas em vermelho.

Fonte: Google Earth

O relevo e uso do solo, para o cálculo dos parâmetros de turbulência, foram obtidos através da sobreposição de imagens do Google Earth com os dados de relevo da Shuttle Radar Topography Mission, realizada pela NGI e pela NASA. A SRTM ocorreu em 11 de fevereiro de 2000, realizando uma amostragem global com precisão de 3" (segundos de grau), ou seja, um ponto de grade a cada 90 metros, aproximadamente (Figura 12).

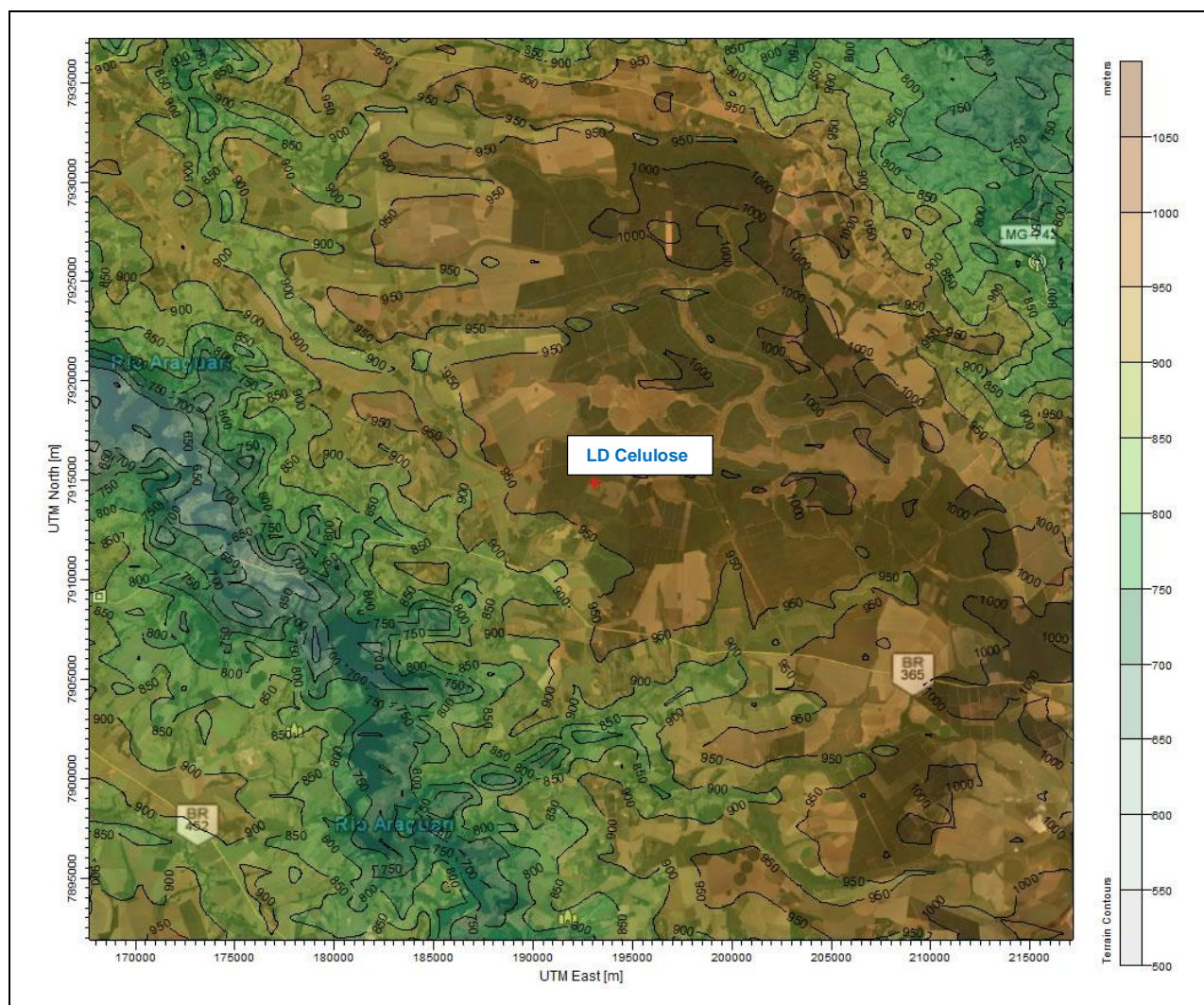


Figura 12: Curvas de nível (m) da região destaque para o empreendimento ao centro.

Fonte dos dados originais: Shuttle Radar Topography Mission (2000).

4.3 Análise dos Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos de altitude e superfície utilizados neste estudo de dispersão foram obtidos através da simulação do modelo meteorológico WRF (WEATHER RESEARCH AND FORECASTING), recomendado pelo EPA (Environmental Protection Agency), sendo reprocessados para simulações com o modelo AERMOD, referindo-se ao centro da planta do empreendimento estudado, para os anos de 2013 a 2017. As condições de fronteira utilizadas foram os dados de saída do modelo global GFS (*Global Forecast System*) que são obtidos junto ao NCEP (*National Center for Environmental Prediction*).

4.3.1 Weather Research and Forecasting – WRF

O modelo WRF (*Weather Research and Forecast Model*) foi desenvolvido através de uma colaboração entre diversas agências, sendo as principais o NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), o NCEP (*National Center for Environmental Prediction*), o FSL (*Forecast Systems Laboratory*), a AFWA (*Air Force Weather Agency*), o *Naval Research Laboratory*, a *Oklahoma University* e a FAA (*Federal Aviation Administration*).

O ARW (*Advanced Research WRF*) está atualmente na versão 3.9.1.1, disponível desde agosto de 2017. A versão do WRF utilizada nesse estudo foi a 3.6.1 lançada em 2014. As atualizações que tiveram desde então não abrangem alterações nos algoritmos das parametrizações exigidas para uso adequado na área do estudo, sendo então essa versão (3.6.1) plenamente capaz de atender todos os requisitos exigidos.

O WRF nasceu como uma evolução natural do modelo MM5, que foi bastante utilizado ao longo dos anos em todo o mundo, sendo agora construído para ser portátil e aplicável aos mais diversos números de situações possíveis (NCAR, 2011).

O modelo WRF é de domínio público e recomendado pela EPA para simulações das condições atmosféricas. Desenvolvido para ser a melhor ferramenta para a simulação atmosférica, flexível e eficiente em variadas plataformas de computação, um sistema de assimilação de dados e uma arquitetura de software que permite paralelismo computacional e extensibilidade do sistema. O WRF é adequado para uso em um amplo conjunto de escalas que variam de metros a milhares de quilômetros. O modelo

segue o terreno local e admite a coordenada vertical como pressão hidrostática, com o topo do modelo a uma superfície de pressão constante.

O pré-processamento dos dados de entrada necessários ao WRF precisa ser feito para cada localidade que o modelo irá simular. Esse pré-processamento consiste na utilização de dados meteorológicos e geográficos retirados das bases mundiais para cada região de interesse a ser simulada.

A simulação dos dados meteorológicos utilizou três grades aninhadas com 64 x 64 elementos de grade, sendo a primeira com resolução espacial de 27 km, a segunda com resolução de 9 km e a terceira com resolução de 3 km.

A realização da simulação no modelo WRF utilizou as configurações usuais para a região: a utilização dos dados de entrada do Modelo Meteorológico Global (GFS) com 0,5° de resolução espacial, três níveis de aninhamento de grade (27, 9, 3 km), utilizado o Yonsei University para parametrizar a turbulência de Camada Limite Atmosférica, o Betts-Miller-Janjic para a parametrização de convecção e formação de Cumulus, o WSM 3-class scheme para parametrizar a Microfísica de nuvens, o RRTM scheme para parametrizar a Radiação Atmosférica e a Teoria de Similaridade de Monin-Obukhov (MM5 MRF PBL) para parametrizar a turbulência de superfície.

O período de levantamento dos dados meteorológicos e da simulação com o modelo AERMOD foi de 01/01/2013 a 31/12/2017.

Os dados meteorológicos complementares utilizados neste EDA foram obtidos junto à rede meteorológica de aeroportos (redemet), referentemente a estação do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (Belo Horizonte - Confins), localizada no município de Confins, coordenadas 23k, 608500 m E e 7828500 m S, distante cerca de 450 km da unidade analisada nessa simulação.

4.3.2 Configuração do AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)

Os dados meteorológicos obtidos a partir da simulação com WRF foram utilizados como dados de entrada do pré-processador meteorológico AERMET. A série temporal foi extraída a partir do centro da grade de 3 km, mais exatamente no ponto de grade

mais próximo possível à LD Celulose. Esses dados foram colocados em formato SAMSON e utilizados nas configurações padrão de superfície do AERMET (Figura 13).

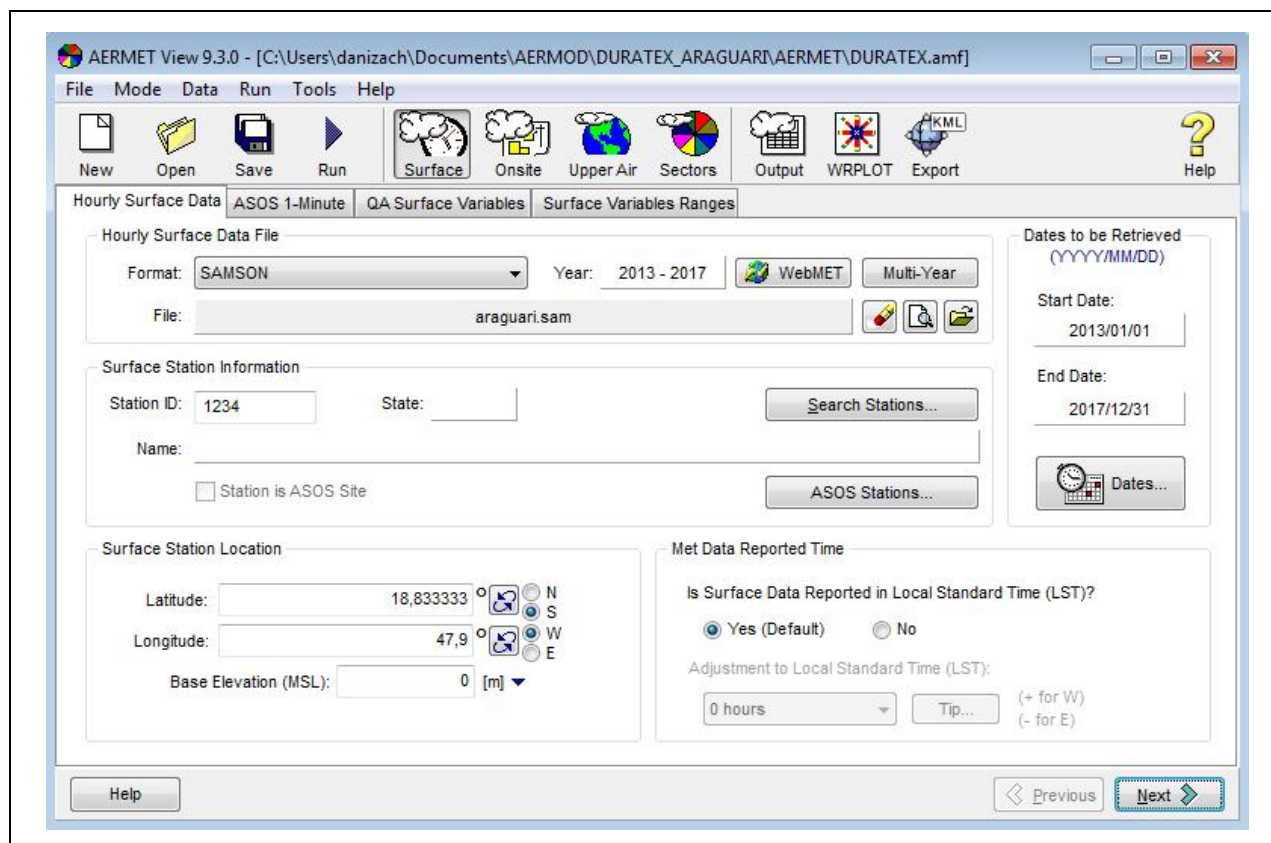


Figura 13: Configurações dos dados horários da estação de superfície (AERMET).

Nesse estudo não foram incluídos dados horários de estação local (*Onsite*), sendo, portanto, todos os dados inseridos no AERMET a partir das abas Estação de Superfície (*Surface*) e Radiossondagem (*Upper Air Estimator*).

Os dados de cobertura e uso do solo foram obtidos a partir do programa de sensoriamento remoto Global Land Cover Characterization (GLCC), que consiste em um grande conjunto de dados de caracterização de superfície baseado primeiramente na classificação pelo AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) e pelo índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em composição de 10 dias (Figura 14).

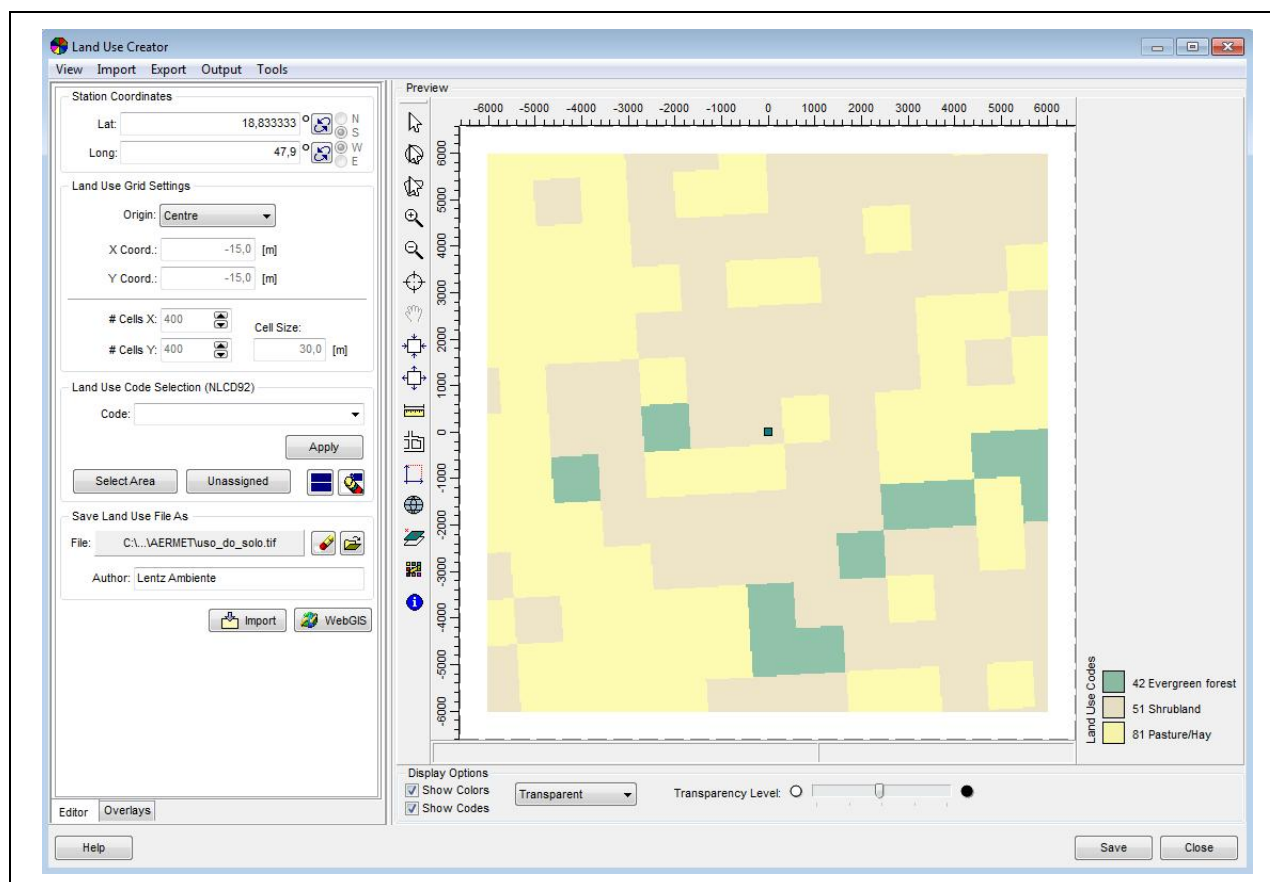


Figura 14: Configurações do Land Use Creator incluindo as categorias de uso do solo do GLCC no local do projeto.

A partir do GEOTIFF criado pelo Land Use Creator para o entorno do ponto central do projeto, foi possível importar os dados de superfície pelo Land Use Viewer para o AERMET, definindo assim os parâmetros de rugosidade, albedo e razão de Bowen, em alta resolução, utilizando o alcance máximo de 5 km (Figura 15), para cada um dos doze setores (Figura 16).

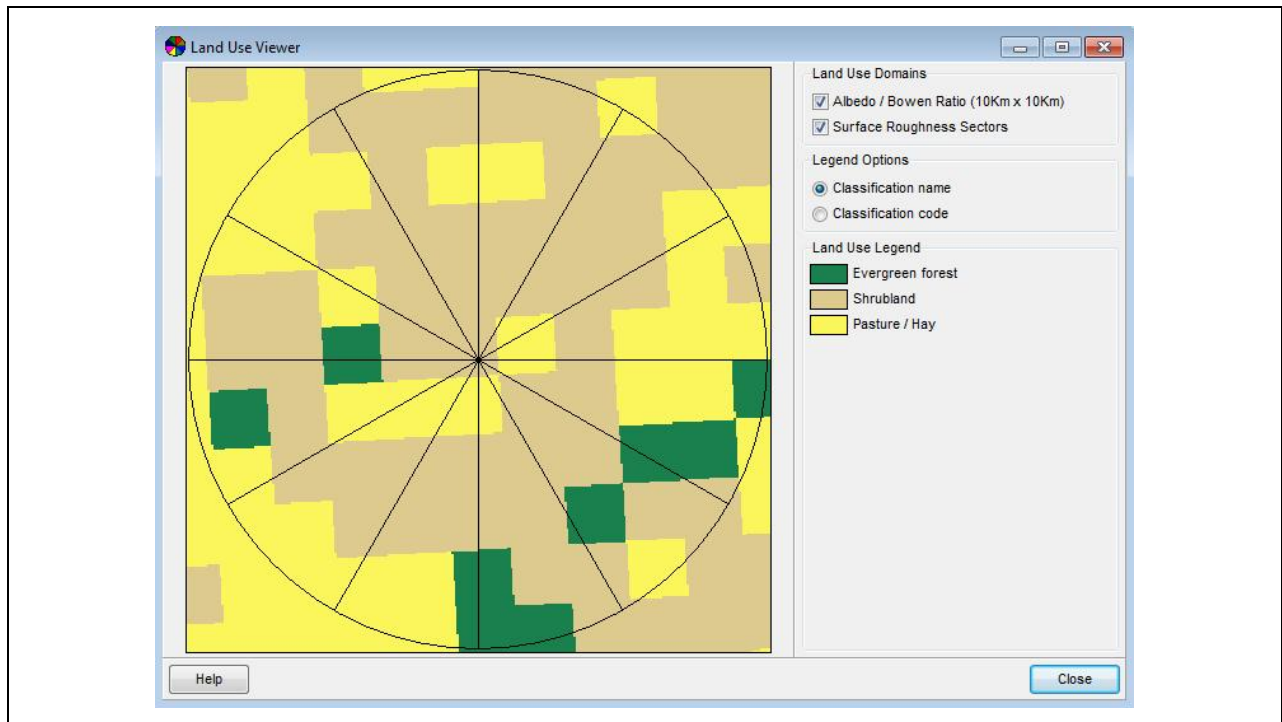


Figura 15: Configuração do Land Use Viewer com a classificação de uso do solo.

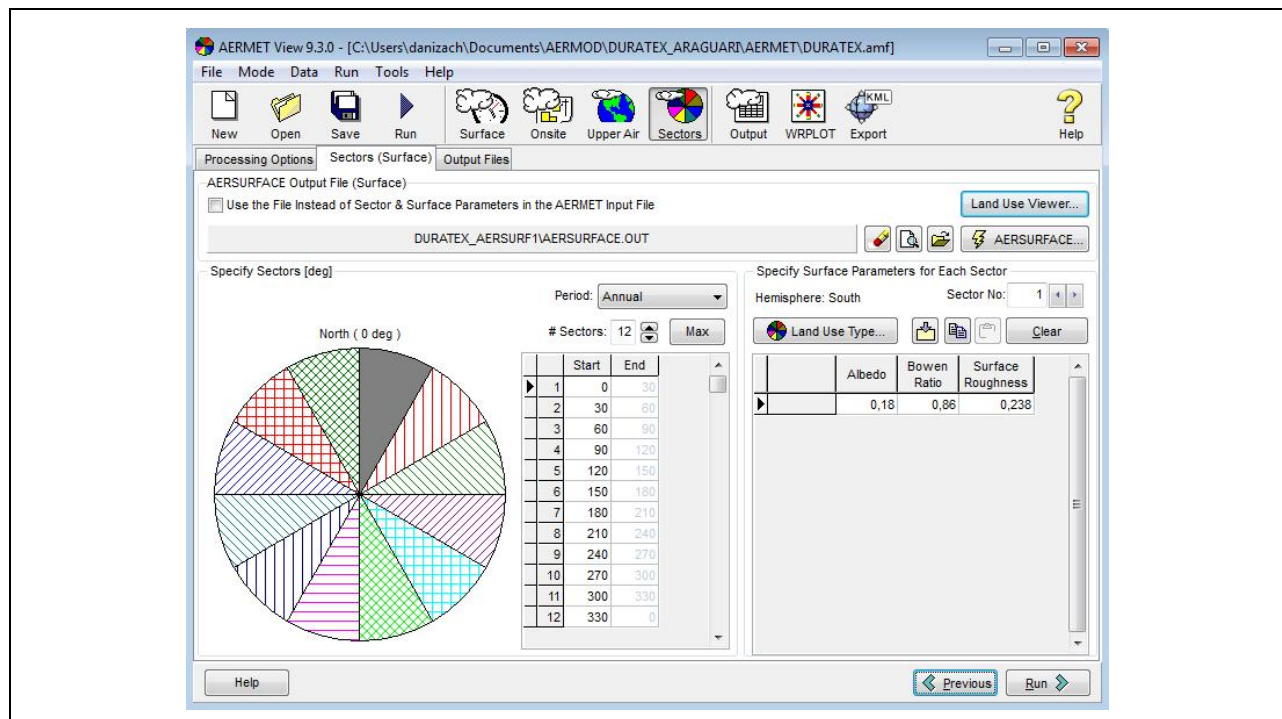


Figura 16: Configuração dos parâmetros de superfície pela direção do vento.

