



## ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA E REVISÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DE SÃO JOSÉ DA LAPA – MG



RTC140293-R1

**ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA E  
REVISÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE  
DO AR DE SÃO JOSÉ DA LAPA – MG**

RTC140293-R1

São José da Lapa, MG  
Dezembro de 2014

## SUMÁRIO

|           |                                                                                                                               |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                       | <b>4</b>  |
| 1.1       | CONSIDERAÇÕES GERAIS .....                                                                                                    | 4         |
| 1.2       | METODOLOGIA UTILIZADA .....                                                                                                   | 5         |
| 1.3       | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....                                                                                        | 7         |
| 1.4       | CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS<br>DA ÁREA DE ESTUDO .....                                                        | 11        |
| <b>2.</b> | <b>PADRÕES DE QUALIDADE DO AR .....</b>                                                                                       | <b>18</b> |
| <b>3.</b> | <b>CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE POLUENTES<br/>ATMOSFÉRICOS.....</b>                                                         | <b>19</b> |
| 3.1       | AGRUPAMENTO DE FONTES EMISSORAS .....                                                                                         | 21        |
| 3.2       | FONTES EMISSORAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS<br>DA ICAL .....                                                                   | 22        |
| 3.3       | FONTES EMISSORAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS<br>DA BELOCAL .....                                                                | 28        |
| <b>4.</b> | <b>MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA<br/>DE POLUENTES.....</b>                                                    | <b>34</b> |
| 4.1       | DESCRIÇÃO DO MODELO .....                                                                                                     | 34        |
| 4.2       | CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NA<br>MODELAGEM AERMOD .....                                                              | 34        |
| 4.3       | PONTOS RECEPTORES DISCRETOS .....                                                                                             | 39        |
| 4.4       | RESULTADOS DA MODELAGEM ATMOSFÉRICA.....                                                                                      | 41        |
| 4.4.1     | Partículas Totais em Suspensão (PTS) .....                                                                                    | 42        |
| 4.4.2     | Partículas Inaláveis Menores que 10 µm (MP <sub>10</sub> ) .....                                                              | 48        |
| 4.4.3     | Partículas Inaláveis Menores que 2,5 µm (MP <sub>2.5</sub> ).....                                                             | 53        |
| <b>5.</b> | <b>REVISÃO DA ADEQUABILIDADE DA REDE DE<br/>MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR E<br/>METEOROLOGIA DE SÃO JOSÉ DA LAPA .....</b> | <b>58</b> |
| 5.1       | SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MONITORAMENTO .....                                                                                 | 58        |
| 5.2       | AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DA ATUAL REDE DE<br>SÃO JOSÉ DA LAPA.....                                                         | 64        |
| 5.2.1     | Metodologia de Otimização Empregada no Projeto de Rede .....                                                                  | 65        |
| 5.2.1.1   | FIGURAS DE MÉRITO.....                                                                                                        | 65        |
| 5.2.1.2   | ESFERAS DE INFLUÊNCIA.....                                                                                                    | 66        |
| 5.2.2     | Avaliação da Cobertura da Atual Rede de Monitoramento de<br>São José da Lapa.....                                             | 69        |

|         |                                                                                                         |           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3     | LOCAIS CANDIDATOS AVALIADOS NA REVISÃO DA REDE .....                                                    | 71        |
| 5.4     | PROJETO DA REDE AUTOMÁTICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA DE SÃO JOSÉ DA LAPA ..... | 76        |
| 5.5     | ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DAS TECNOLOGIAS DOS EQUIPAMENTOS PARA AS ESTAÇÕES DA REDE DE MONITORAMENTO ..... | 80        |
| 5.5.1   | Equipamentos para a Medição da Concentração de Partículas na Atmosfera .....                            | 80        |
| 5.5.1.1 | ANALISADORES .....                                                                                      | 80        |
| 5.5.1.2 | EQUIPAMENTOS AUXILIARES .....                                                                           | 81        |
| 5.5.2   | Equipamentos para a Medição de Condições Meteorológicas .....                                           | 82        |
| 5.5.3   | Equipamentos para a Aquisição e Telemetria de Dados de Qualidade do Ar e Meteorologia .....             | 83        |
| 5.5.3.1 | SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TELEMETRIA DE DADOS .....                                                        | 83        |
| 5.5.3.2 | FLUXO DE DADOS .....                                                                                    | 85        |
| 6.      | <b>SÍNTESE .....</b>                                                                                    | <b>87</b> |
| 7.      | <b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>                                                                             | <b>90</b> |
| 8.      | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                | <b>91</b> |