4.3.3 A Importância da Direção e Velocidade dos Ventos

A velocidade do vento é um dado meteorológico muito importante no cálculo das concentrações de poluentes através do modelo AERMOD, porque se encontra no denominador da equação. Desta forma, ao se alterar a velocidade do vento de 1 m/s para 2 m/s, por exemplo, a concentração dos poluentes estaria sendo reduzida pela metade. Outras variáveis da camada limite atmosférica também são utilizadas para calcular a dispersão dos poluentes atmosféricos, mas a influência dessas variáveis no resultado final é proporcionalmente menor e por isso não serão analisadas nesse item.

A direção do vento determina, a cada hora, quais receptores numéricos serão mais ou menos impactados pela pluma de emissão de cada chaminé. Quanto maior o período amostral do poluente analisado, maior será a importância da predominância da direção do vento no cálculo desta concentração, uma vez que nestes casos número de horas utilizado no cálculo desta concentração será maior.

4.3.4 Histograma Direcional do Vento (dados do modelo do WRF)

A Figura 17 e a Figura 18 apresentam os histogramas direcionais do vento dos dados de superfície da estação meteorológica e da radiossonda, que obtiveram o mesmo resultado.

A Figura 17 mostra a predominância dos ventos na direção NNE. Esta predominância está coerente com outras bases de dados da região e estão de acordo com os sistemas sinóticos que influenciam a circulação das massas de ar na região, especificamente, os sistemas de frentes frias. Há uma predominância secundária nas demais direções do vento, que se refere apenas aos ventos mais fracos. O índice de calmarias (ventos inferiores a 1,0 m/s) é praticamente nulo, efeito das condições locais e consequência indesejada da simulação de dados meteorológicos por modelos.

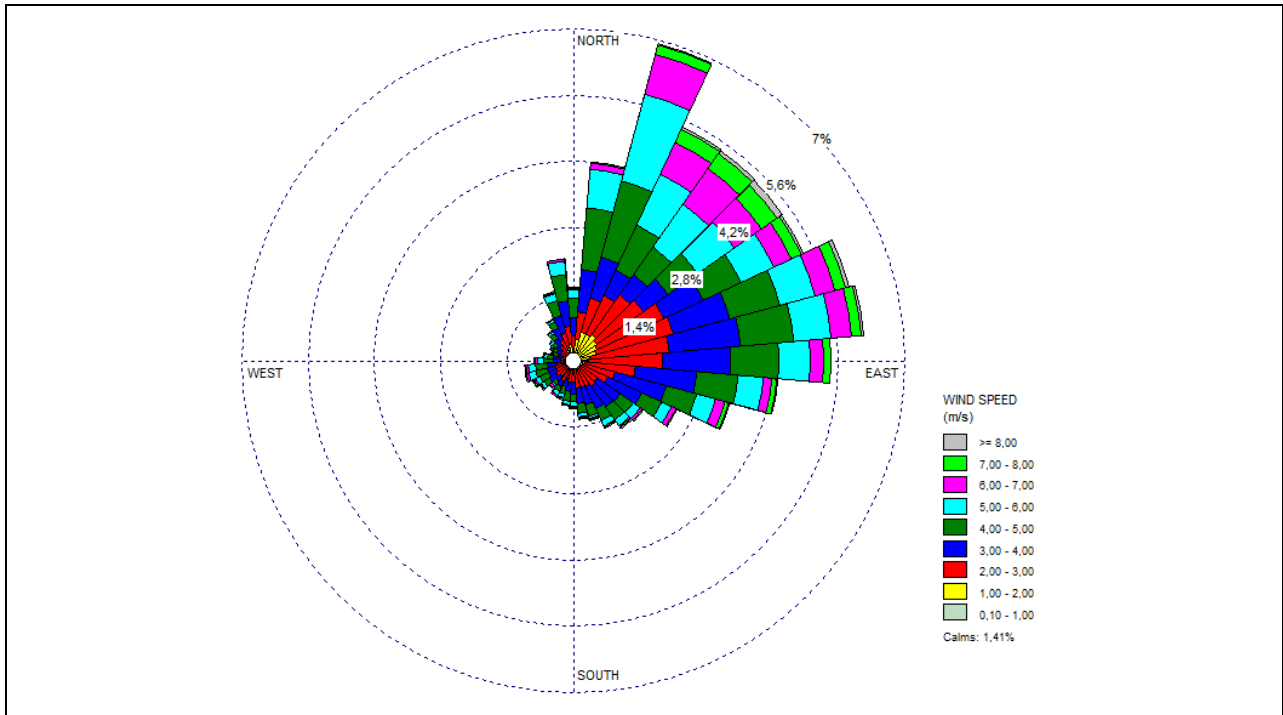


Figura 17: Rosa dos ventos com a classificação de velocidade, direção e limite, em porcentagem, da ocorrência de ventos de calma.

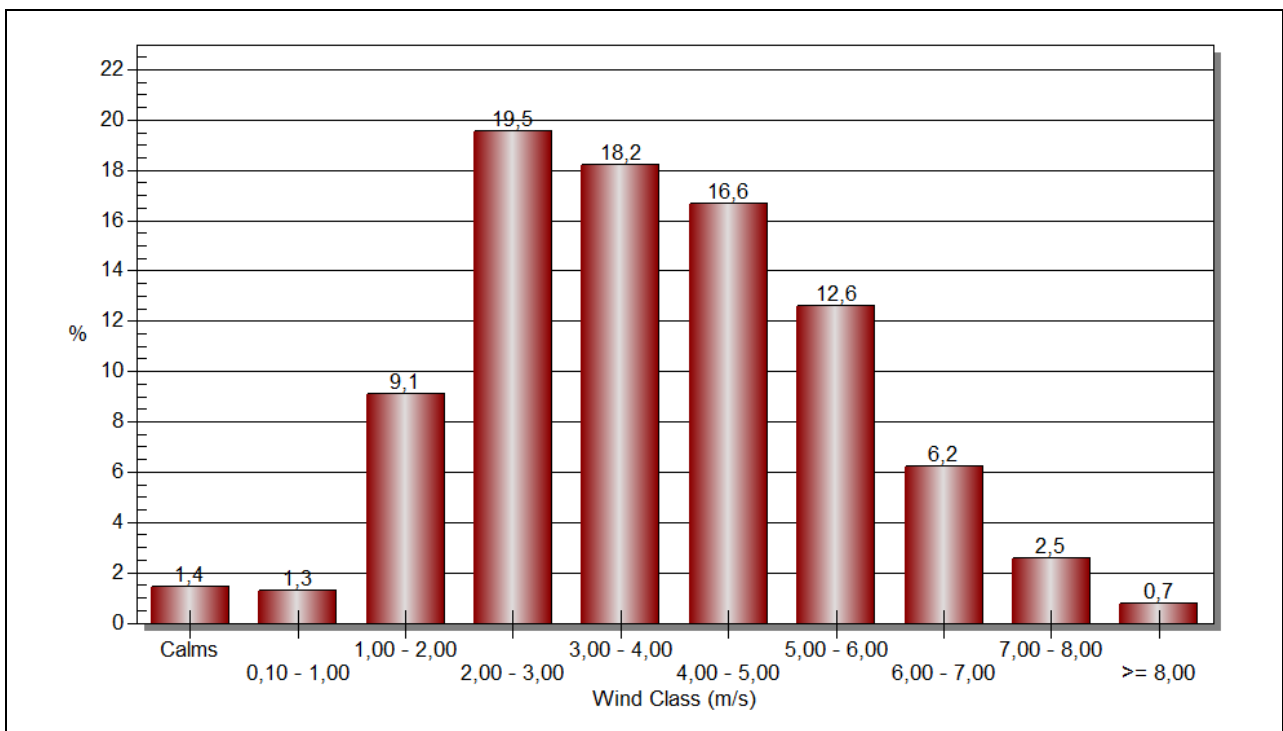


Figura 18: Histograma de classificação da frequência de distribuição do vento.

4.3.5 Dados Meteorológicos de Superfície (dados do modelo do WRF)

A Figura 19 mostra os resultados do processamento de dados pelo AERMET, verifica-se a disponibilidade de 88,11% dos dados meteorológicos, o que demonstra serem suficientes para atenderem ao critério de representatividade estatística mínima, ou seja, 2/3, ou, 66,7%.

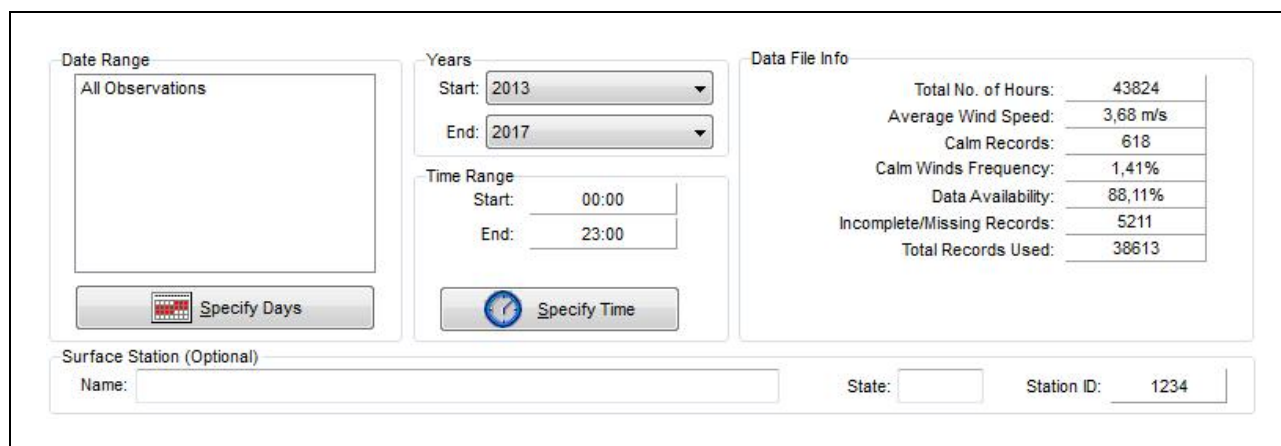


Figura 19: Estatísticas dos dados utilizados.

As horas ausentes foram 5211 no total e as horas com registro de calmarias foram 618, totalizando 1,41% dos dados.

A série temporal de temperatura do ar (Figura 20) apresentou variabilidade interanual muito pequena durante o período simulado, com características sazonais adequadas ao descrito pela climatologia (Figura 21).

O primeiro semestre de dados 2014 para temperatura do ar (Figura 20) apresentaram uma oscilação pouco usual para o período, essa diferença na temperatura coincide com o período de troca do modelo (e fornecimento de dados) de temperatura do solo nos arquivos do GFS de 0,5°. Como não foi utilizada a assimilação de dados pelo locais pelo modelo (WRFDA) essa variação da temperatura ficou um pouco mais evidente no período, mas não prejudicou a qualidade final dos dados modelados.

Essa variação ficou restrita aos dados de temperatura, não sendo observada nas demais variáveis meteorológicas.

As normais climatológicas do INMET utilizadas na verificação da qualidade inicial dos dados (Figura 20), mostram um aquecimento gradual, porém contínuo, da média mensal da temperatura do ar, com especial destaque para os aumentos de temperaturas observadas no mês de agosto, tipicamente, final do inverno (Figura 21).

Com a elevação climatológica da temperatura, o efeito imediato é o aumento da evaporação e conseqüentemente o aumento dos valores de umidade na atmosfera. A umidade relativa obtida pela simulação com o WRF (Figura 22) representa adequadamente as condições esperadas em um período de três anos, estando de acordo com a climatologia mais atual (Figura 23).

Os dados de pressão atmosféricas gerados pelo WRF não refletiram significativamente a alteração do modelo de temperatura do solo que gerou os arquivos de simulação do GFS 0,5° (Figura 24). Os dados simulados não apresentaram variação interanual significativa e as oscilações sazonais ficaram dentro do esperado pela climatologia (Figura 25).

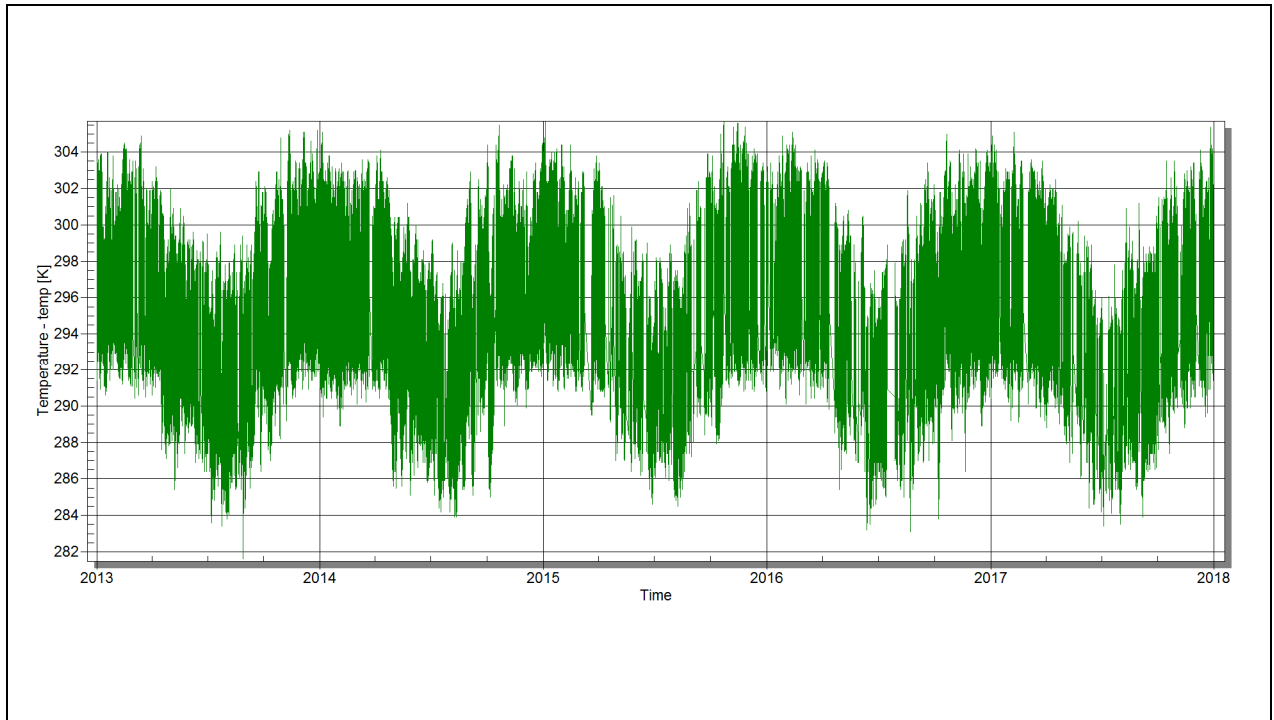


Figura 20: Série temporal da temperatura do ar (K) simulada com o WRF.

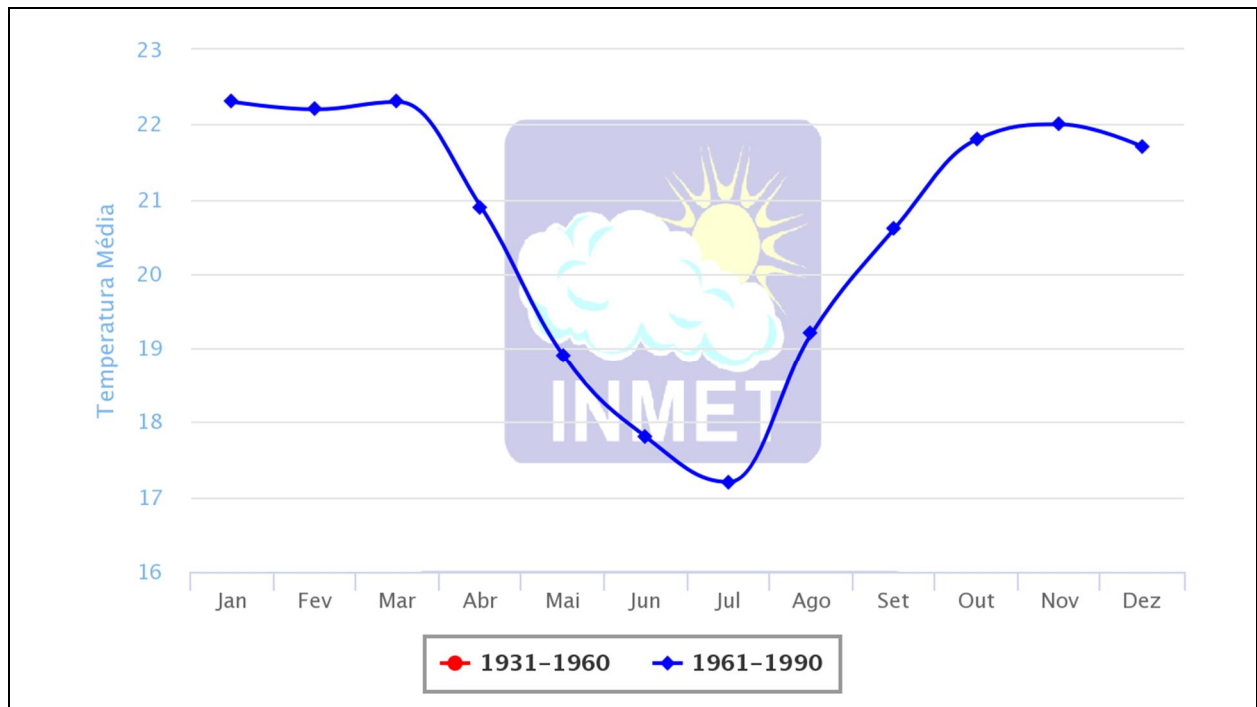


Figura 21: Gráfico da normal climatológica de temperatura do ar (°C) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.

Fonte: Instituto Nacional Meteorologia (INMET).

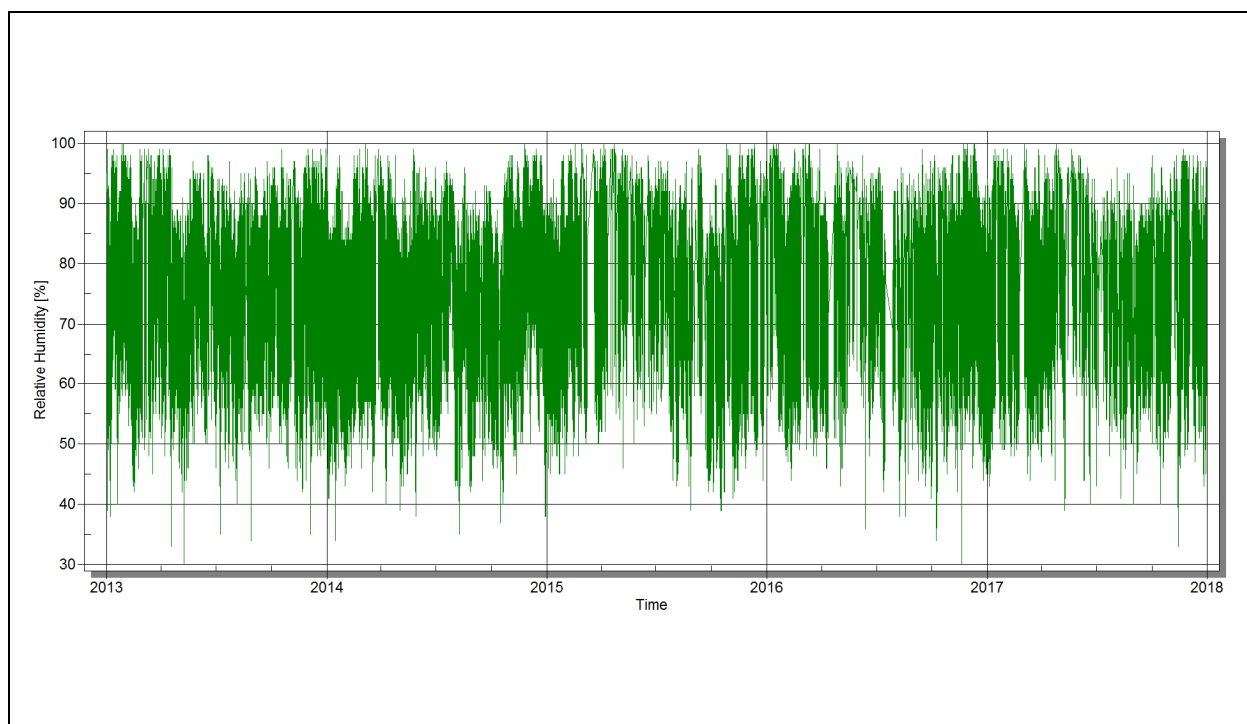


Figura 22: Série temporal da umidade relativa do ar (%) simulada com o WRF.

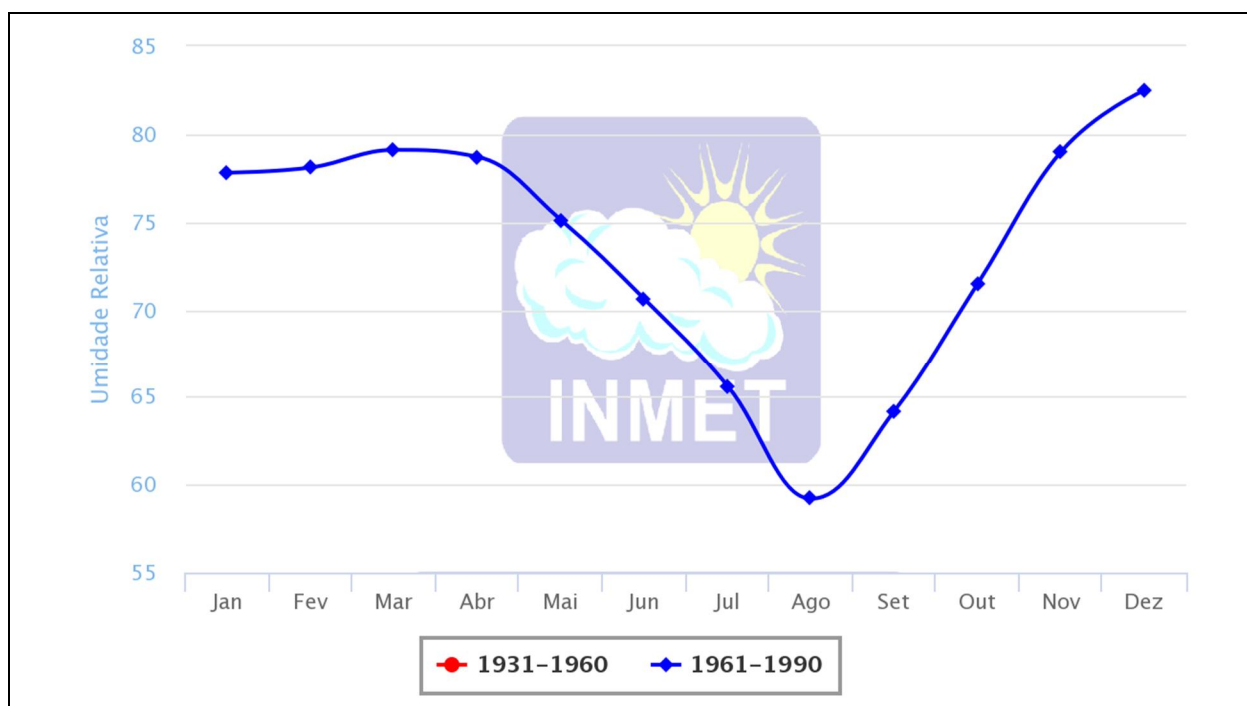


Figura 23: Gráfico da normal climatológica da umidade relativa do ar (%) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.

Fonte: Instituto Nacional Meteorologia (INMET).

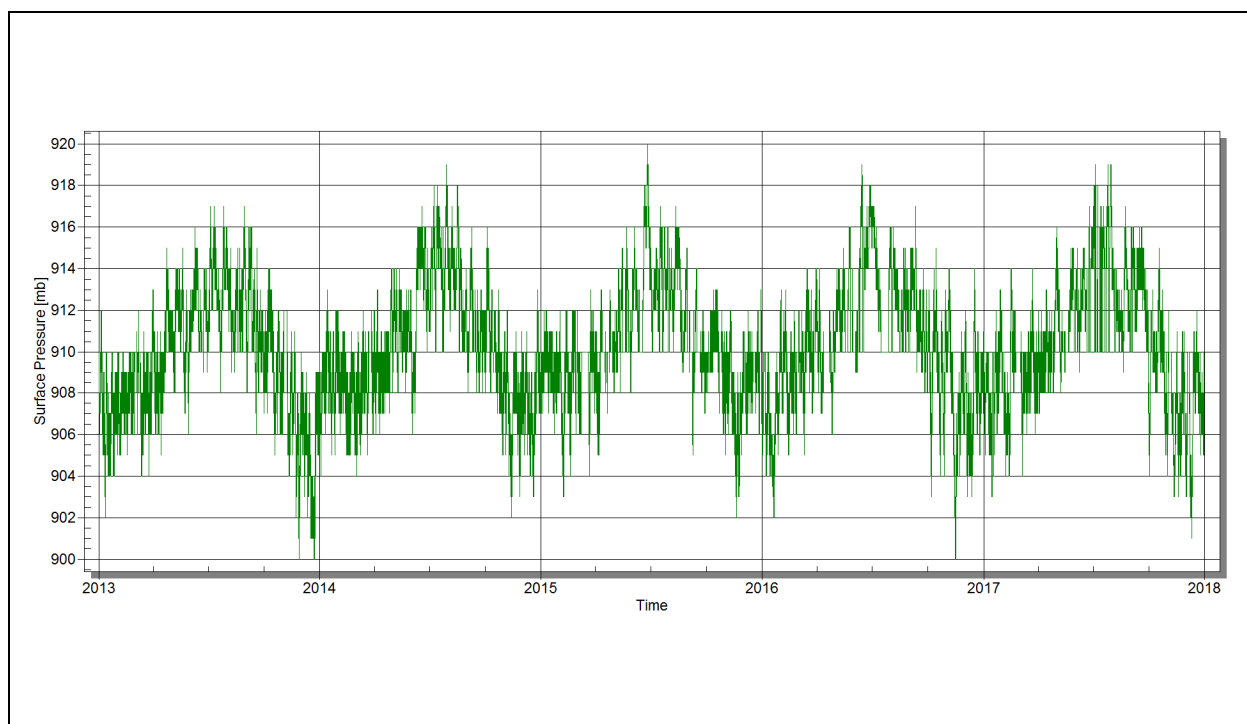


Figura 24: Série temporal da pressão atmosférica (hPa) simulada com o WRF.

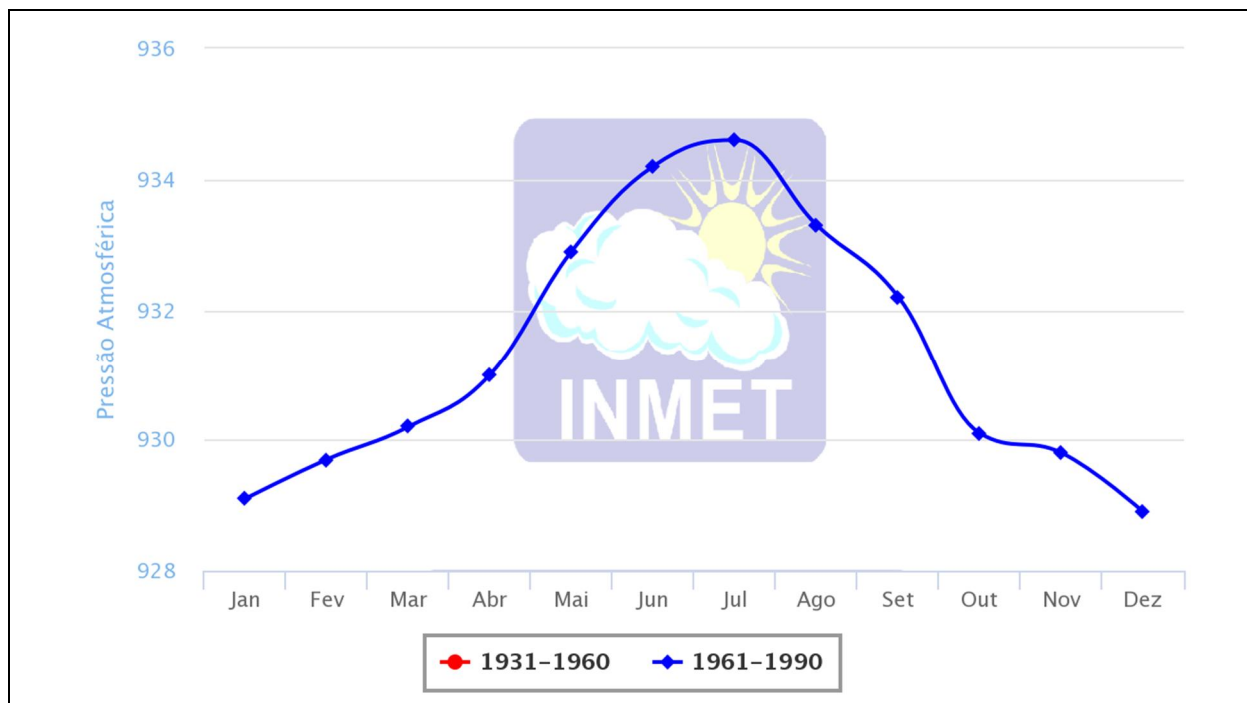


Figura 25: Gráfico da normal climatológica da pressão atmosférica (hPa) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.

Fonte: Instituto Nacional Meteorologia (INMET).

No regime de chuvas mostrado na (Figura 26) a estação seca se concentra nos meses de maio à agosto e no começo de setembro, tipicamente, são os meses de inverno no SE do Brasil e nas fases de transição das estações do outono e primavera.

Os meses de maio a agosto são críticos para a qualidade do ar, principalmente em caso de emissão de materiais particulados, pois a baixa precipitação e a alta pressão atmosférica dificultam a remoção desses poluentes da atmosfera.

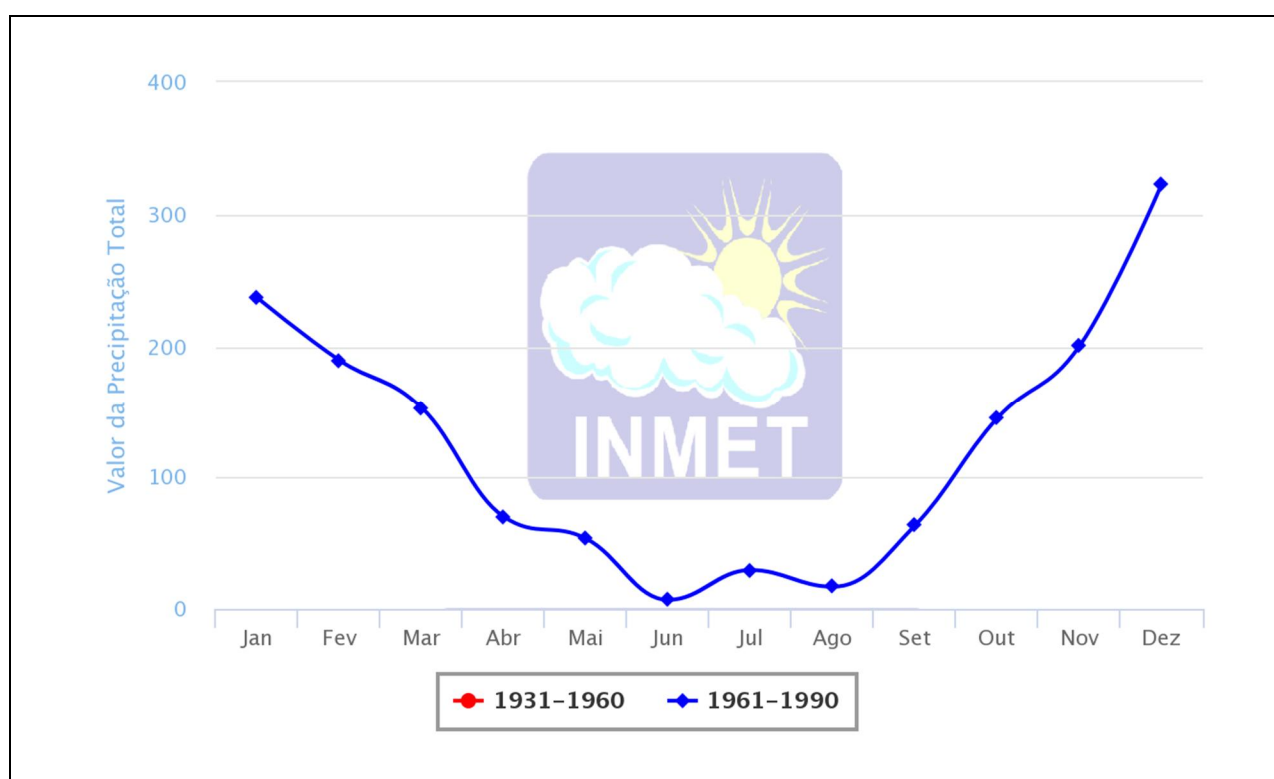


Figura 26: Gráfico das normais climatológicas da precipitação acumulada mensal (chuva em mm/mês) da estação de referência mais próxima, localizada no município de Patrocínio – MG.

4.3.6 Testes Estatísticos e Validação do Modelo

A validação dos modelos e algoritmos elaborados seguiu a metodologia descrita por Chang (CHANG e HANNA, 2004) para avaliação do desempenho de modelos ambientais e atmosféricos.

O viés (ou tendência) positivo indica que os resultados simulados pelos modelos excederam os valores observados (valores de referência). Um viés negativo indica que os resultados dos modelos são inferiores aos valores das observações.

O viés normalizado pode se tornar muito grande quando um limite mínimo de concentração não é utilizado, por isso, o viés fracionado (FB = Fractional Bias) é um indicador útil porque tem a vantagem de distribuir igualmente o peso das estimativas positiva e negativa (CHANG e HANNA, 2004). O critério de aceitação do viés fracionado, para esse estudo, é: $-0,25 < FB < +0,25$ (equação 1).

$$FB = \frac{(\overline{C_{mod}} - \overline{C_{ref}})}{0,5 (\overline{C_{mod}} + \overline{C_{ref}})} \quad (1)$$

A média geométrica do viés calcula a média residual do modelo pareado no tempo, dimensionado pelo logaritmo, sendo um indicador útil porque tem a vantagem de explicitar os desvios menores (CHANG e HANNA, 2004). O critério de aceitação da média geométrica do viés (MG = Geometric Mean Bias), para esse estudo, é: $0,75 < MG < 1,25$ (equação 2).

$$MG = \exp(\overline{\ln C_{mod}} - \overline{\ln C_{ref}}) \quad (2)$$

A média quadrática do erro normalizado (NMSE) é obtida calculando-se média da diferença absoluta ao quadrado, normalizado. Nesse teste, quanto mais próximo à zero, melhor é o resultado. O critério de aceitação da Média Quadrática do Erro Normalizado (NMSE = Normalized Mean Square Error), para esse estudo, é: $0,0 < NMSE < 0,5$ (equação 3).

$$NMSE = \frac{(\overline{C_{mod}} - \overline{C_{ref}})^2}{\overline{C_{mod}} \times \overline{C_{ref}}} \quad (3)$$

A variância geométrica (VG) é obtida calculando-se média das diferenças logarítmicas entre o simulado e a referência. O critério de aceitação da Variância Geométrica (VG = Geometric Variance) para esse estudo, é: $1,0 < VG < 2,5$ (equação 4).

$$VG = \exp(\overline{\ln C_{mod} - \ln C_{ref}})^2 \quad (4)$$

O coeficiente de correlação (R) demonstra a intensidade da relação linear entre duas variáveis, uma prognosticada e outra observada (equação 5). Uma correlação positiva indica que ambas variáveis crescem juntas e uma correlação negativa indica que quando uma variável cresce, a outra decresce e quanto mais próximo de 1,0 melhor é sua correlação. O critério de aceitação do coeficiente de correlação linear (R), para esse estudo, é: $0,75 < R$.

$$R = \frac{(C_{mod} - \bar{C}_{mod})(C_{ref} - \bar{C}_{ref})}{\sigma_{C_{mod}} \sigma_{C_{ref}}} \quad (5)$$

A fração de previsões que está dentro do fator dois (FAC2) demonstra a quantidade dos resultados que estão em níveis aceitáveis de valores, alinhados no tempo (equação 6). O critério de aceitação da Fração de Dados, para esse estudo, é: $0,75 < FAC2$.

$$FAC2 = \text{Fração de dados que satisfaz:} \quad 0,5 \leq \frac{C_{mod}}{C_{ref}} \leq 2,0 \quad (6)$$

Os resultados da simulação com o modelo WRF foram validados a partir de testes estatísticos já previamente descritos, utilizando como referência os dados de METAR do Aeroporto Ten. Cel. Aviator César Bombonato - Uberlândia.

As variáveis meteorológicas simuladas possuem características próprias, de modo que, são necessários diferentes testes estatísticos para compor um conjunto acurado de resultados e embasar a avaliação da qualidade da simulação.

Os resultados da Tabela 2 mostram que a velocidade do vento e a umidade relativa atenderam adequadamente quatro dos testes estatísticos realizados, dentro dos critérios propostos, com razoável nível de confiabilidade.

A direção do vento é a variável mais difícil de ser representada, mas mesmo assim, verificou-se aceitação da simulação em pelo menos três dos testes estatísticos realizados, sendo que nem todos os testes estatísticos conseguem avaliar, uma variável como essa por conta da segmentação de valores (de 360 para 0º) na direção Norte.

A temperatura do ar e a pressão atmosférica são as variáveis de maior representatividade, com atendimento de cinco e seis testes estatísticos, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados dos testes estatísticos da simulação com o WRF

	Velocidade do Vento	Direção do Vento	Temperatura	Umidade Relativa	Pressão Atmosférica	Critério de Avaliação
FB	-0,089	-0,083	-0,033	-0,008	0,014	- 0,25 ~ 0,25
MG	0,898	1,140	0,990	1,120	1,000	0,75 ~1,25
NMSE	0,375	1,074	0,217	0,196	0,097	0,0 ~ 0,5
VG	1,549	11,654	1,649	1,396	2,394	1,0 ~ 2,5
R	0,502	0,363	0,825	0,221	0,107	~ 1
FAC2	0,481	0,399	0,570	0,569	0,627	~ 1

4.4 Configurações Regulatórias das Simulações

O modelo foi simulado utilizando apenas as configurações determinadas como regulatórias, desabilitando as opções *non-default* e desabilitando a deposição seca e a deposição úmida (Figura 27).

O *setup* utilizado como apresentado na Figura 27 maximiza as concentrações resultantes do modelo, evitando assim questionamentos sobre resultados subestimados (abordagem conservadora), sendo, portanto, a configuração geralmente considerada ideal pelos órgãos ambientais.

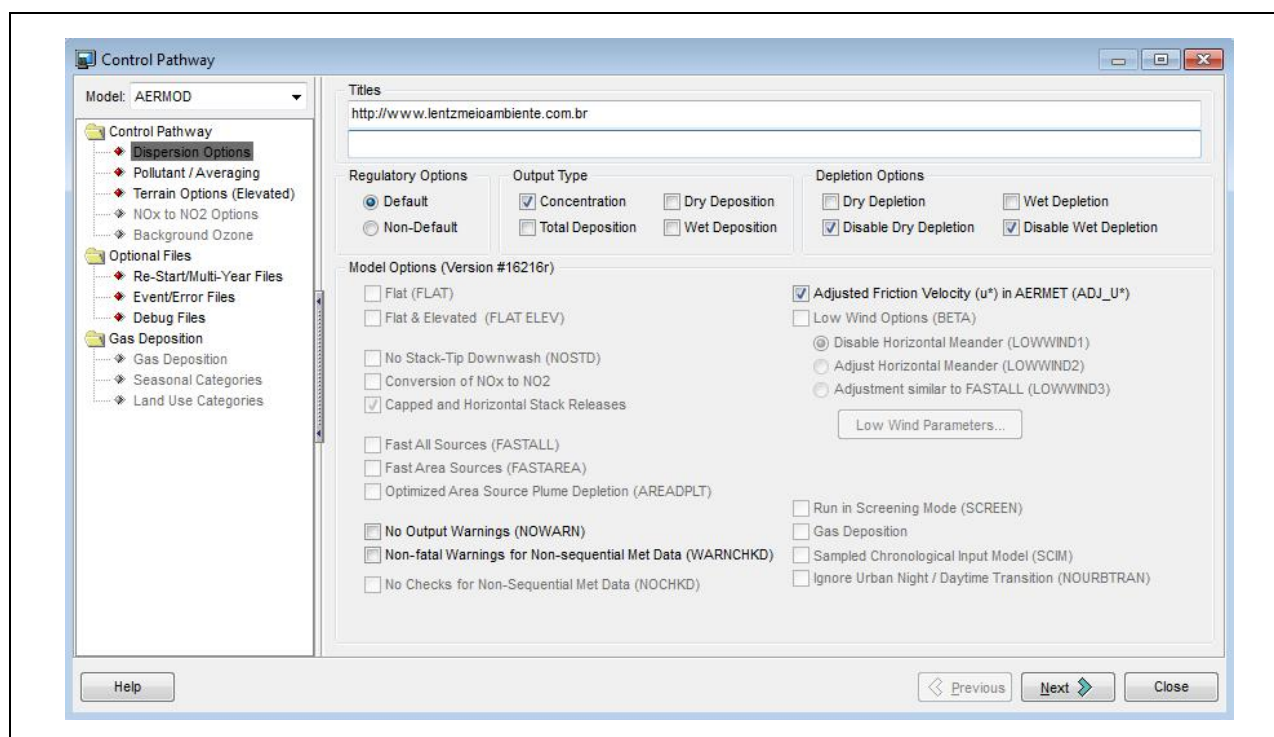


Figura 27: Configurações DEFAULT para a simulação de particulados emitidos para a atmosfera.

4.5 Cenários Simulados

Neste EDA, as taxas de emissão utilizadas foram fornecidas pelo contratante, sendo que os poluentes analisados foram: Monóxido de Carbono (CO), Enxofre Total

Reduzido (ERT), Óxidos de Nitrogênio (NO_x expressos como NO_2), Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Óxidos de Enxofre (SO_x expressos como SO_2).

Nesse estudo não foi simulado um cenário da condição atual devido à inexistência de empreendimento no local, portanto, o cenário simulado corresponde à condição futura de projeto (Figura 28).

Tabela 3: Cenários simulados no Estudo de Dispersão Atmosférica

CENÁRIO	DESCRIÇÃO
ATUAL	Ausência de empreendimentos no local, sem emissões para simular. CENÁRIO NÃO SIMULADO
FUTURO	Emissões provenientes da operação do empreendimento.

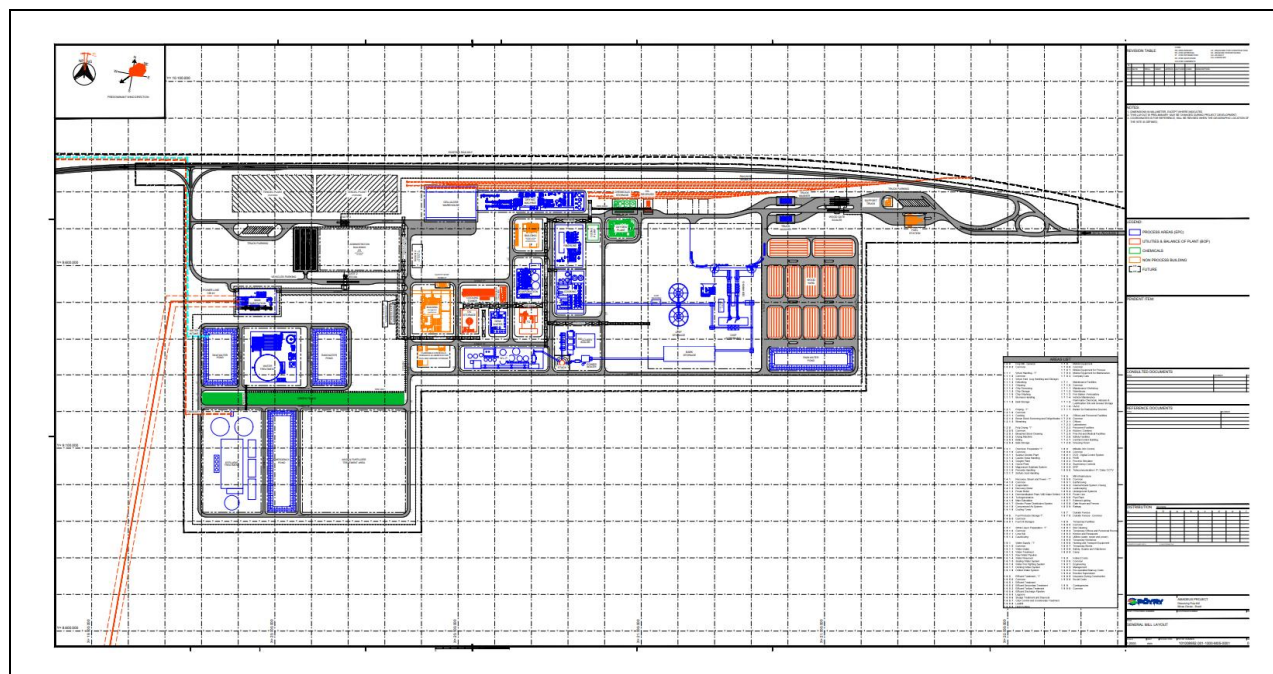


Figura 28: Layout de projeto da unidade projetada.