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A região de São José da Lapa-MG possui um significativo parque minerador, capitaneado pelas empresas Belocal e Ical. Essas empresas estão localizadas muito próximas uma da outra, fazendo divisa entre si, e desenvolvem processos produtivos similares, bem como manuseiam praticamente as mesmas matérias primas e produtos.

O tipo de processo produtivo desenvolvido pela Belocal e Ical é potencialmente gerador de emissões de poluentes atmosféricos, principalmente de material particulado, por fontes pontuais (chaminés) e difusas (fugitivas). Ambas as empresas trabalham com lavra e beneficiamento de calcário, bem como a produção de cales, incluindo processos intensivos de cominuição, movimentação, transporte, estocagem e calcinação de materiais.

Considerando tal contexto, as empresas Belocal e Ical, em parceria, contrataram o presente estudo, objetivando empreender esforços orientados para a melhoria da gestão da qualidade do ar da região de São José da Lapa, a partir das seguintes atividades principais:

- ❑ A quantificação do potencial de alteração da qualidade do ar das emissões atmosféricas decorrentes das atividades desenvolvidas pelas empresas Belocal e Ical;
- ❑ Avaliação das estações de monitoramento da qualidade do ar existentes em São José da Lapa
- ❑ O dimensionamento de uma Rede Automática para o Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia (RAMQAM) da região de São José da Lapa, capaz de cobrir adequadamente as áreas de influência de ambos os empreendimentos.

Em linhas gerais, a quantificação do potencial de alteração de qualidade do ar consiste na elaboração do inventário das fontes emissoras de poluentes consideradas na área de estudo e, posteriormente, na aplicação de modelagem matemática de dispersão atmosférica com o uso de modelos regulatórios recomendados pela *Environmental Protection Agency* (EPA). Os resultados da modelagem são apresentados em forma de cenários de qualidade do ar, que possibilitam a análise espacial da dispersão das plumas de cada poluente analisado.

O monitoramento sistemático das concentrações de poluentes presentes na atmosfera de áreas urbanas é uma ação fundamental para garantir a qualidade de vida de seus habitantes, principalmente em regiões onde existem fontes significativas de emissões atmosféricas.

Cientes do potencial de alteração da qualidade do ar proporcionado por suas atividades, as empresas Belocal e Ical já realizam de forma independente o monitoramento da qualidade do ar de São José da Lapa, com o objetivo de avaliar os níveis de concentração de partículas aos quais as comunidades no seu entorno estão expostas, bem como relação existente entre esses níveis e as emissões atmosféricas oriundas das próprias empresas.

Atualmente, existem cinco estações de monitoramento da qualidade do ar em São José da Lapa. Apesar do número significativo de estações, trata-se de uma rede empiricamente dimensionada, cuja área e eficiência de cobertura não são devidamente conhecidas. Observa-se que as estações não constituem uma rede integrada, ou seja, as medições são

executadas de modo individualizado, de forma assíncrona e utilizando diferentes metodologias. Além disso, parâmetros meteorológicos da atmosfera local, que são fundamentais na caracterização da dispersão atmosférica, também não são atualmente adequadamente monitorados.

A implantação de uma rede automatizada de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia devidamente projetada em São José da Lapa constituir-se-á numa ferramenta fundamental para o aprimoramento da gestão dos recursos atmosféricos na região. A partir das concentrações dos poluentes e variáveis meteorológicas monitoradas continuamente (24 horas por dia e 7 dias por semana) nos locais estrategicamente posicionados, será possível o acompanhamento sistematizado da qualidade do ar e sua conformidade com os limites legalmente estabelecidos, a percepção das variações das concentrações medidas em sincronismo com as condições meteorológicas e climáticas, bem como a detecção de prováveis fontes influentes, detecção precoce e rápida resposta na ocorrência de eventos extremos de poluição atmosférica, a correlação da qualidade do ar com a saúde da população, dentre outras possibilidades.