4.6 Efeito Downwash

Prédios ou outras barreiras próximas a fontes de emissão podem causar concentrações elevadas de poluentes devido à formação de um vórtice a sotavento do obstáculo e a formação de um escoamento turbulento. Este efeito é conhecido como downwash. Esses vórtices transportam parte da pluma para a superfície elevando as concentrações em suas áreas de influência. O AERMOD incorpora os algoritmos do Plume Rise Model Enhancements (PRIME) para estimar o crescimento acelerado e a restrição da ascensão da pluma devido aos vórtices formados a sotavento dos prédios.

A Figura 29 apresenta uma maquete representativa do efeito de downwash junto a edificações causada por uma chaminé baixa (a), a respectiva simulação computacional desse efeito (b) e um exemplo de uma fonte com altura de chaminé adequada (c).

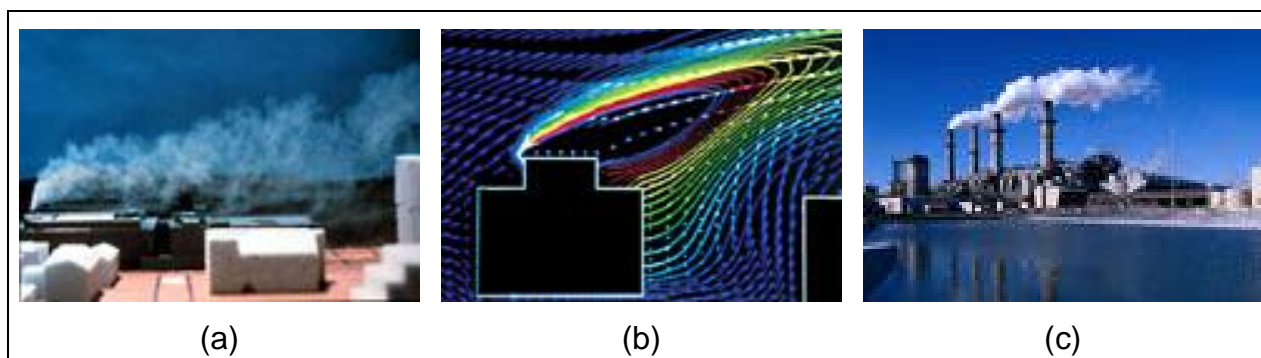


Figura 29: (a) simulação do efeito downwash em uma maquete, (b) simulação do efeito downwash em uma modelagem computacional e (c) deslocamento da pluma sem atuação do efeito downwash.

O PRIME divide a massa da pluma entre a região do vórtice e a região escoamento da pluma. A dispersão no vórtice é baseada na geometria do prédio e assume-se que na vertical a mistura seja uniforme. Na fronteira da região do vórtice parte da massa é emitida para a região turbulenta. Essa massa é combinada com a massa da pluma que não foi capturada pelo vórtice e, conseqüentemente, dispersada com uma taxa de propagação baseada na localização da fonte, altura de lançamento e geometria do prédio. Um modelo de função de densidade de probabilidade e um modelo de difusão em vórtices são usados para analisar o escoamento turbulento próximo e distante, respectivamente.

A ascensão da pluma, para fontes influenciadas por prédios, é estimada por um modelo que inclui a deflexão da linha de corrente próximo ao prédio, cisalhamento vertical da velocidade do vento, aumento da diluição a partir do escoamento turbulento e perda de velocidade. Em geral esses efeitos induzidos por prédios atuam de forma a restringir a ascensão que a pluma teria na ausência do prédio.

A concentração total é dada por uma soma ponderada das concentrações obtidas pelo AERMOD (sem considerar a influência dos prédios) e pelo PRIME (considerando a influência dos prédios):

$$C_{\text{Total}} = \gamma C_{\text{Prime}} + (1 - \gamma) C_{\text{AERMOD}}$$

O fator de peso γ é obtido de forma que a contribuição do PRIME decaia exponencialmente conforme a pluma se afasta do prédio (lateral e verticalmente), seguindo o vento. O fator de peso é calculado conforme:

$$\gamma = \exp\left(\frac{-(x - \sigma_{xg})^2}{2\sigma_{xg}^2}\right) \exp\left(\frac{-(y - \sigma_{yg})^2}{2\sigma_{yg}^2}\right) \exp\left(\frac{-(z - \sigma_{zg})^2}{2\sigma_{zg}^2}\right)$$

Onde x é a dimensão de afastamento da pluma acompanhando a direção do vento, y é a dimensão perpendicular ao vento e z é a altura do receptor com relação ao solo.

O efeito de downwash foi considerado neste estudo devido à existência de edificações de dimensões significativas e suficientemente próximas às fontes simuladas que apresentam potencial influência na formação de vórtices turbulentos a sotavento. Os dados das edificações próximas para processamento do downwash foram fornecidos pelo contratante.

Na Figura 30 temos o diagrama esquemático com as localizações das edificações (em azul) e das fontes de emissão (em vermelho) do cenário simulado. A Tabela 5 apresenta as coordenadas das edificações consideradas.

Tabela 4: Descrição das edificações utilizadas.

EDIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
BLD_1	Silo de Biomassa
BLD_2	Silo de Biomassa
BLD_3	Linha de Fibras
BLD_4	Evaporação
BLD_5	Caustificação
BLD_6	Turbogeradores
BLD_7	Estação de Tratamento de Água
BLD_8	Estação de Tratamento de Efluentes
BLD_9	Torre de Resfriamento
BLD_10	Edifícios ADM/Sala de Controle
BLD_11	Almoxarifado/Oficina

Tabela 5: Edificações utilizadas para o cálculo do downwash.

EDIFICAÇÃO	COTA (m)	ALTURA (m)	UTM E (m)	UTM N (m)	LATERAL X (m)	LATERAL Y (m)
BLD_1	14,73	36,0	386464	7805908	31,0	97,0
BLD_2	15,97	27,0	386469	7805826	100,0	47,0
BLD_3	14,02	22,0	386525	7805629	34,0	114,0
BLD_4	14,95	16,0	386486	7805672	19,0	54,0
BLD_5	15,07	20,0	386480	7805575	21,0	78,0
BLD_6	23,26	78,0	386592	7805819	30,0	50,0
BLD_7	24,37	78,0	386630	7805808	35,0	70,0
BLD_8	26,58	78,0	386676	7805808	30,0	65,0
BLD_9	29,81	40,0	386758	7805843	18,0	33,0
BLD_10	28,81	40,0	386759	7805803	33,0	36,0
BLD_11	15,33	6,0	386617	7805659	40,0	10,0

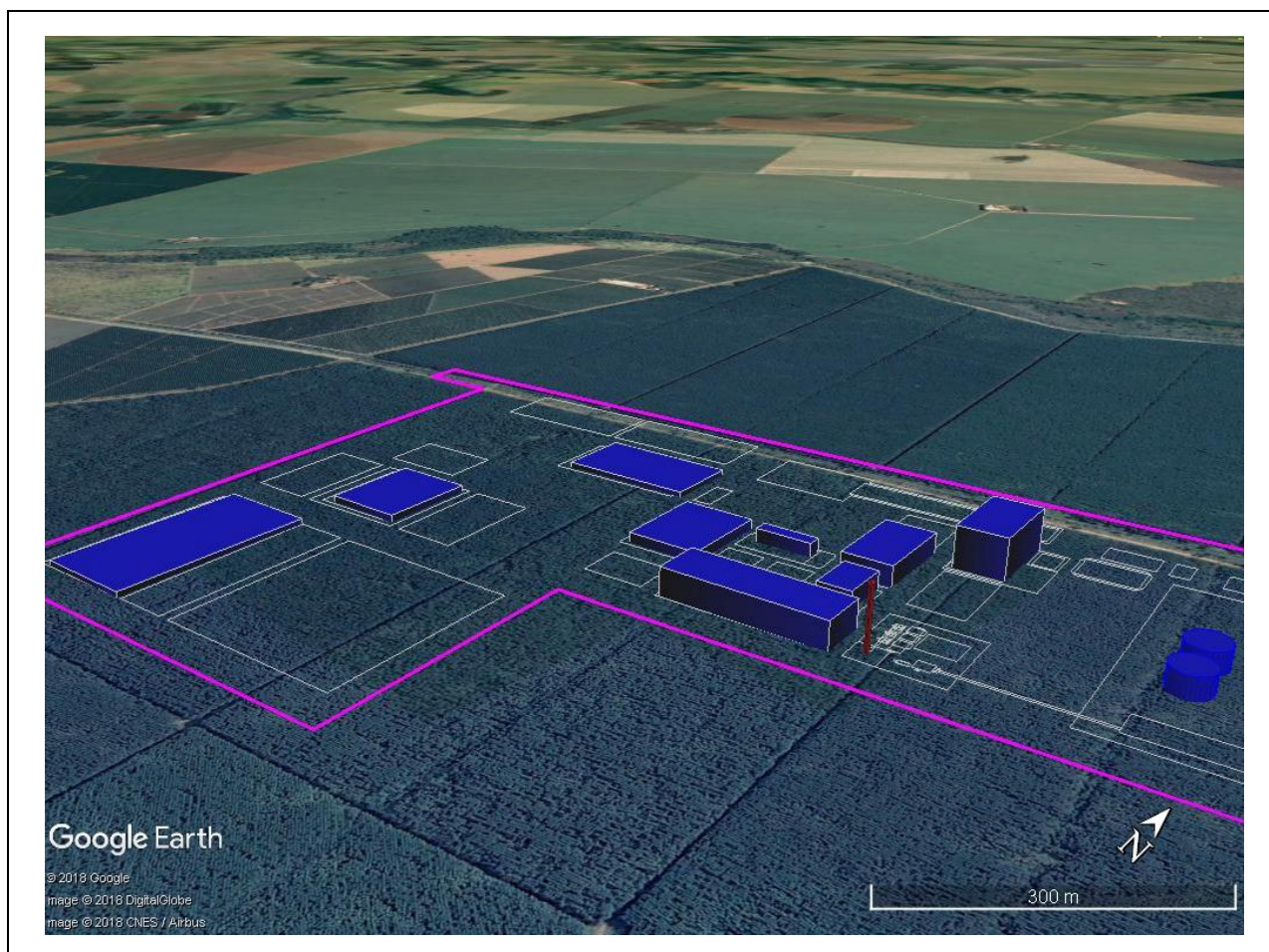


Figura 30: Diagrama esquemático da localização das edificações próximas (em azul) e fontes de emissão (em vermelho).

Fonte: Google Earth.

4.7 Taxas de emissão

O estudo de dispersão considerou todas as fontes propostas no projeto (Figura 28) fornecidas pelo contratante e apresentadas no processo de licenciamento ambiental (Tabela 6). A Tabela 7 apresenta a localização da fonte, altura, diâmetro, temperatura e velocidade de emissão das fontes pontuais simuladas no cenário FUTURO. A Tabela 8 apresenta as taxas de emissão para o cenário FUTURO e assim como a Tabela 9 apresenta as mesmas taxas de emissão por unidade de volume.

Tabela 6: Dados de entrada das fontes áreas simuladas.

FONTE	REFERÊNCIA
BIO_01	Caldeira de Biomassa
REC_01	Caldeira de Recuperação
CAL_01	Forno de Cal

Tabela 7: Dados de entrada das fontes áreas simuladas no cenário FUTURO.

FONTE	Coordenadas			Altura (m)	Temperatura (K)	Velocidade (m/s)	Diâmetro (m)
	UTMX (m)	UTMY (m)	COTA (m)				
BIO_01	193118	7914917	989,00	90,0	443,0	20,0	2,37
REC_01	193115	7914921	989,00	90,0	473,0	20,0	5,67
CAL_01	193114	7914916	989,00	90,0	573,0	20,0	2,14

Tabela 8: Taxas de emissão por fontes simuladas no cenário FUTURO.

	Taxas de Emissão (g/s)				
	CO	MP	NOX	SOX	ERT
BIO_01	-	4,00	20,00	12,50	-
REC_01	105,00	21,00	120,00	24,00	3,40
CAL_01	-	2,80	14,00	7,00	0,80

Tabela 9: Taxas de emissão por unidade de volume no cenário FUTURO.

	Taxas de Emissão (mg/Nm ³)				
	CO	MP	NOX	SOX	ERT
BIO_01	-	80,00	400,00	250,00	-
CEL_01	350,00	70,00	400,00	80,00	11,30
CEL_01	-	80,00	400,00	200,00	22,60

5 RESULTADOS

Rede de Monitoramento da Qualidade do ar no Estado de Minas Gerais

Antecedendo a apresentação dos resultados propriamente ditos, informa-se que, para monitorar a qualidade do ar no estado de Minas Gerais, a FEAM opera uma rede constituída de 10 estações automáticas situadas na RMBH, assim como outras 19 estações automáticas instaladas em outros 6 municípios. A referida rede automática de monitoramento abarca os seguintes municípios: Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ibirité, Ipatinga, Itabira, Paracatu, São José da Lapa, Timóteo. Estas estações estão muito distantes da área enfocada neste trabalho, não sendo representativas da qualidade do ar na mesma. Por este motivo, seus dados não foram utilizados neste trabalho. O diagnóstico da qualidade do ar na área do empreendimento foi realizado a partir de monitoramento próprio, tendo sido gerados dados primários durante duas campanhas distintas, com duração de sete dias consecutivos cada uma.

Os Padrões de qualidade do ar aplicáveis e este EDA

Os resultados das simulações são analisados para efeito de determinação da conformidade ambiental das concentrações de entorno, resultantes das emissões atmosféricas das unidades simuladas. A avaliação da qualidade do ar de entorno foi realizada perante os critérios estabelecidos de acordo com a resolução CONAMA 03/1990, uma vez o Estado de Minas Gerais assim estabeleceu através da DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 187 DE 19/09/2013 (transcrita parcialmente a seguir).

“O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração de um grupo de poluentes universalmente consagrados como indicadores, selecionados devido à sua maior frequência de ocorrência na atmosfera e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. São eles: material particulado (poeira), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC) e ozônio (O₃). Para cada uma dessas substâncias, foram definidos padrões de qualidade do ar, ou seja, limites máximos de concentração que, quando ultrapassados, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente em geral. No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram fixados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da Resolução Conama 03/90, sendo também adotados em Minas Gerais¹.”

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 3/1990, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários².

Portanto, levando-se em consideração as ponderações de FEAM e do Ministério das Cidades, neste trabalho consideram-se aplicáveis os padrões primários de qualidade do ar definidos através da res. CONAMA 03/1990.

¹ <http://www.feam.br/noticias/1/1329-qualidade-do-ar>, (acesso 7/6/2018)

² <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-de-qualidade-do-ar>, (acesso 7/6/2018)

Os resultados das simulações das 5 concentrações máximas de cada um dos parâmetros avaliados em receptores distintos (independentes) são apresentados a partir da Tabela 10 até a Tabela 14. No anexo A, são apresentadas as isolinhas de concentração das simulações realizadas, para determinar a localização das concentrações máximas simuladas. No anexo B, são apresentadas as tabelas com as 50 concentrações máximas de curto período e as 10 concentrações máximas de longo período (anual).

Tabela 10: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o CO no cenário FUTURO.

Período		Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
01 h	1ª Máx	193375	7914375	78,3564	40 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	193375	7915375	76,2697		
	3ª Máx	193375	7915625	73,7879		
	4ª Máx	192625	7914375	71,5329		
	5ª Máx	192875	7914375	70,8502		
08 h	1ª Máx	193375	7915625	45,1198	10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192625	7914375	43,7238		
	3ª Máx	192375	7914125	37,5749		
	4ª Máx	192625	7913875	37,2239		
	5ª Máx	192625	7914125	35,7880		

Tabela 11: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o NO_x no cenário FUTURO.

Período		Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
01 h	1ª Máx	193375	7914375	136,6148	320 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	190 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192625	7914375	116,8077		
	3ª Máx	193500	7915500	115,1345		
	4ª Máx	193375	7915375	112,7259		
	5ª Máx	193625	7915875	106,5896		
Anual	1ª Máx	192625	7914125	8,1550	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192875	7914375	8,1405		
	3ª Máx	192875	7914125	7,5925		
	4ª Máx	192500	7914000	7,4946		
	5ª Máx	192625	7914375	7,4469		

Tabela 12: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o PTS no cenário FUTURO.

Cenário	Período 24 h	Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
24 h	1ª Máx	192375	7914375	7,5171	240 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192375	7915125	7,1099		
	3ª Máx	192625	7914125	7,0823		
	4ª Máx	192625	7914375	6,9328		
	5ª Máx	192500	7914500	6,8361		
Anual	1ª Máx	192875	7914375	1,5347	80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192625	7914125	1,5316		
	3ª Máx	192625	7914375	1,4162		
	4ª Máx	192875	7914125	1,4128		
	5ª Máx	192500	7914000	1,4068		

Tabela 13: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o SO_x no cenário FUTURO.

Cenário	Período 24h	Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
24 h	1ª Máx	192375	7914375	15,9987	365 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192375	7915125	15,4757		
	3ª Máx	192500	7914500	15,2555		
	4ª Máx	192625	7914375	15,0559		
	5ª Máx	192625	7914125	14,6217		
Anual	1ª Máx	192875	7914375	3,2798	80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2ª Máx	192625	7914125	3,1975		
	3ª Máx	192625	7914375	3,1819		
	4ª Máx	192500	7914000	2,9258		
	5ª Máx	192875	7914125	2,7816		

O Enxofre Reduzido Total é um gás que não possui padrão de qualidade do ar definidos pela resolução CONAMA 03/90, por isso, foi utilizado o LPO (Limite de Percepção de Odor) fornecido pela ficha de cadastro de produtos químicos da CETESB. As concentrações do ERT ficaram abaixo do valor estabelecido para o LPO (Tabela 14).

Tabela 14: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores distintos para o ERT no cenário FUTURO.

Período 1h	Concentração Máxima			Limite de Percepção de Odor
	UTMX	UTMY	Concentração	Ficha CETESB ³
1ª Máx	193375	7914375	3,6136	6,55 (0,0047 ppm)
2ª Máx	192625	7914375	3,1556	
3ª Máx	193500	7915500	3,0772	
4ª Máx	192625	7915375	3,0332	
5ª Máx	193625	7915875	2,8192	

³ Ficha de Informação de Produto Químico da CETESB, obtida no site:
http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=SULFETO%20DE%20HIDROG%C3%A2NIO

5.1 Resultados nos Receptores Discretos

Os resultados das simulações são analisados para efeito de determinação da conformidade ambiental das concentrações de entorno, resultantes das emissões atmosféricas das unidades simuladas.

Os resultados das simulações separados por parâmetros em receptores discretos são apresentados a seguir:

Tabela 15: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o CO no cenário FUTURO.

Período		Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
01 h	RECP_01	189623	7910157	15,1400		
	RECP_02	194298	7907130	11,9414		
	RECP_03	195643	7907779	12,5158		
	RECP_04	188397	7913871	17,5899		
	RECP_05	187749	7910803	13,3895		
	RECP_06	204960	7930177	8,8148	40 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_07	216219	7925259	5,9940		
	RECP_08	198458	7924119	10,4454		
	RECP_09	192887	7891741	4,5171		
	RECP_10	162359	7935846	4,9518		
	RECP_11	154938	7907156	4,6535		
	RECP_12	219301	7878211	4,7817		
08 h	RECP_01	189623	7910157	3,6723		
	RECP_02	194298	7907130	3,0600		
	RECP_03	195643	7907779	2,7533		
	RECP_04	188397	7913871	5,9513		
	RECP_05	187749	7910803	4,8865		
	RECP_06	204960	7930177	2,0212	10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_07	216219	7925259	1,3099		
	RECP_08	198458	7924119	1,9235		
	RECP_09	192887	7891741	1,5360		
	RECP_10	162359	7935846	1,2857		
	RECP_11	154938	7907156	1,6742		
	RECP_12	219301	7878211	1,2945		

Tabela 16: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o NO_x no cenário FUTURO.

Período		Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
01 h	RECP_01	189623	7910157	25,0213	320 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	190 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	19,2153		
	RECP_03	195643	7907779	20,4886		
	RECP_04	188397	7913871	28,7666		
	RECP_05	187749	7910803	22,3178		
	RECP_06	204960	7930177	15,4520		
	RECP_07	216219	7925259	10,2593		
	RECP_08	198458	7924119	19,2709		
	RECP_09	192887	7891741	7,2701		
	RECP_10	162359	7935846	8,4056		
	RECP_11	154938	7907156	8,0335		
	RECP_12	219301	7878211	8,0534		
Anual	RECP_01	189623	7910157	0,8024	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	0,2654		
	RECP_03	195643	7907779	0,2354		
	RECP_04	188397	7913871	0,5287		
	RECP_05	187749	7910803	0,5855		
	RECP_06	204960	7930177	0,0650		
	RECP_07	216219	7925259	0,0599		
	RECP_08	198458	7924119	0,0997		
	RECP_09	192887	7891741	0,1171		
	RECP_10	162359	7935846	0,1091		
	RECP_11	154938	7907156	0,2194		
	RECP_12	219301	7878211	0,0425		

Tabela 17: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o PTS no cenário FUTURO.

Cenário	Período 24 h	Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
24 h	RECP_01	189623	7910157	0,6693	240 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	0,4687		
	RECP_03	195643	7907779	0,3752		
	RECP_04	188397	7913871	1,2340		
	RECP_05	187749	7910803	0,8131		
	RECP_06	204960	7930177	0,2401		
	RECP_07	216219	7925259	0,1306		
	RECP_08	198458	7924119	0,3777		
	RECP_09	192887	7891741	0,2600		
	RECP_10	162359	7935846	0,1970		
	RECP_11	154938	7907156	0,2078		
	RECP_12	219301	7878211	0,1550		
Anual	RECP_01	189623	7910157	0,1476	80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	0,0483		
	RECP_03	195643	7907779	0,0430		
	RECP_04	188397	7913871	0,0985		
	RECP_05	187749	7910803	0,1085		
	RECP_06	204960	7930177	0,0119		
	RECP_07	216219	7925259	0,0109		
	RECP_08	198458	7924119	0,0182		
	RECP_09	192887	7891741	0,0213		
	RECP_10	162359	7935846	0,0200		
	RECP_11	154938	7907156	0,0405		
	RECP_12	219301	7878211	0,0078		

Tabela 18: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o SO_x no cenário FUTURO.