Com a implantação da rede de monitoramento projetada, será possível iniciar um processo de construção do conhecimento da dinâmica da qualidade do ar da região. A partir do diagnóstico da qualidade do ar devidamente estabelecido no seu devido tempo, será conhecida a real qualidade do ar da região e suas interações, devendo ser traçadas as eventuais ações necessárias para a sua melhoria contínua.

Para a definição do arranjo e configuração de uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia (RAMQAM) são realizadas visitas de campo, na área do entorno do empreendimento em questão, com o intuito de selecionar locais com a infraestrutura e representatividade necessárias para sediarem estações de monitoramento. Após a identificação de locais adequados, é aplicada a metodologia de Figuras de Mérito e Esferas de Influência, que utilizam os resultados de modelagem obtidos na quantificação do potencial de alteração de qualidade do ar do empreendimento. Essa metodologia permite uma análise criteriosa e com embasamento técnico para a indicação de áreas prioritárias para a implantação de estações de monitoramento.

Na etapa de avaliação do potencial de alteração de qualidade do ar, foram modelados os cenários de qualidade do ar representativos do potencial de alteração da qualidade do ar potencialmente proporcionado pelas empresas citadas. Esta etapa consiste na avaliação dos resultados da modelagem atmosférica das potenciais emissões da Belocal e Ical em sinergia, com base em dados de produção dos anos de 2010 e 2011.

O inventário de emissões atmosféricas base para a avaliação do potencial de alteração da qualidade do ar pressupõe os empreendimentos na fase de plena operação em consonância com a completa implementação de medidas de controle de emissões atmosféricas.

## **1.2 METODOLOGIA UTILIZADA**

Para atender ao escopo previsto, este estudo foi desenvolvido de acordo com a seguinte metodologia:

1. Reconhecimento e demarcação da área de estudo, caracterização geográfica e de uso e ocupação do terreno;

2. Obtenção de dados históricos de meteorologia disponíveis e de dados meteorológicos de reanálise do GFS/NCEP para execução do modelo WRF, possibilitando a geração de campos de meteorologia de superfície e altitude que são necessários para a utilização de modelos atmosféricos atualmente recomendados pela EPA;
3. Elaboração do inventário de emissões atmosféricas da Belocal e Ical considerando os parâmetros: material particulado, total (MP), fração menor que 10  $\mu\text{m}$  (MP<sub>10</sub>) e fração menor que 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (MP<sub>2.5</sub>).

As emissões atmosféricas foram estimadas a partir de informações do processo produtivo fornecidas pelas empresas, visitas de campo, resultados de monitoramento e estimativas feitas a partir de fatores de emissão, incluindo informações de empreendimentos similares no Brasil e no mundo.

4. Geração de cenários de qualidade do ar para os poluentes avaliados, utilizando o modelo matemático de dispersão de poluentes AERMOD (*AERMIC Model*).

O AERMOD é um modelo baseado no conceito de pluma gaussiana, atualmente recomendado como regulatório pela EPA. A aplicação do AERMOD requer a caracterização de informações específicas do terreno da área de estudo, bem como necessita de um inventário detalhado das fontes emissoras de poluentes atmosféricos do empreendimento e de um conjunto consistente de informações meteorológicas representativas;

5. Análise dos resultados da modelagem matemática, enfatizando os locais (pontos receptores) potencialmente sujeitos às alterações na qualidade do ar proporcionadas pelas fontes emissoras inventariadas na Área de Estudo;
6. Revisão da adequabilidade das atuais estações de monitoramento existentes em São José da Lapa pertencentes aos empreendimentos em estudo. Esta etapa objetiva a investigação da abrangência da área de cobertura proporcionada pelas estações considerando os acréscimos sinérgicos de emissões atmosféricas decorrentes das atividades produtivas da Belocal e Ical.