Cenário	Período 24h	Concentração Máxima			Padrão CONAMA 03/90	
		UTMX	UTMY	Concentração	Padrão Primário	Padrão Secundário
24 h	RECP_01	189623	7910157	1,3193	365 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	1,0339		
	RECP_03	195643	7907779	0,9854		
	RECP_04	188397	7913871	2,2944		
	RECP_05	187749	7910803	1,4852		
	RECP_06	204960	7930177	0,4128		
	RECP_07	216219	7925259	0,2442		
	RECP_08	198458	7924119	0,8092		
	RECP_09	192887	7891741	0,4426		
	RECP_10	162359	7935846	0,3401		
	RECP_11	154938	7907156	0,4181		
	RECP_12	219301	7878211	0,2685		
Anual	RECP_01	189623	7910157	0,2676	80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	RECP_02	194298	7907130	0,0816		
	RECP_03	195643	7907779	0,0737		
	RECP_04	188397	7913871	0,1960		
	RECP_05	187749	7910803	0,2071		
	RECP_06	204960	7930177	0,0202		
	RECP_07	216219	7925259	0,0182		
	RECP_08	198458	7924119	0,0314		
	RECP_09	192887	7891741	0,0353		
	RECP_10	162359	7935846	0,0356		
	RECP_11	154938	7907156	0,0759		
	RECP_12	219301	7878211	0,0133		

Tabela 19: Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) em receptores discretos colocados nos pontos críticos para o ERT no cenário FUTURO.

Cenário	Período 1h	Concentração Máxima			LPO ⁴
		UTMX	UTMY	Concentração	Ficha CETESB ⁵
1h	RECP_01	189623	7910157	0,66769	
	RECP_02	194298	7907130	0,51579	
	RECP_03	195643	7907779	0,54683	
	RECP_04	188397	7913871	0,76903	
	RECP_05	187749	7910803	0,59256	
	RECP_06	204960	7930177	0,40796	6,55
	RECP_07	216219	7925259	0,27230	(0,0047 ppm)
	RECP_08	198458	7924119	0,49197	
	RECP_09	192887	7891741	0,19505	
	RECP_10	162359	7935846	0,22099	
	RECP_11	154938	7907156	0,21162	
	RECP_12	219301	7878211	0,21417	

⁴ LPO: Limite de Percepção de Odor

⁵ Ficha de Informação de Produto Químico da CETESB, obtida no site:

http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=SULFETO%20DE%20HIDROG%C3%A2NI

6 CONCLUSÕES

Os resultados das simulações apresentaram concentrações dentro dos limites estabelecidos pelo padrão secundário (mais restritivo) da resolução CONAMA 03/90 para todos os poluentes simulados (CO, PTS, SO₂ e NO₂), estando, portanto, em conformidade ambiental com a deliberação COPAM Nº 187 DE 19/09/2013.

No caso do ERT, não há padrão definido pela legislação nacional. Porém, sabe-se que o H₂S, gás que está incluso na categoria dos ERTs, possui limiar de percepção de odor igual a 6,55 µg/m³. Como se pode observar acima no item 5, a concentração máxima é da ordem de 50% deste limite.

7 EQUIPE TÉCNICA



George Lentz César Fruehauf

Bacharel em Matemática
Mestrado em Meteorologia
Doutorado em Geografia
Engenharia Ambiental
CREA-SP: 5062008073

IM/UFRJ
SJSU/USA
FFLCH/USP
USM/SP
REGISTRO IBAMA: 573856



Daniel Constantino Zacharias

Bacharel em Meteorologia
Mestrado em Meteorologia
Doutorado em Meteorologia
CREA-SP: 5063075757

IAG/USP
IAG/USP
IAG/USP
REGISTRO IBAMA: 638533

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAMA 03/1990 – Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente

LAKES Environmental Software (2007).User's Guide ISC-AERMod View.

US EPA (1987).Environmental Protection Agency, 1987.On-Site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Applications, EPA - 450/4-87-013.

US EPA (2007).AERMOD Modeling System (acesso 19/06/2007)

http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod.

ANEXO A: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DOS POLUENTES

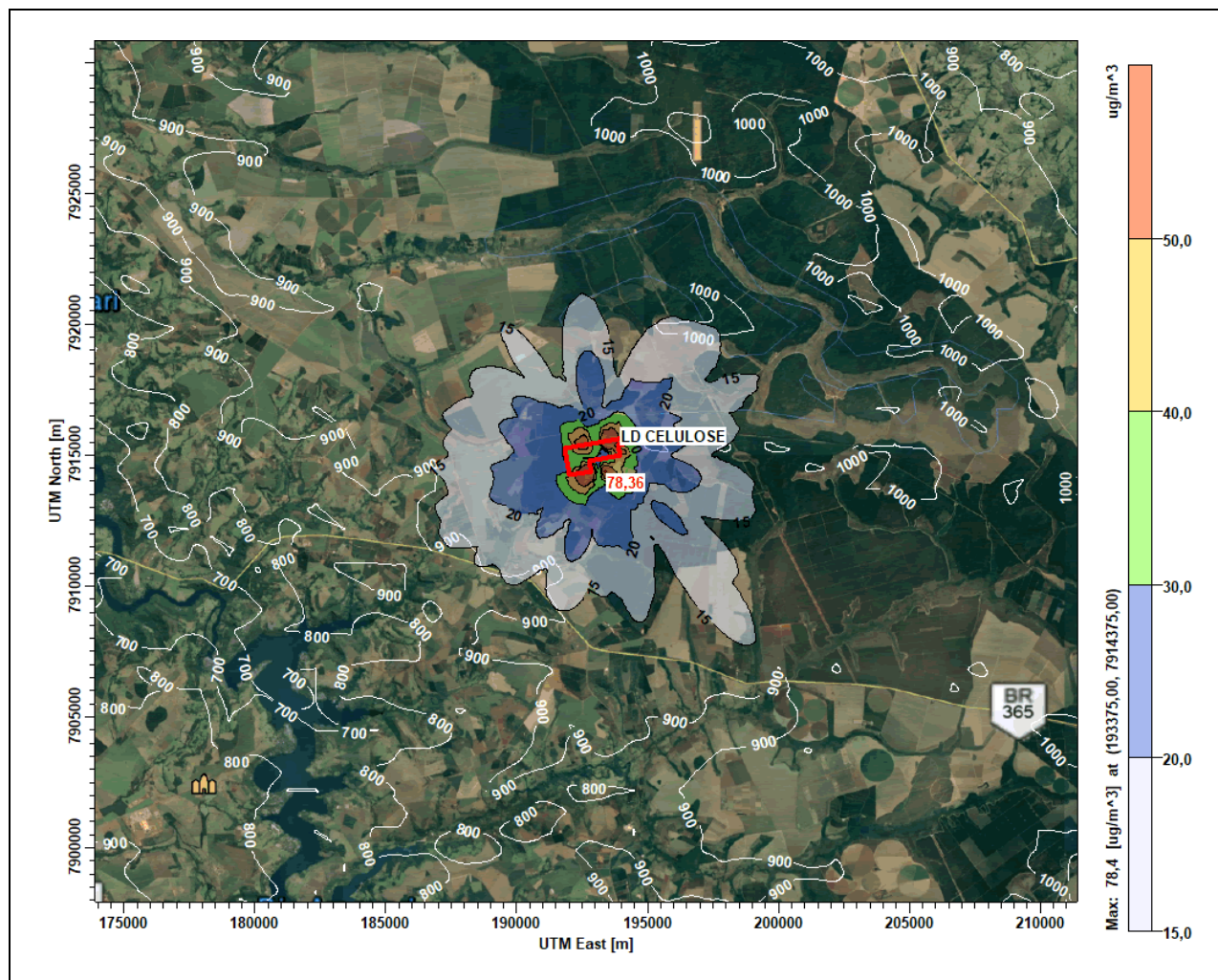


Figura 31: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de CO na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

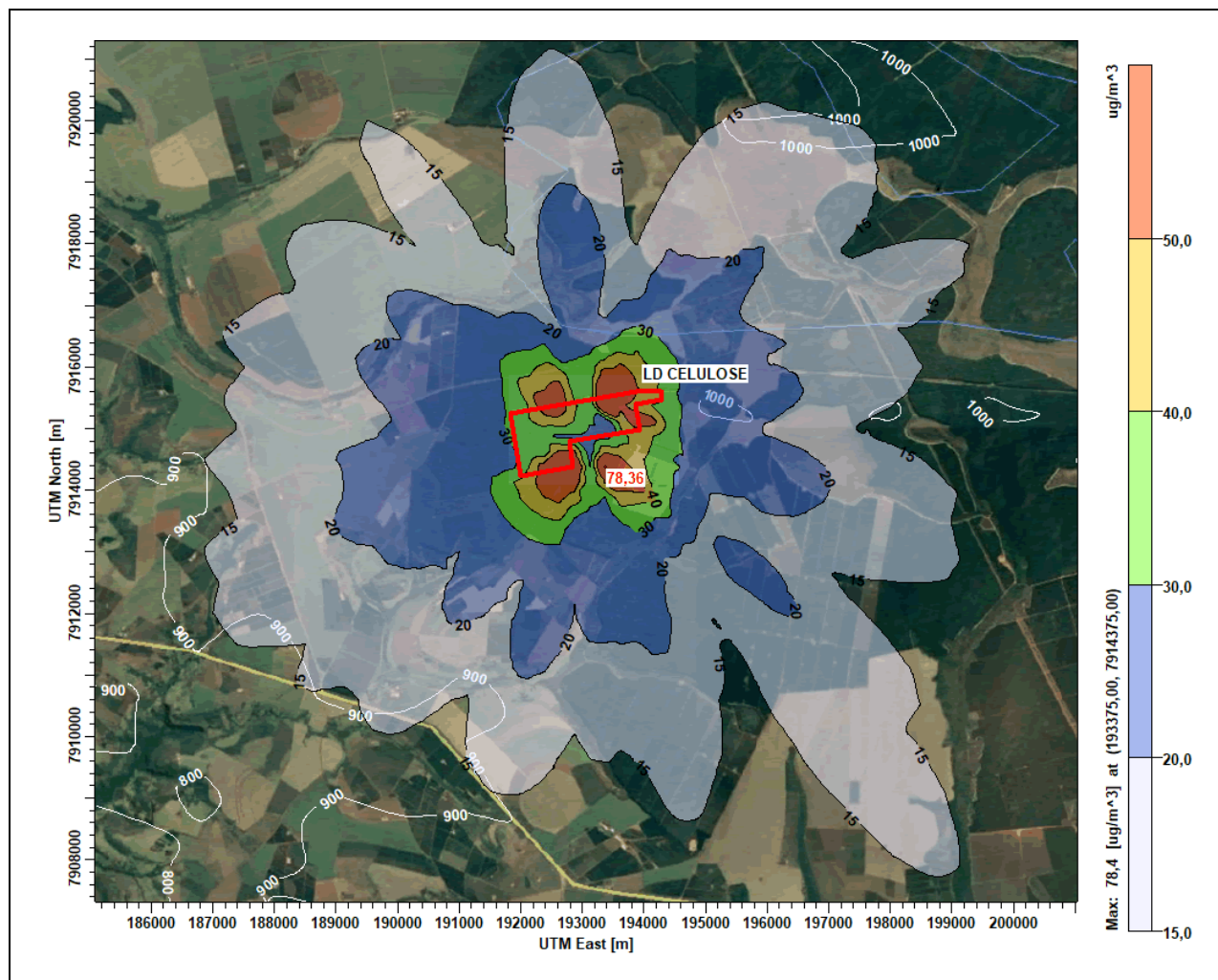


Figura 32: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de CO na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

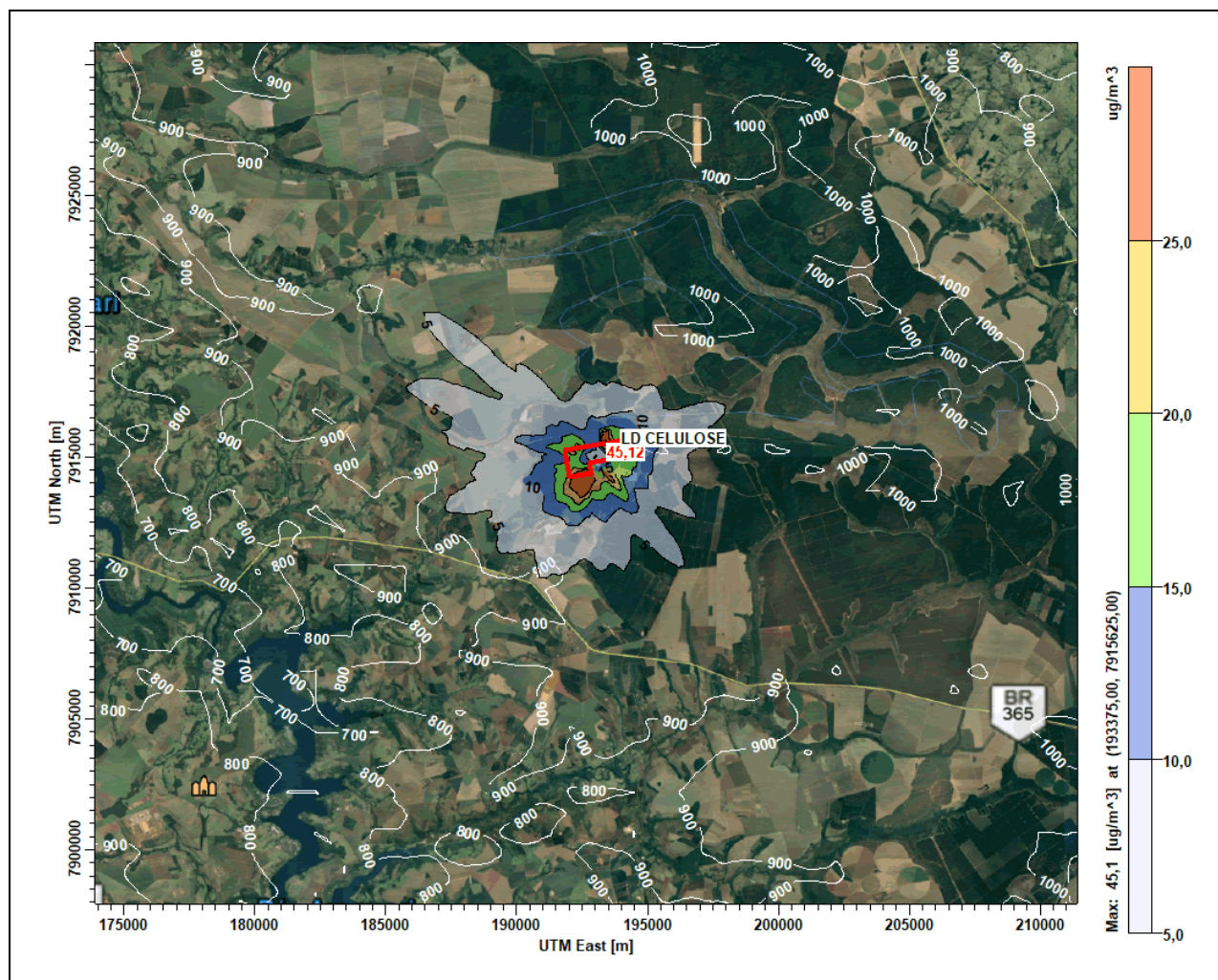


Figura 33: Distribuição espacial da média de 8h da concentração de CO na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

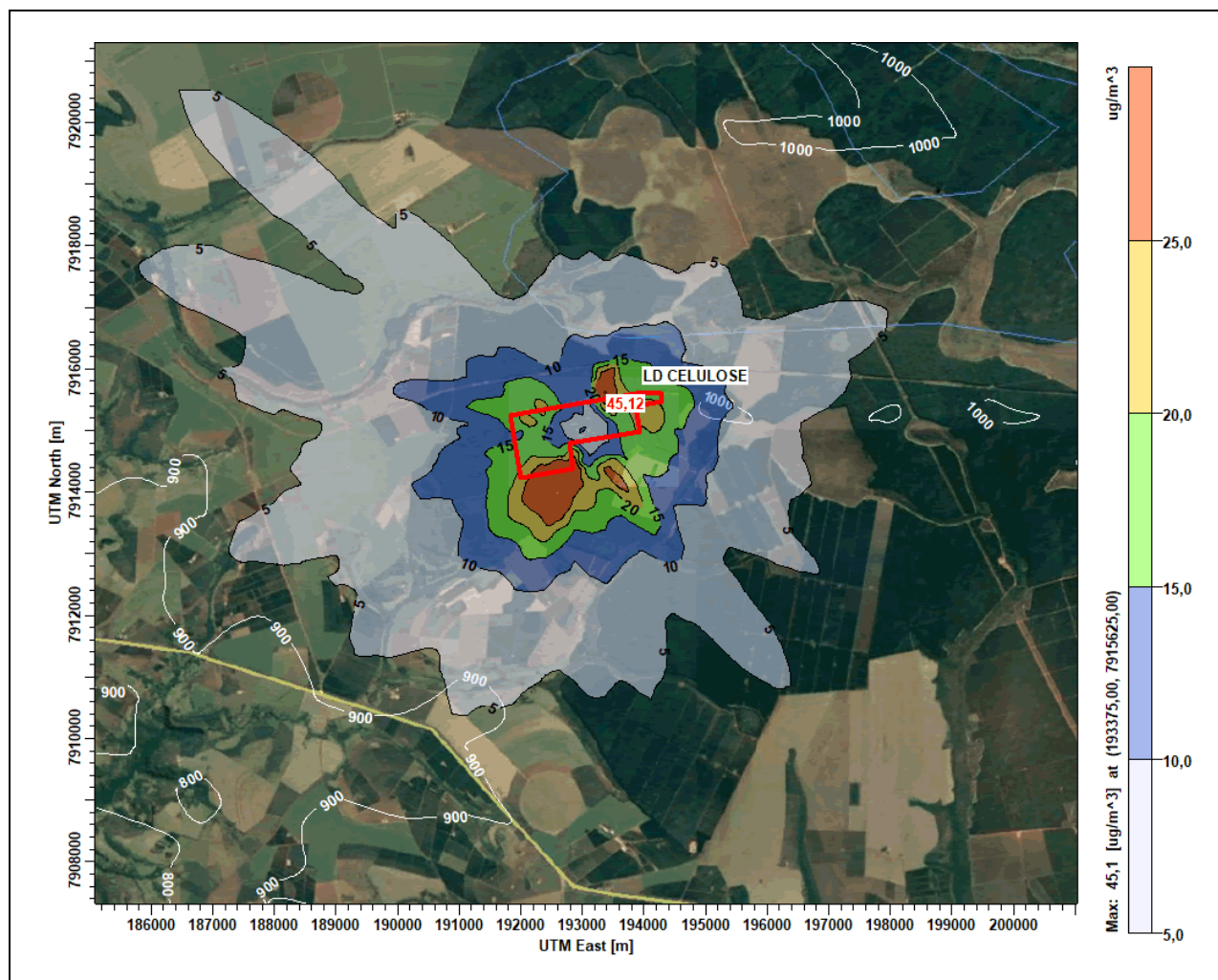


Figura 34: Distribuição espacial da média de 8h da concentração de CO na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

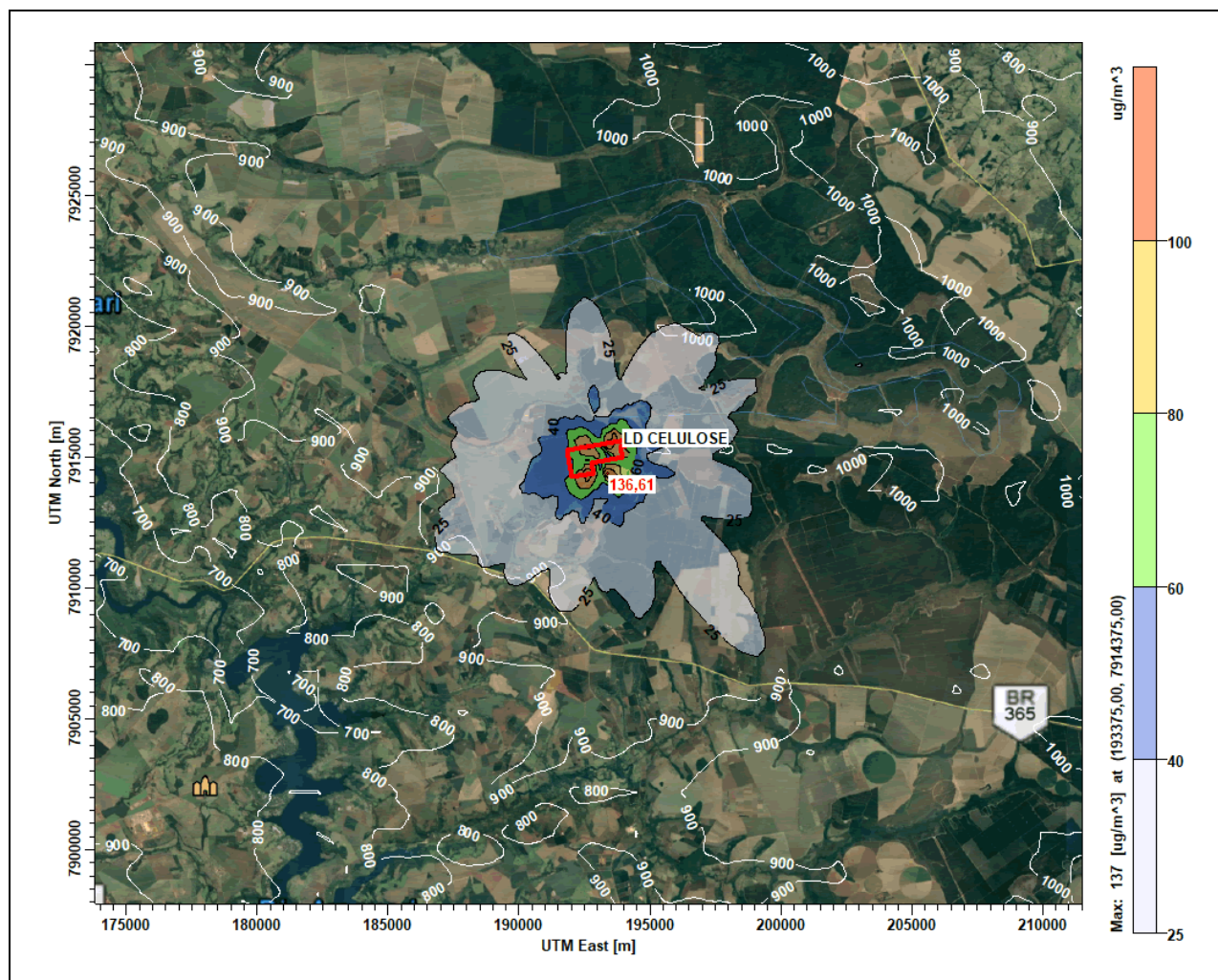


Figura 35: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de NOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

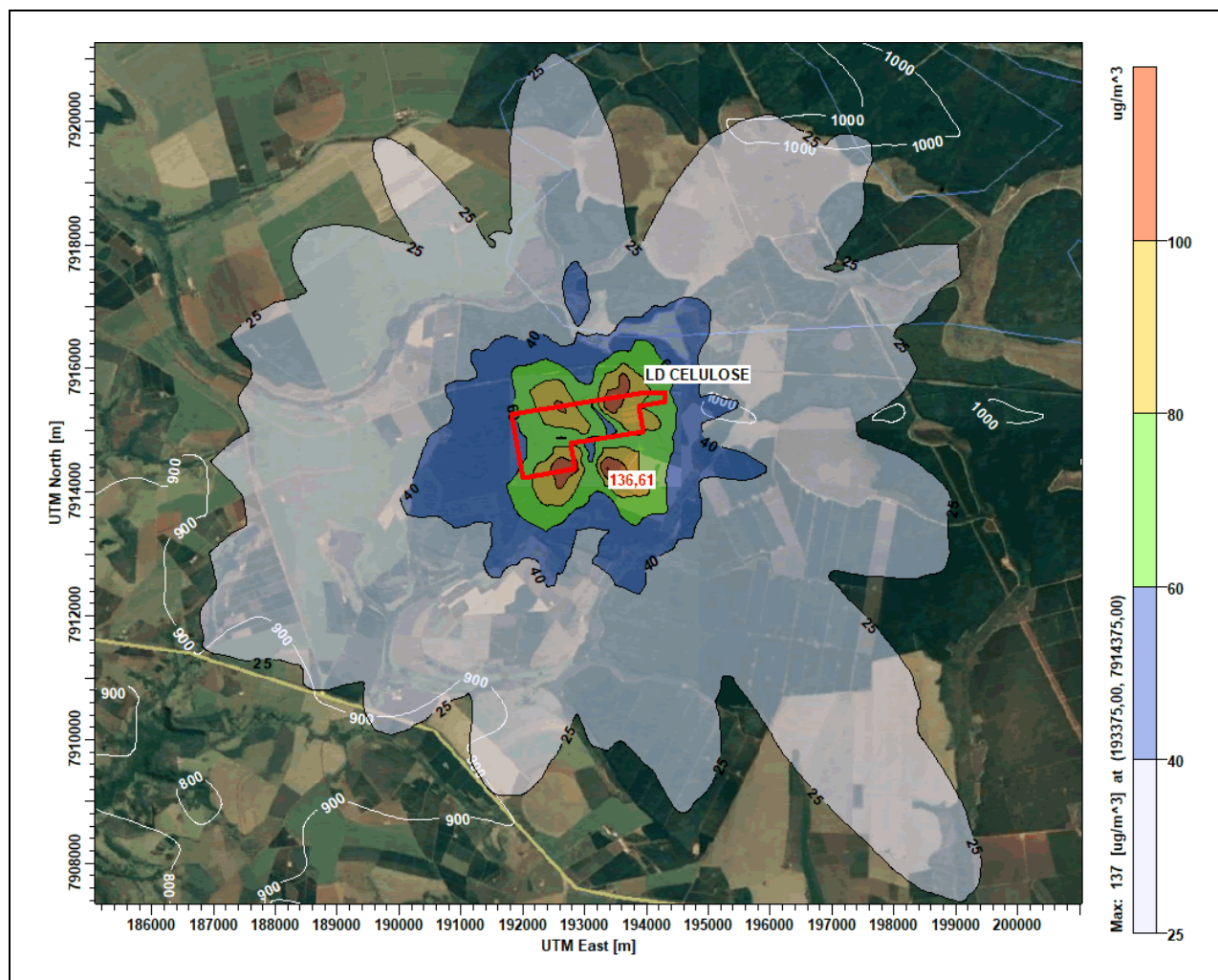


Figura 36: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de NOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

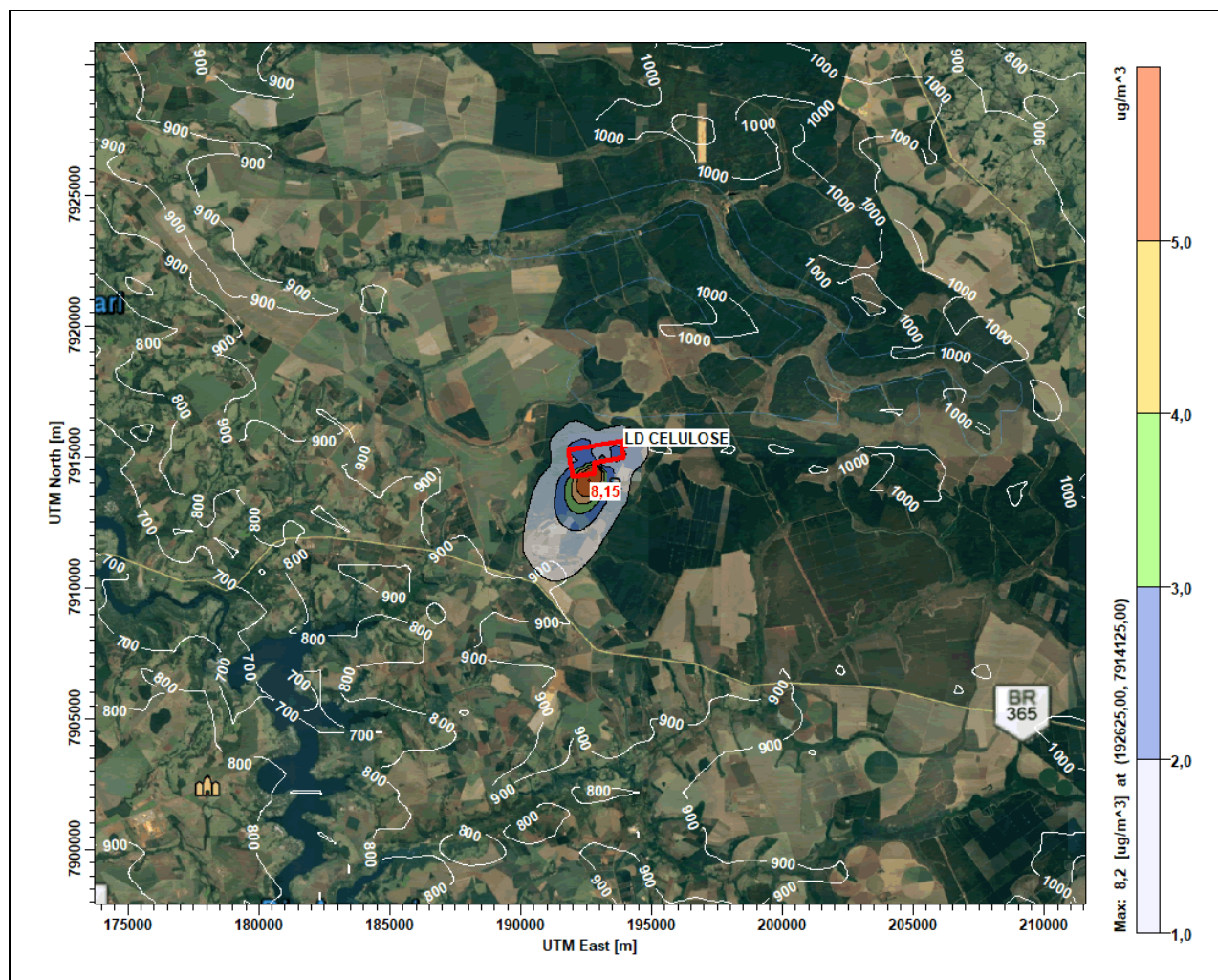


Figura 37: Distribuição espacial da média anual da concentração de NOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

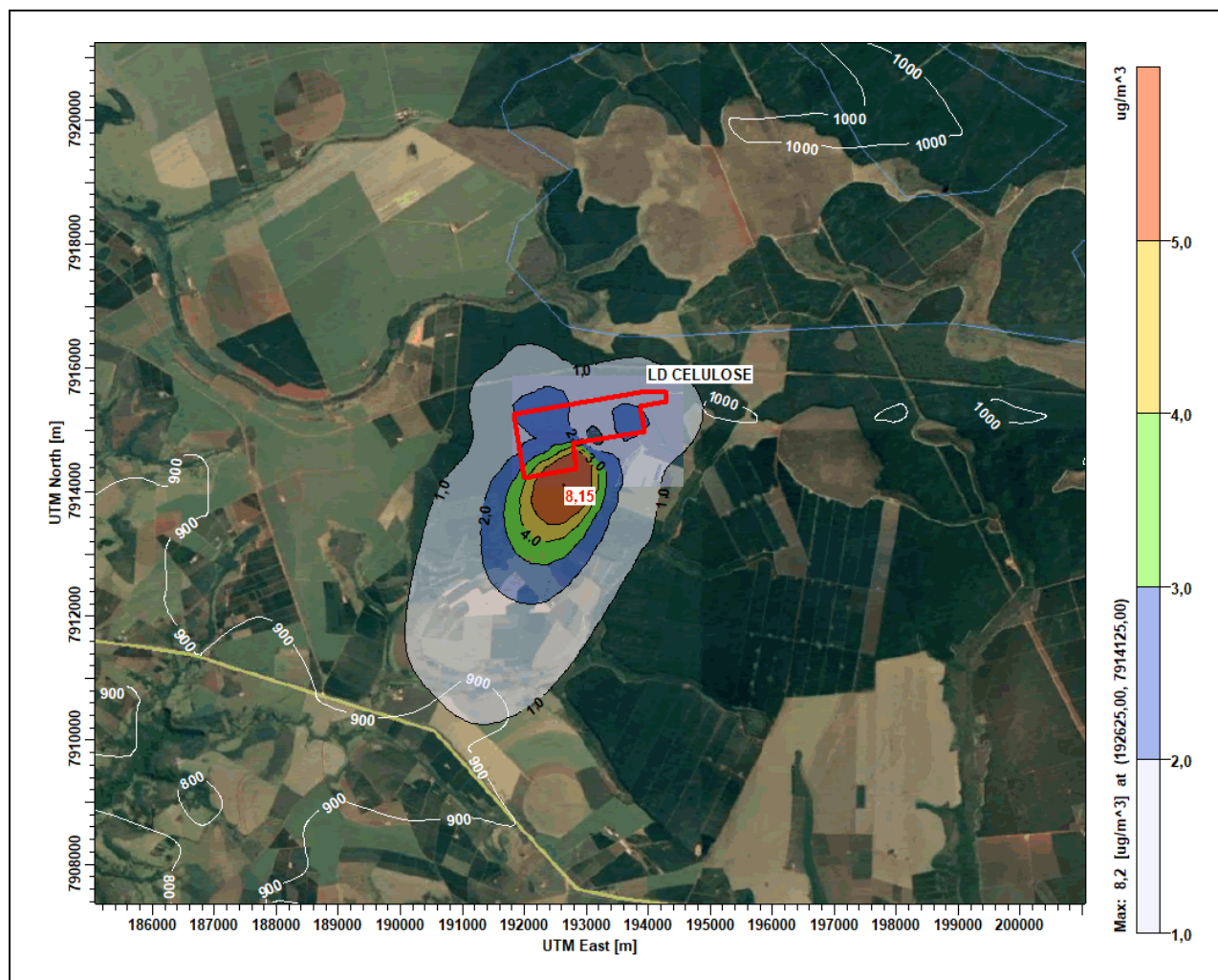


Figura 38: Distribuição espacial da média anual da concentração de NOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

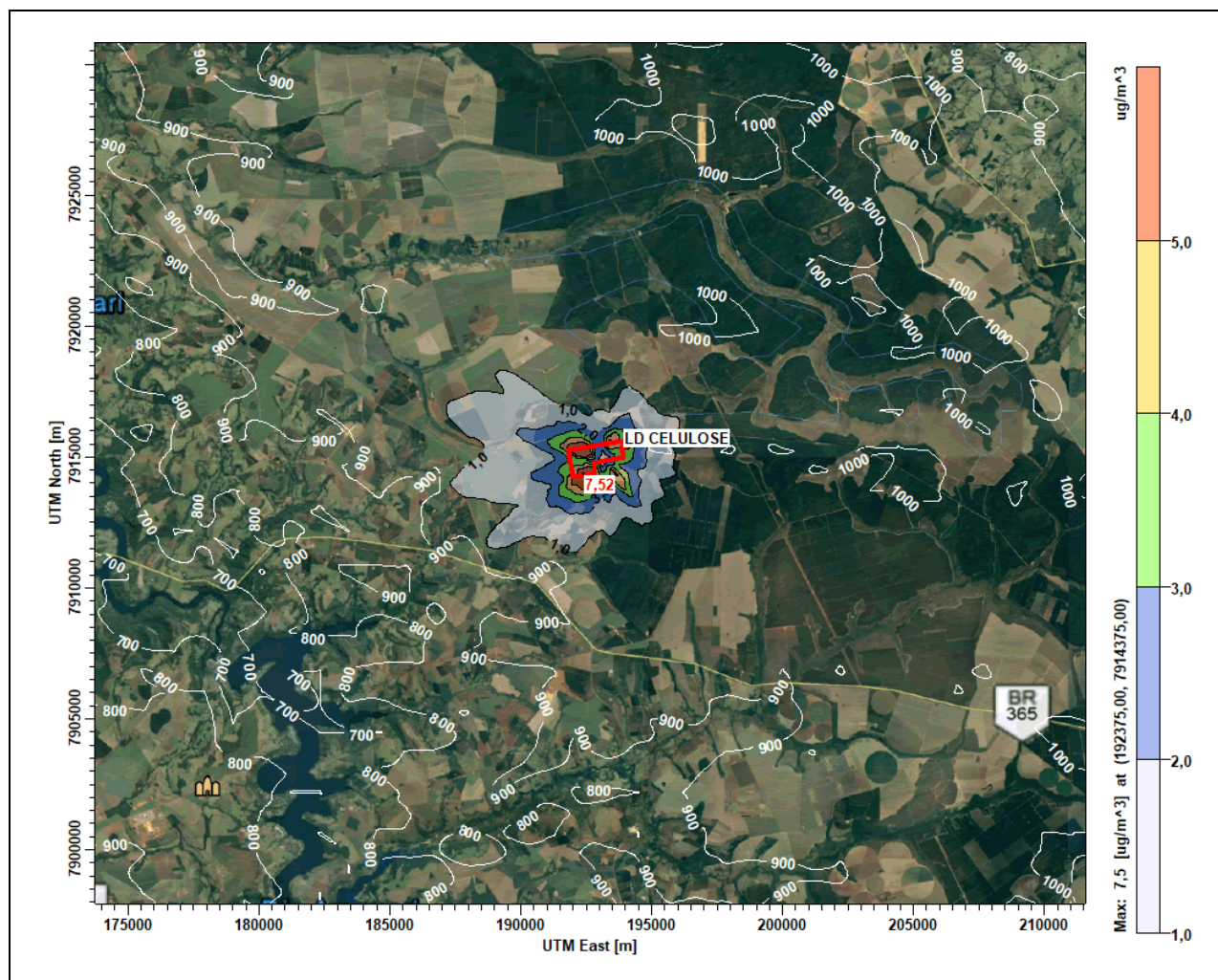


Figura 39: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de PTS na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

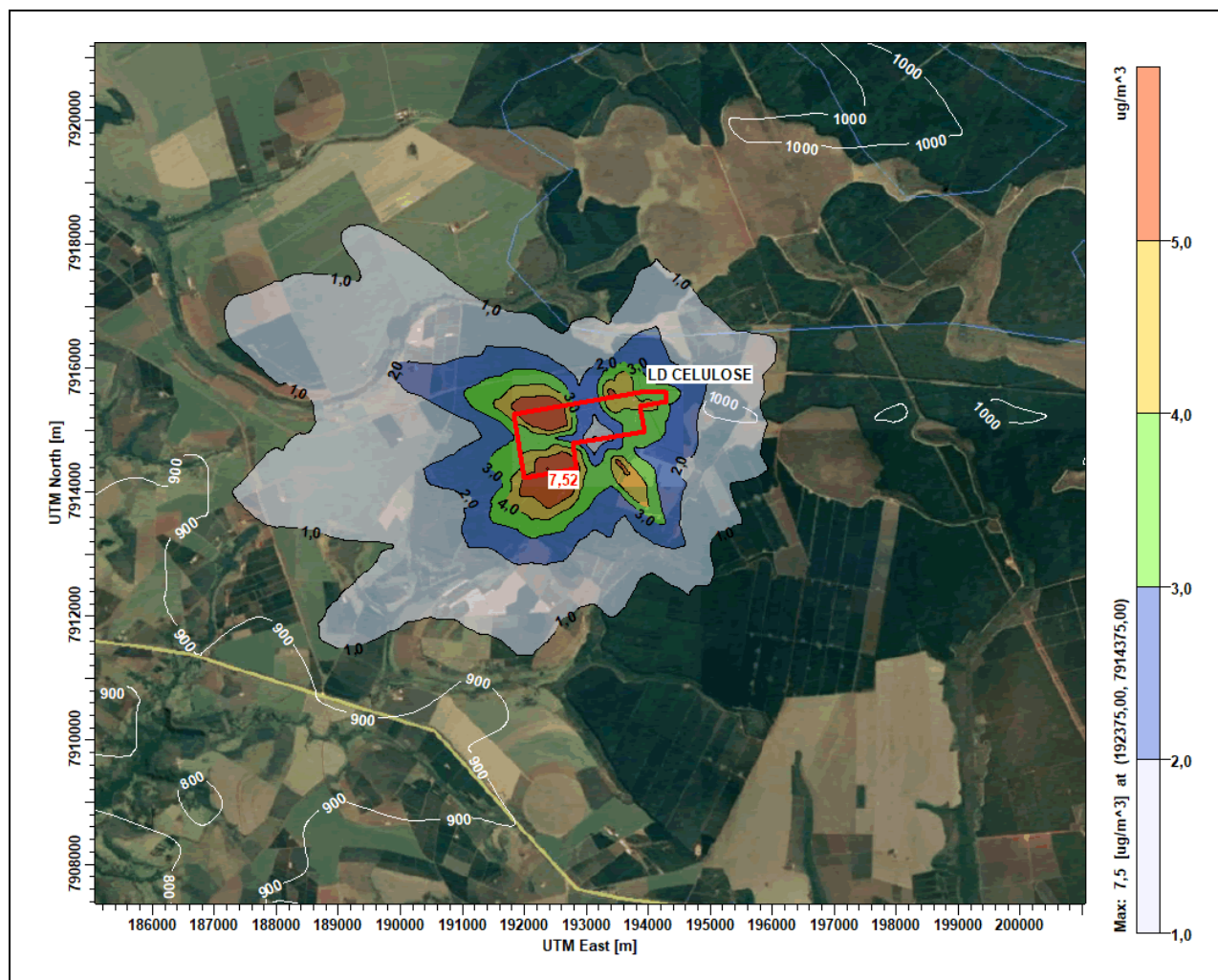


Figura 40: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de PTS na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

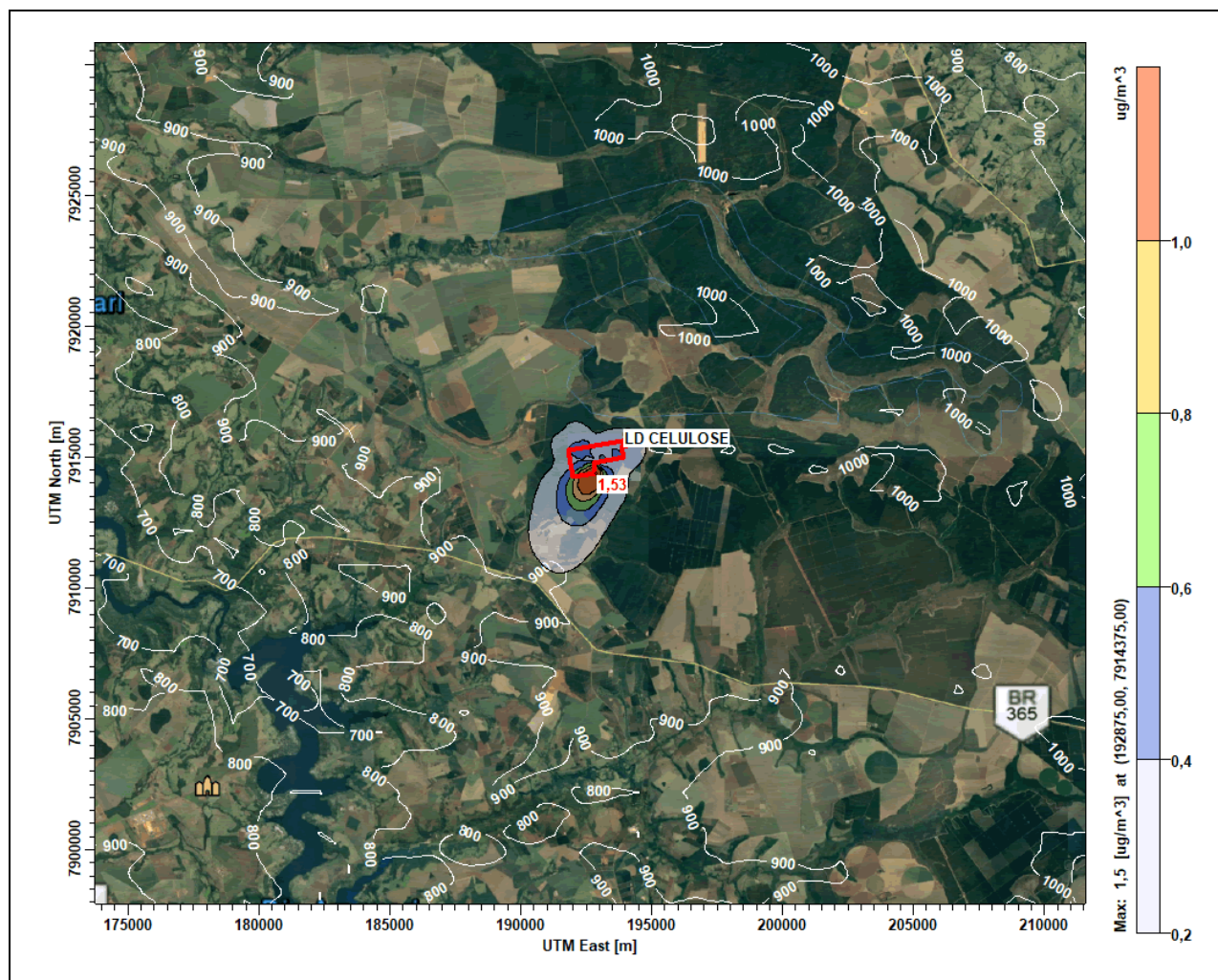


Figura 41: Distribuição espacial da média anual da concentração de PTS na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