A revisão da área de cobertura das estações de monitoramento foi realizada com a aplicação de metodologia consagrada, denominada de Figuras de Mérito e Esferas de Influência;

7. Levantamento e seleção de locais candidatos capazes de sediar estações de monitoramento nas áreas de interesse previamente definidas com base na visita de campo realizada;
8. Análise crítica e apresentação das estações que irão integrar a Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa (RAMQAM-SJL).

Para a obtenção de uma configuração otimizada da RAMQAM-SJL, as respectivas localizações estratégicas das estações foram determinadas com base em metodologia consagrada, denominada de Figuras de Mérito e Esferas de Influência.

### 1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Área de Estudo utilizada neste trabalho foi dimensionada para cobrir a região potencialmente sujeita à influência direta das emissões atmosféricas originadas pelas atividades desenvolvidas nas empresas Belocal e Ical.

A aplicação da técnica de modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos, utilizada neste estudo para a avaliação quantitativa do impacto de alteração da qualidade do ar, necessita da definição de um domínio computacional. Assim, para as análises de qualidade do ar, a Área de Estudo foi determinada de forma coincidente com o domínio computacional estabelecido para a aplicação do modelo matemático utilizado.

Os requisitos fundamentais para a definição de uma Área de Estudo de dispersão atmosférica são a abrangência e a resolução da modelagem. Quanto à abrangência, a área delimitada deve ser extensa o suficiente para possibilitar a identificação das máximas concentrações de poluentes na atmosfera proporcionadas pelo empreendimento analisado e, simultaneamente, possibilitar a visualização do alcance das plumas de emissões do empreendimento, com a identificação da extinção destas na área estudada.

Quanto à resolução da modelagem, esta é definida pela proximidade entre os pontos receptores da grade utilizada na simulação de dispersão atmosférica. Esta deve ser suficiente para a detecção dos gradientes de concentrações de poluentes nas áreas de interesse, de forma mais detalhada possível, sem que comprometa os limites de resolução do modelo utilizado e dos recursos computacionais disponíveis.