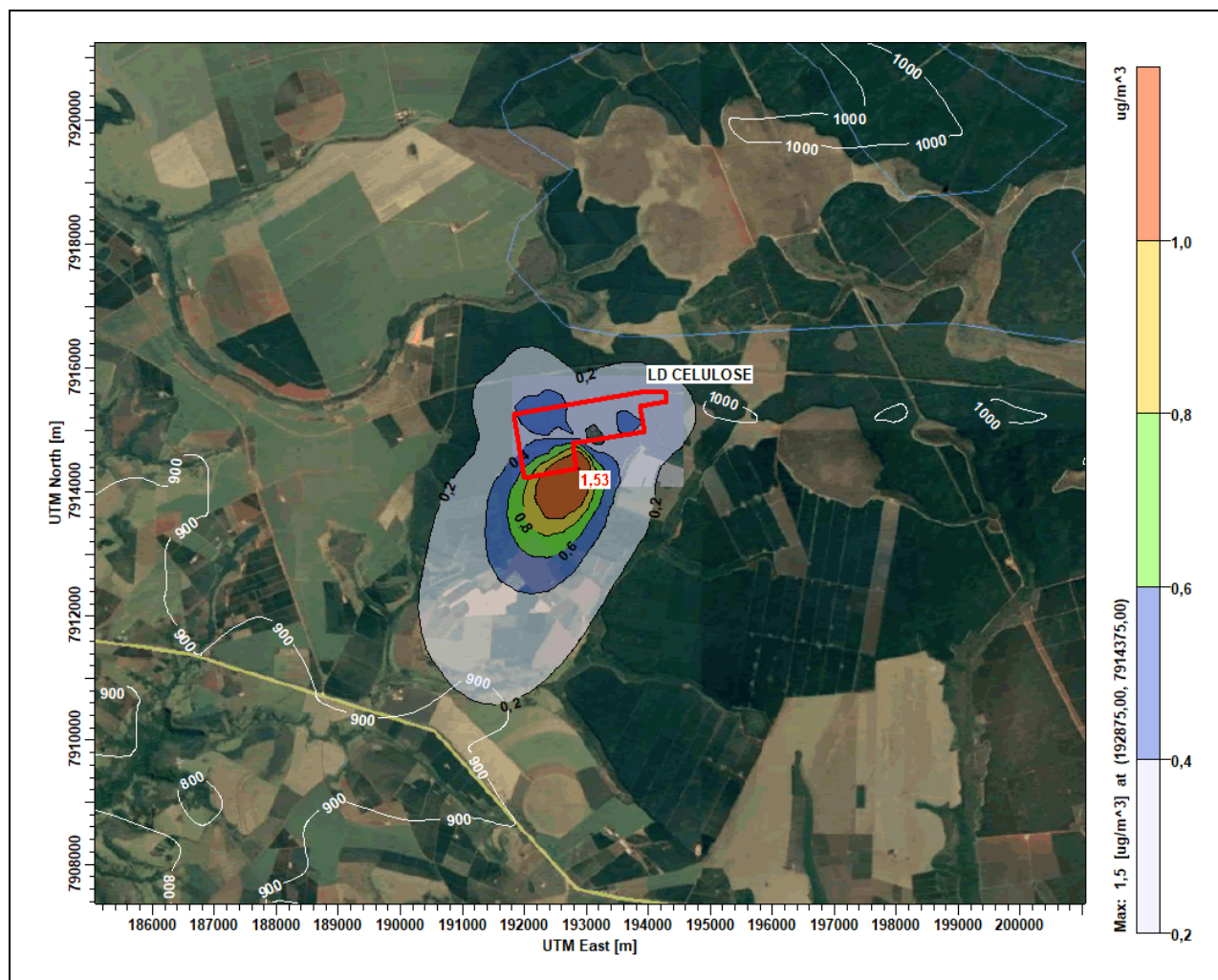


Figura 42: Distribuição espacial da média anual da concentração de PTS na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

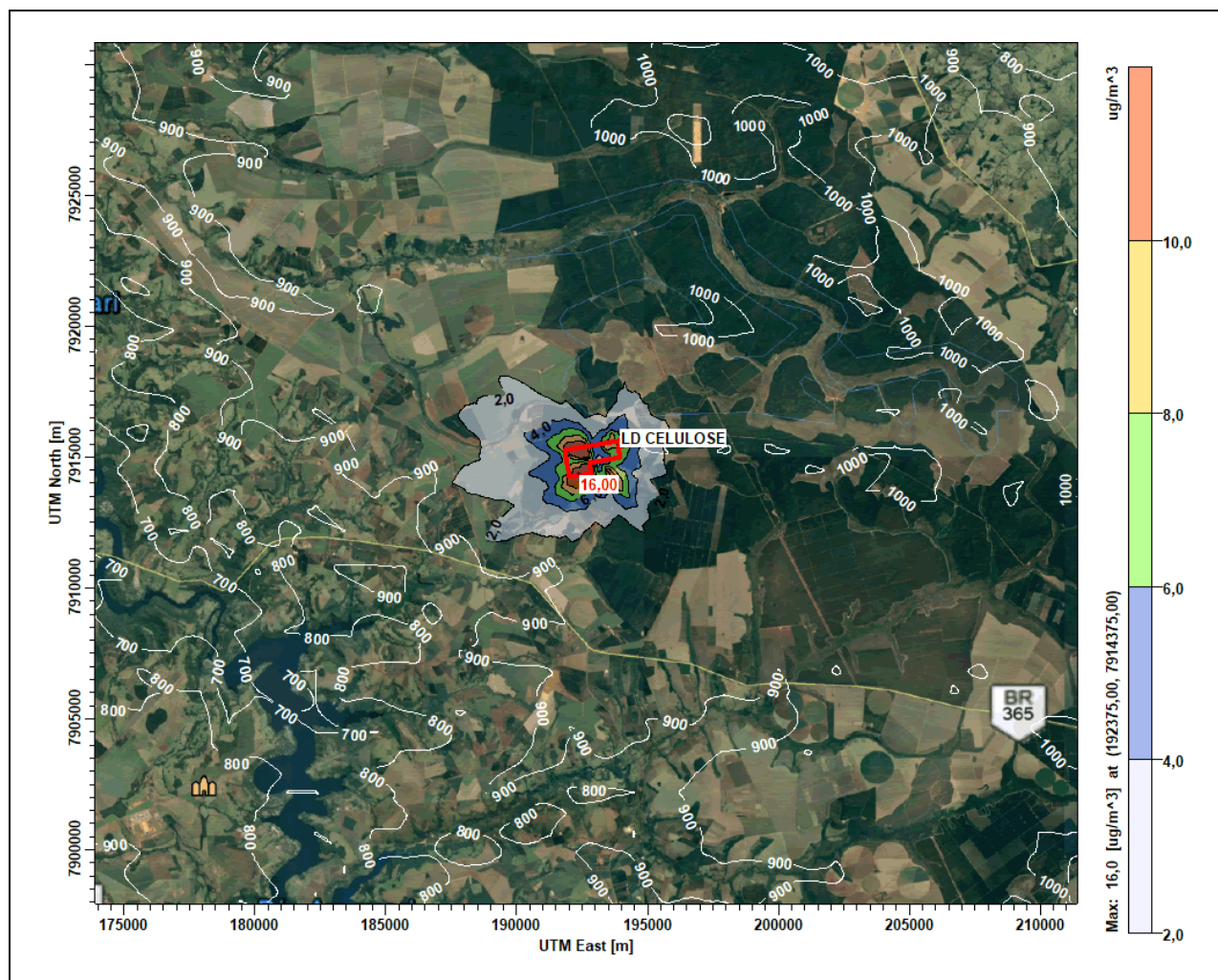


Figura 43: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de SOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

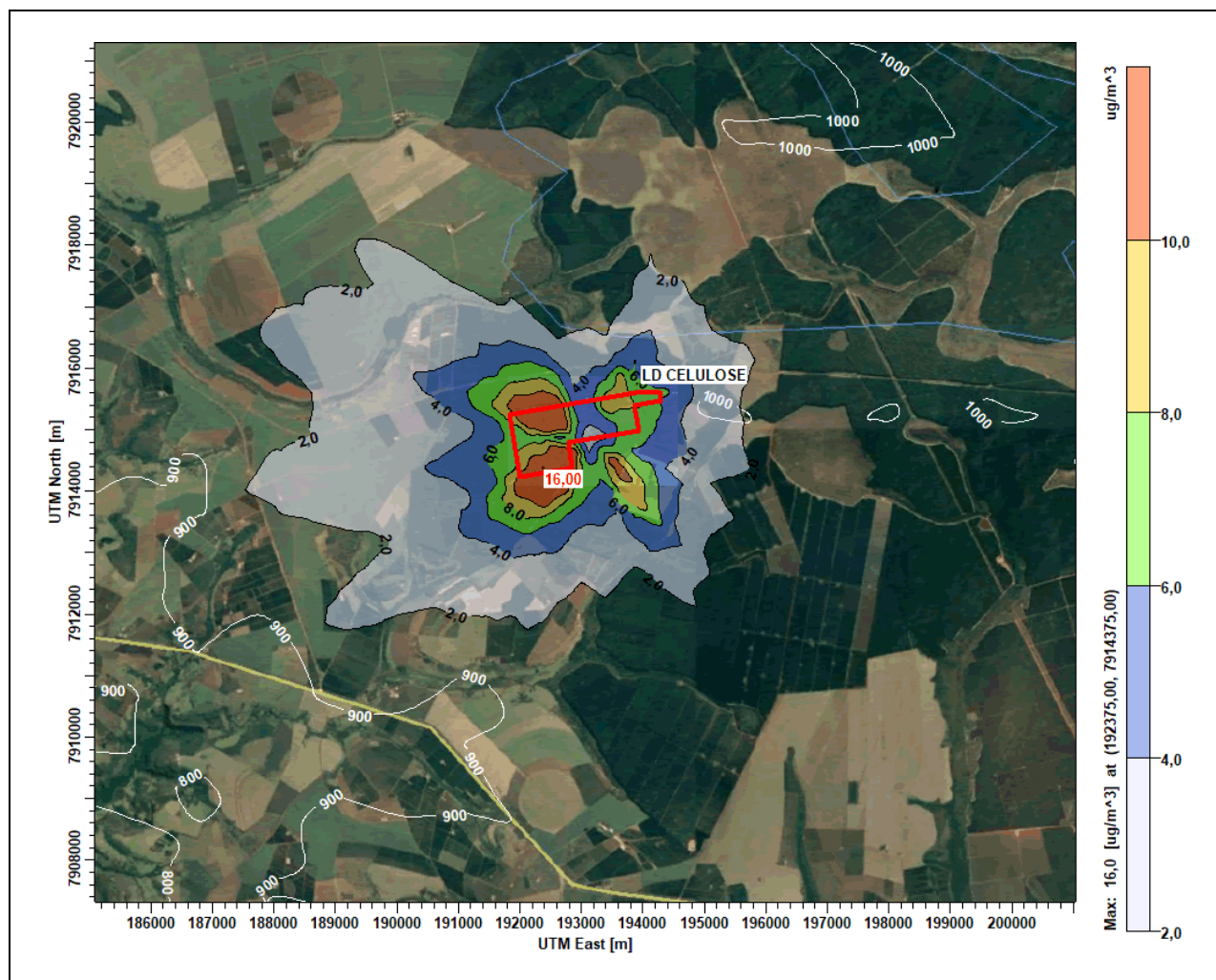


Figura 44: Distribuição espacial da média de 24h da concentração de SOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

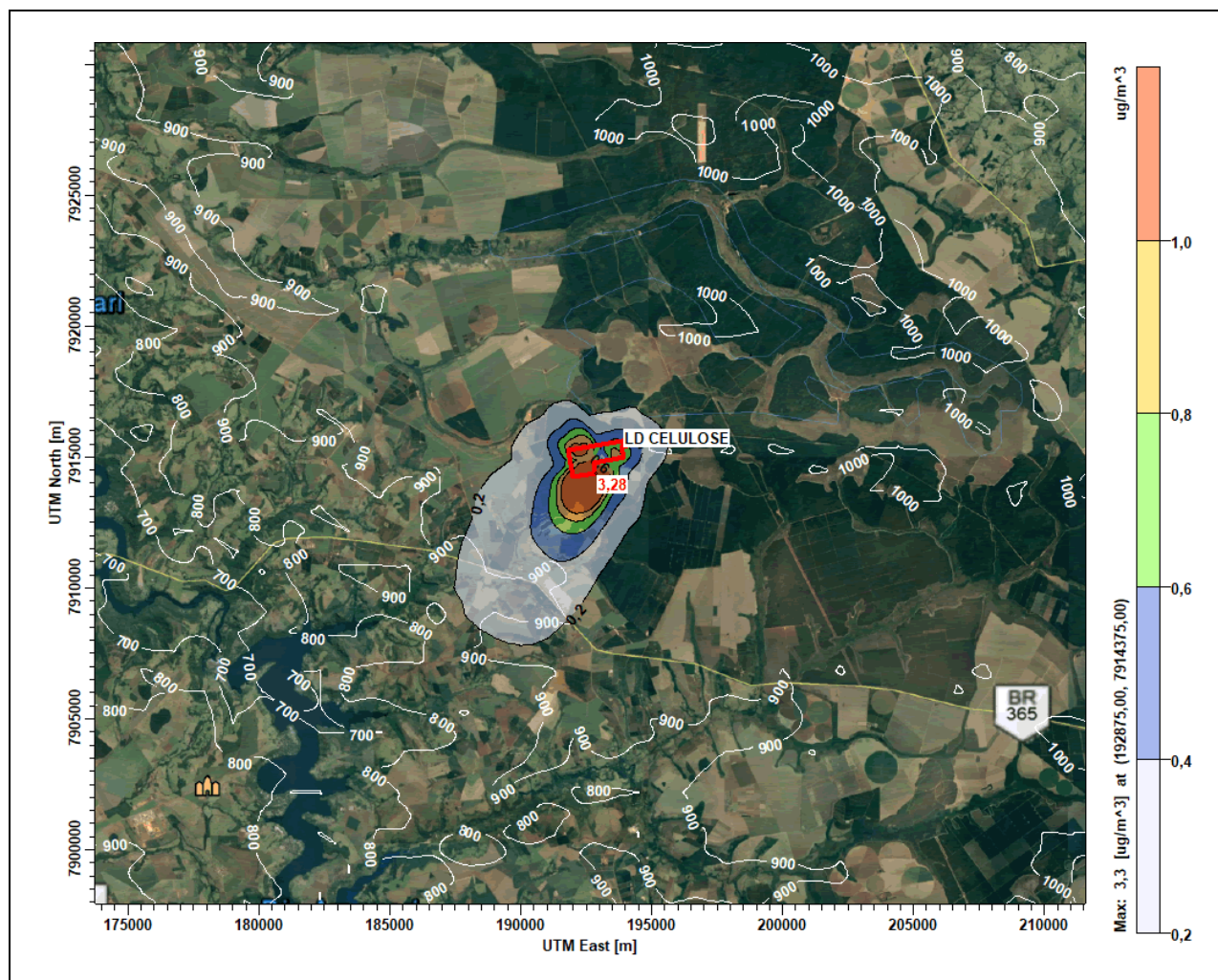


Figura 45: Distribuição espacial da média anual da concentração de SOx na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

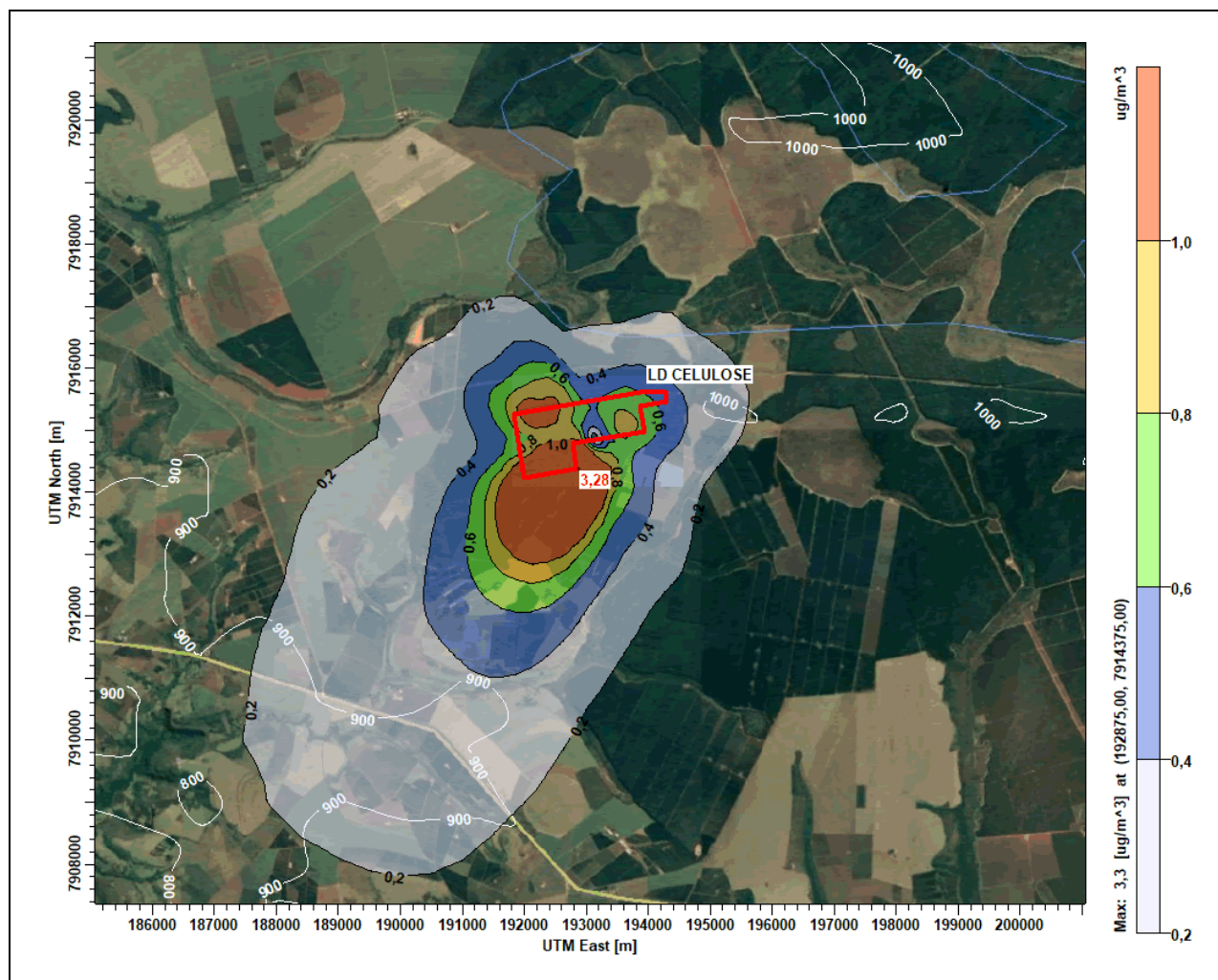


Figura 46: Distribuição espacial da média anual da concentração de SOx na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

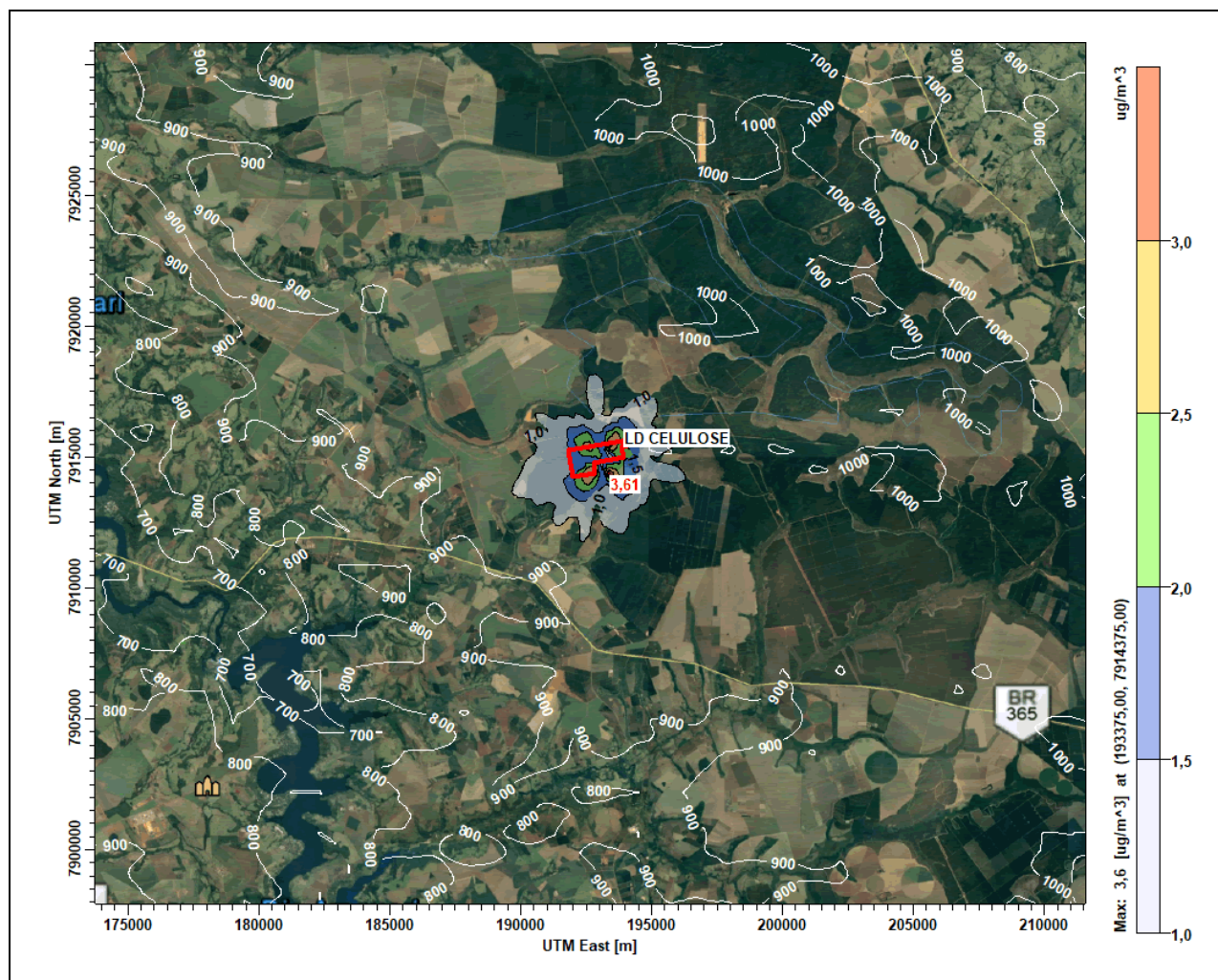


Figura 47: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de ERT na imagem 40 km x 40 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

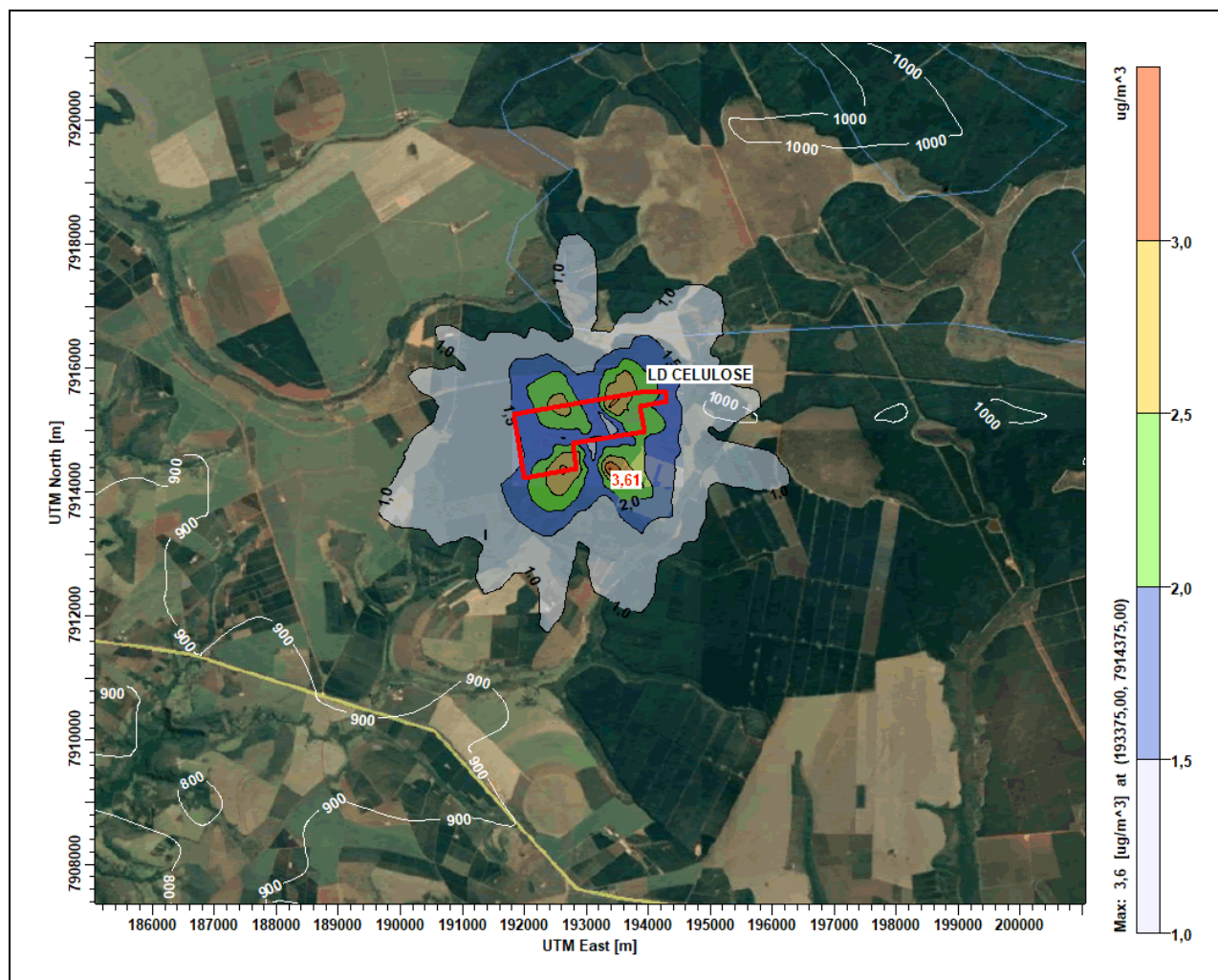


Figura 48: Distribuição espacial da média de 1h da concentração de ERT na imagem 10 km x 10 km, com a concentração máxima em destaque e limites da unidade em vermelho, isolinhas de relevo em branco, no cenário FUTURO.

ANEXO B: CINQUENTA (50) MAIORES CONCENTRAÇÕES DE CURTO PERÍODO

Tabela 20: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do CO no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
1.	78.35644 (13092213) AT	(193375.00, 7914375.00) GC	26.	62.23745 (13041916) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
2.	76.26968 (15090915) AT	(193375.00, 7915375.00) GC	27.	62.02593 (15121118) AT	(193500.00, 7915500.00) GC
3.	75.77526 (15050614) AT	(193375.00, 7914375.00) GC	28.	62.00519 (13111316) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
4.	75.51864 (14030913) AT	(193375.00, 7914375.00) GC	29.	61.95605 (13100412) AT	(193625.00, 7914375.00) GC
5.	73.78785 (17061002) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	30.	61.73597 (16052319) AT	(193500.00, 7915500.00) GC
6.	71.53293 (17021210) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	31.	60.70498 (15020219) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
7.	70.97778 (15100419) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	32.	60.67584 (13100412) AT	(193875.00, 7914125.00) GC
8.	70.85019 (14122023) AT	(192875.00, 7914375.00) GC	33.	60.50828 (13122415) AT	(193375.00, 7914375.00) GC
9.	70.70919 (15020218) AT	(193500.00, 7915500.00) GC	34.	60.20845 (13121012) AT	(193875.00, 7914125.00) GC
10.	69.04212 (16011914) AT	(193375.00, 7914375.00) GC	35.	59.40172 (15011517) AT	(193375.00, 7915375.00) GC
11.	68.25719 (14092119) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	36.	58.96909 (16082010) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
12.	67.84655 (17102317) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	37.	58.87341 (13120614) AT	(192375.00, 7915375.00) GC
13.	67.03301 (15011517) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	38.	58.78938 (16021815) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
14.	65.81329 (15013020) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	39.	58.20019 (14122115) AT	(193375.00, 7914375.00) GC
15.	65.71821 (15090915) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	40.	57.66866 (17011722) AT	(192875.00, 7914125.00) GC
16.	64.61525 (16052319) AT	(193625.00, 7915625.00) GC	41.	57.65172 (16040322) AT	(192625.00, 7915375.00) GC
17.	64.58615 (15020218) AT	(193375.00, 7915375.00) GC	42.	57.63693 (17112317) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
18.	64.13276 (13050617) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	43.	57.63561 (14122116) AT	(193375.00, 7914375.00) GC
19.	63.93333 (14042418) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	44.	57.50995 (15100419) AT	(193375.00, 7915875.00) GC
20.	63.35993 (13050617) AT	(193375.00, 7915375.00) GC	45.	57.47999 (17040510) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
21.	63.25528 (13122611) AT	(193625.00, 7915875.00) GC	46.	57.29023 (15121118) AT	(193625.00, 7915625.00) GC
22.	62.53813 (15020218) AT	(193625.00, 7915625.00) GC	47.	57.21746 (17021210) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
23.	62.49582 (16011317) AT	(193375.00, 7914375.00) GC	48.	57.13042 (14120815) AT	(192875.00, 7914375.00) GC
24.	62.34811 (13121815) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	49.	57.09899 (14060215) AT	(193875.00, 7915125.00) GC
25.	62.28908 (13121012) AT	(193625.00, 7914375.00) GC	50.	57.09410 (17021211) AT	(192500.00, 7914500.00) GC

Tabela 21: Cinquenta maiores concentrações de curto período (8h) do CO no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
1.	45.11980 (13092508) AT	(193375.00, 7915625.00) GC	26.	30.31024 (17092216) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
2.	43.72381 (17021216) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	27.	29.91613 (17110816) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
3.	37.57485 (17021216) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	28.	29.79416 (14120216) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
4.	37.22394 (16082016) AT	(192625.00, 7913875.00) GC	29.	29.35017 (15102616) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
5.	35.78795 (17111016) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	30.	29.21534 (16013016) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
6.	34.75421 (16101216) AT	(192625.00, 7913875.00) GC	31.	29.09399 (16082016) AT	(192875.00, 7914125.00) GC
7.	32.48141 (17111016) AT	(192500.00, 7914000.00) GC	32.	28.87132 (14110416) AT	(192625.00, 7913875.00) GC
8.	32.38442 (16082016) AT	(192875.00, 7914375.00) GC	33.	28.67688 (16012916) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
9.	32.22272 (16013016) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	34.	28.65927 (17110916) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
10.	32.21092 (17110916) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	35.	28.57310 (15100816) AT	(192625.00, 7913875.00) GC
11.	31.63619 (17110816) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	36.	28.51713 (14110416) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
12.	31.37696 (16082016) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	37.	28.23456 (17021216) AT	(192125.00, 7913875.00) GC
13.	31.37676 (17092216) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	38.	28.19355 (13101416) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
14.	31.29402 (17021316) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	39.	28.17576 (14120216) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
15.	31.16537 (17111016) AT	(192625.00, 7913875.00) GC	40.	28.16157 (13103016) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
16.	31.01110 (14120216) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	41.	28.14261 (15122316) AT	(192875.00, 7914125.00) GC
17.	31.00652 (17021316) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	42.	28.04305 (16121916) AT	(192875.00, 7914125.00) GC
18.	30.99651 (13092508) AT	(193375.00, 7915875.00) GC	43.	27.98681 (16100316) AT	(192875.00, 7914375.00) GC
19.	30.97989c(17040516) AT	(192500.00, 7914000.00) GC	44.	27.95047 (16101216) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
20.	30.84537c(17040516) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	45.	27.94912 (16013016) AT	(192625.00, 7913875.00) GC
21.	30.73726 (15010516) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	46.	27.78956 (17101716) AT	(192375.00, 7914375.00) GC
22.	30.66768 (15010516) AT	(192625.00, 7913875.00) GC	47.	27.78522 (14090916) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
23.	30.61960 (16101216) AT	(192875.00, 7914125.00) GC	48.	27.76015 (16082016) AT	(192625.00, 7913625.00) GC
24.	30.56748 (16101216) AT	(192875.00, 7914375.00) GC	49.	27.74826 (16012916) AT	(192625.00, 7913875.00) GC
25.	30.33758 (16100316) AT	(192625.00, 7913875.00) GC	50.	27.52267 (15102616) AT	(192500.00, 7914000.00) GC

Tabela 22: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do NO_x no cenário FUTURO (µg/m³)

RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE	
1.	136.61475	(13092213)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	26.	102.59894	(15121118)	AT (193500.00, 7915500.00)	GC
2.	132.69736	(14030913)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	27.	102.31467	(13040717)	AT (193375.00, 7915375.00)	GC
3.	130.67146	(15050614)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	28.	101.69678	(13122712)	AT (193625.00, 7915875.00)	GC
4.	122.91052	(16011914)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	29.	101.57032	(17093013)	AT (193375.00, 7914375.00)	GC
5.	116.80768	(17021210)	AT	(192625.00, 7914375.00)	GC	30.	101.48987	(16022310)	AT (192625.00, 7914125.00)	GC
6.	115.13447	(15020218)	AT	(193500.00, 7915500.00)	GC	31.	101.46781	(15100419)	AT (193375.00, 7915625.00)	GC
7.	112.72591	(15020218)	AT	(193375.00, 7915375.00)	GC	32.	101.44194	(17040510)	AT (192625.00, 7914125.00)	GC
8.	112.06784	(15090915)	AT	(193375.00, 7915375.00)	GC	33.	100.57202	(17102317)	AT (193375.00, 7915625.00)	GC
9.	108.36514	(13122415)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	34.	100.41074	(15090915)	AT (193375.00, 7915625.00)	GC
10.	108.02545	(14122115)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	35.	100.33421	(17021311)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
11.	106.83311	(16011317)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	36.	100.24897	(13121813)	AT (193625.00, 7915625.00)	GC
12.	106.58959	(13122611)	AT	(193625.00, 7915875.00)	GC	37.	99.91894	(16120112)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
13.	106.57923	(17111913)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	38.	99.89774	(14011915)	AT (193375.00, 7915375.00)	GC
14.	105.55930	(14122116)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	39.	99.83646	(16012909)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
15.	105.44147	(13121012)	AT	(193625.00, 7914375.00)	GC	40.	99.81903	(13121012)	AT (193500.00, 7914500.00)	GC
16.	105.35508	(16040322)	AT	(192625.00, 7915375.00)	GC	41.	99.70953	(15020218)	AT (193625.00, 7915625.00)	GC
17.	105.30507	(14122113)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	42.	99.61781	(17021211)	AT (192500.00, 7914500.00)	GC
18.	105.28774	(13100412)	AT	(193625.00, 7914375.00)	GC	43.	99.34065	(15112515)	AT (193500.00, 7915500.00)	GC
19.	104.73286	(16052319)	AT	(193625.00, 7915625.00)	GC	44.	99.19755	(16040322)	AT (192500.00, 7915500.00)	GC
20.	104.28373	(13120413)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	45.	99.10046	(15012116)	AT (193375.00, 7915375.00)	GC
21.	103.89263	(14120815)	AT	(192875.00, 7914375.00)	GC	46.	99.06815	(17091410)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
22.	103.87326	(16082010)	AT	(192625.00, 7914125.00)	GC	47.	99.03944	(17110809)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
23.	103.11777	(16052319)	AT	(193500.00, 7915500.00)	GC	48.	99.03685	(15011517)	AT (193375.00, 7915625.00)	GC
24.	102.83619	(16032215)	AT	(193500.00, 7914500.00)	GC	49.	98.94432	(13111412)	AT (192625.00, 7914375.00)	GC
25.	102.78160	(17100113)	AT	(193375.00, 7914375.00)	GC	50.	98.88323	(17032017)	AT (193375.00, 7915375.00)	GC

Tabela 23: Cinquenta maiores concentrações de curto período (24h) do PTS no cenário FUTURO

RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
1.	7.51711 (17021324) AT	(192375.00, 7914375.00) GC	26.	5.79389 (17110824) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
2.	7.30564 (17110924) AT	(192375.00, 7914375.00) GC	27.	5.70162 (16121524) AT	(192125.00, 7915125.00) GC
3.	7.10991 (16121524) AT	(192375.00, 7915125.00) GC	28.	5.68322 (16121524) AT	(192625.00, 7915125.00) GC
4.	7.08230 (17111024) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	29.	5.61187 (14120824) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
5.	6.93284 (14120224) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	30.	5.59740 (14120224) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
6.	6.83611 (17021324) AT	(192500.00, 7914500.00) GC	31.	5.56522 (17111024) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
7.	6.75028 (17111024) AT	(192500.00, 7914000.00) GC	32.	5.55975 (14120224) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
8.	6.66315 (17110924) AT	(192500.00, 7914500.00) GC	33.	5.53983 (17021424) AT	(192500.00, 7914500.00) GC
9.	6.52356 (17021224) AT	(192375.00, 7914375.00) GC	34.	5.52670 (14120824) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
10.	6.48564 (17110824) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	35.	5.52369 (16101324) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
11.	6.35440 (17021324) AT	(192125.00, 7914125.00) GC	36.	5.49486 (14120224) AT	(192375.00, 7914375.00) GC
12.	6.32467 (14100224) AT	(192375.00, 7915375.00) GC	37.	5.48586 (13011324) AT	(192375.00, 7914125.00) GC
13.	6.29140 (17021324) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	38.	5.48580 (17021324) AT	(192000.00, 7914000.00) GC
14.	6.23953 (17021224) AT	(192500.00, 7914500.00) GC	39.	5.47146 (17110824) AT	(192500.00, 7914000.00) GC
15.	6.19274 (14120224) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	40.	5.46021 (13011324) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
16.	6.12468 (17111024) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	41.	5.45884 (16121524) AT	(191875.00, 7915375.00) GC
17.	6.08048 (17110924) AT	(192125.00, 7914125.00) GC	42.	5.45853 (17111624) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
18.	6.03099 (17021224) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	43.	5.39542 (17110824) AT	(192625.00, 7914125.00) GC
19.	5.90883 (17021324) AT	(192375.00, 7914125.00) GC	44.	5.39080 (17021424) AT	(192375.00, 7914375.00) GC
20.	5.89577 (17111024) AT	(192375.00, 7913875.00) GC	45.	5.38805 (13122424) AT	(193500.00, 7914500.00) GC
21.	5.83722 (14100224) AT	(192125.00, 7915375.00) GC	46.	5.36913 (17110924) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
22.	5.83698 (16082024) AT	(192625.00, 7914125.00) GC	47.	5.34800 (16121524) AT	(192125.00, 7915375.00) GC
23.	5.83228 (14100224) AT	(192625.00, 7915125.00) GC	48.	5.34474 (14090924) AT	(192625.00, 7914375.00) GC
24.	5.82319 (13011324) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	49.	5.31470 (13092524) AT	(193375.00, 7915625.00) GC
25.	5.81758 (16012924) AT	(192625.00, 7914375.00) GC	50.	5.28766 (13011324) AT	(192500.00, 7914000.00) GC

Tabela 24: Cinquenta maiores concentrações de curto período (24h) do SO_x no cenário FUTURO (µg/m³)

RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF	TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF	TYPE		
1.	15.99874	(17021324)	AT	(192375.00,	7914375.00)	GC	26.	12.45559	(16012924)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
2.	15.79240	(17110924)	AT	(192375.00,	7914375.00)	GC	27.	12.42550	(17110924)	AT	(192125.00,	7914125.00)	GC
3.	15.47566	(16121524)	AT	(192375.00,	7915125.00)	GC	28.	12.40075	(14120224)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC
4.	15.25547	(17110924)	AT	(192500.00,	7914500.00)	GC	29.	12.39715	(17111024)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC
5.	15.21817	(17021324)	AT	(192500.00,	7914500.00)	GC	30.	12.38879	(17021424)	AT	(192500.00,	7914500.00)	GC
6.	15.05593	(14120224)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	31.	12.31133	(14120224)	AT	(192375.00,	7914375.00)	GC
7.	14.62167	(17111024)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC	32.	12.19527	(16111924)	AT	(192625.00,	7915375.00)	GC
8.	14.57070	(13011324)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	33.	12.15639	(15071324)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC
9.	14.39829	(14100224)	AT	(192625.00,	7915125.00)	GC	34.	12.14060	(17111024)	AT	(192375.00,	7913875.00)	GC
10.	14.21093	(17111024)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	35.	12.10390	(16101324)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
11.	14.03602	(16121524)	AT	(192625.00,	7915125.00)	GC	36.	12.07658b	(13112624)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
12.	13.88268	(17111024)	AT	(192500.00,	7914000.00)	GC	37.	12.01287	(14120224)	AT	(192875.00,	7914625.00)	GC
13.	13.74450	(14100224)	AT	(192375.00,	7915375.00)	GC	38.	12.00775	(13011324)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
14.	13.68639	(17110824)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	39.	11.94279	(17111624)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
15.	13.47928	(17021224)	AT	(192375.00,	7914375.00)	GC	40.	11.92818	(17021424)	AT	(192625.00,	7914625.00)	GC
16.	13.43809	(17021224)	AT	(192500.00,	7914500.00)	GC	41.	11.87411	(17021224)	AT	(192625.00,	7914625.00)	GC
17.	13.36125	(14120824)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	42.	11.85949	(14072324)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
18.	13.32608	(17021324)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	43.	11.81445	(14072324)	AT	(192375.00,	7914375.00)	GC
19.	12.99225b	(13112624)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC	44.	11.77124	(16121524)	AT	(192125.00,	7915125.00)	GC
20.	12.91827	(17021324)	AT	(192125.00,	7914125.00)	GC	45.	11.76030	(17111024)	AT	(192875.00,	7914625.00)	GC
21.	12.91510	(17110924)	AT	(192625.00,	7914625.00)	GC	46.	11.75959	(17021324)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC
22.	12.89271	(13011324)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC	47.	11.71781	(13122424)	AT	(193500.00,	7914500.00)	GC
23.	12.83900	(14120824)	AT	(192375.00,	7914125.00)	GC	48.	11.68023	(14120224)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
24.	12.65057	(17021324)	AT	(192625.00,	7914625.00)	GC	49.	11.67839	(16082024)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
25.	12.46413	(14100224)	AT	(192125.00,	7915375.00)	GC	50.	11.57844	(13011324)	AT	(192500.00,	7914000.00)	GC

Tabela 25: Cinquenta maiores concentrações de curto período (1h) do ERT no cenário FUTURO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF	TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF	TYPE		
1.	3.61360	(13092213)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	26.	2.72438	(17102317)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC
2.	3.50643	(14030913)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	27.	2.71137	(17040510)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
3.	3.46666	(15050614)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	28.	2.71129	(16022310)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
4.	3.24991	(16011914)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	29.	2.70762	(15090915)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC
5.	3.15564	(17021210)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC	30.	2.69765	(17100113)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC
6.	3.07723	(15020218)	AT	(193500.00,	7915500.00)	GC	31.	2.68507	(16032215)	AT	(193500.00,	7914500.00)	GC
7.	3.03318	(15090915)	AT	(193375.00,	7915375.00)	GC	32.	2.68448	(15011517)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC
8.	2.98302	(15020218)	AT	(193375.00,	7915375.00)	GC	33.	2.68100	(17021311)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
9.	2.87326	(13122415)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	34.	2.66711	(15020218)	AT	(193625.00,	7915625.00)	GC
10.	2.84730	(16011317)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	35.	2.66600	(17021211)	AT	(192500.00,	7914500.00)	GC
11.	2.84599	(14122115)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	36.	2.66248	(13122712)	AT	(193625.00,	7915875.00)	GC
12.	2.81917	(13122611)	AT	(193625.00,	7915875.00)	GC	37.	2.65791	(17110809)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
13.	2.80094	(16040322)	AT	(192625.00,	7915375.00)	GC	38.	2.65472	(16012909)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
14.	2.79028	(13121012)	AT	(193625.00,	7914375.00)	GC	39.	2.65402	(16120112)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
15.	2.78804	(16052319)	AT	(193625.00,	7915625.00)	GC	40.	2.65022	(14092119)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC
16.	2.78538	(17111913)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	41.	2.64811	(13121813)	AT	(193625.00,	7915625.00)	GC
17.	2.78417	(14122116)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	42.	2.64744	(13050617)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC
18.	2.78302	(16082010)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC	43.	2.64680	(13040717)	AT	(193375.00,	7915375.00)	GC
19.	2.77899	(13100412)	AT	(193625.00,	7914375.00)	GC	44.	2.64371	(17093013)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC
20.	2.76860	(14120815)	AT	(192875.00,	7914375.00)	GC	45.	2.63928	(16040322)	AT	(192500.00,	7915500.00)	GC
21.	2.76121	(15100419)	AT	(193375.00,	7915625.00)	GC	46.	2.63899	(16013010)	AT	(192625.00,	7914125.00)	GC
22.	2.73980	(16052319)	AT	(193500.00,	7915500.00)	GC	47.	2.63456	(17091410)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC
23.	2.73839	(14122113)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	48.	2.63415	(13100412)	AT	(193875.00,	7914125.00)	GC
24.	2.73455	(13120413)	AT	(193375.00,	7914375.00)	GC	49.	2.63327	(15112515)	AT	(193500.00,	7915500.00)	GC
25.	2.73452	(15121118)	AT	(193500.00,	7915500.00)	GC	50.	2.62908	(13111412)	AT	(192625.00,	7914375.00)	GC