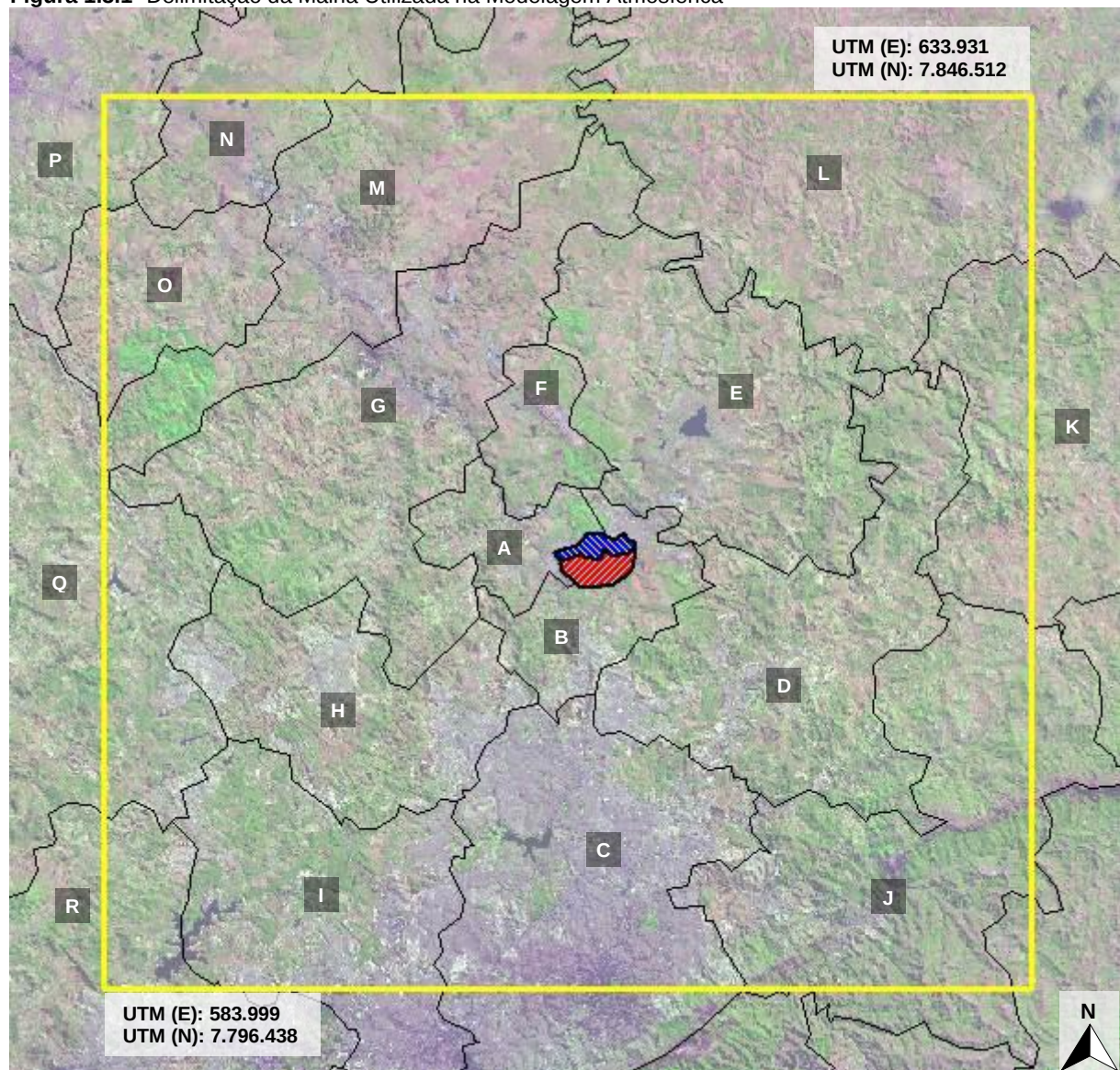
Considerando estes requisitos fundamentais, a Área de Estudo foi definida como um quadrado de dimensões 50 x 50 km (2.500 km<sup>2</sup>), delimitado pelas coordenadas UTM 583.999m E/ 7.796.438m N e 633.931m E/ 7.846.512m N, localizadas na zona 23K, definidas pelo Datum WGS84. A Figura 1.3.1 apresenta a delimitação da Área de Estudo.

Com relação aos aspectos topográficos da Área de Estudo, é verificado um relevo médio (em 0,25 km<sup>2</sup>) acidentado e de altitudes elevadas, variando de 640 a 1.300 m em relação ao nível do mar, como mostra a Figura 1.3.2.

A altitude de cada célula da malha de modelagem foi caracterizada com base no relevo médio (em 0,25 km<sup>2</sup>) da área representada pela mesma. O relevo exerce papel importante como condicionador do regime dos ventos e de outras variáveis meteorológicas. As interferências do relevo podem ser mecânicas ou térmicas. As interferências mecânicas ocorrem pelo próprio efeito de obstáculo ao escoamento livre dos ventos na atmosfera, causando perturbações e alterações de direção e velocidade dos ventos. As interferências térmicas ocorrem devido a padrões de comportamento de ventos nas regiões próximas às montanhas e vales provocados pelo ciclo de aquecimento e resfriamento da Terra, originando os ventos de montanha e de vale. As informações de relevo utilizadas neste estudo foram disponibilizadas pela EMBRAPA - Monitoramento por Satélite, por meio do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Para a execução da modelagem atmosférica foi utilizada uma matriz de receptores composta por 100 linhas e 100 colunas, totalizando 10.000 receptores (ou células) de 500 m de lado cada. A Figura 1.3.3 apresenta a malha computacional utilizada para a modelagem matemática da dispersão de poluentes.

**Figura 1.3.1-** Delimitação da Malha Utilizada na Modelagem Atmosférica



Legenda:

-  Área da Ical
-  Área da Belocal

Zona: 23K

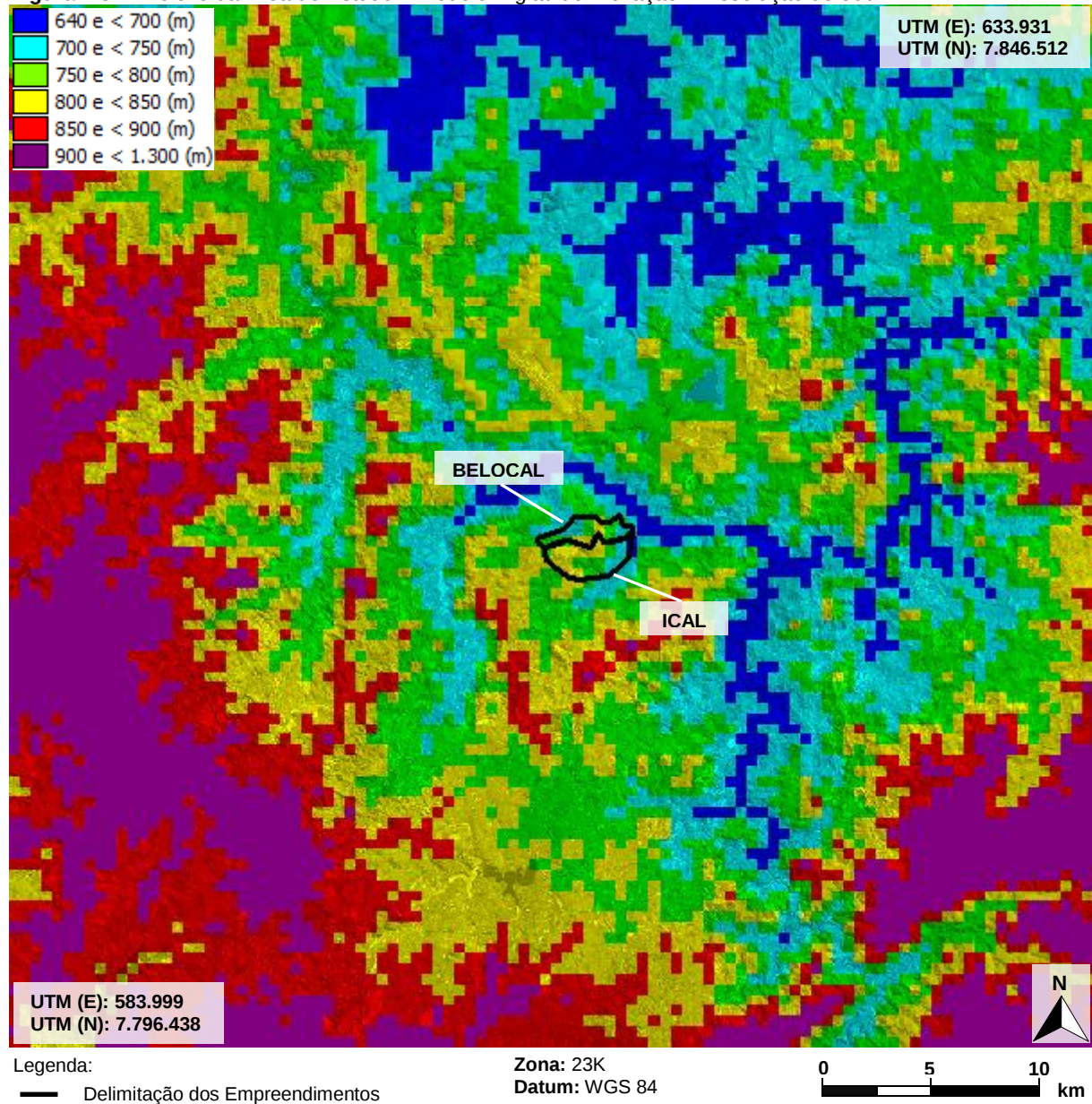
Datum: WGS 84

A São José da Lapa  
B Vespasiano  
C Belo Horizonte  
D Santa Luzia  
E Lagoa Santa  
F Confins

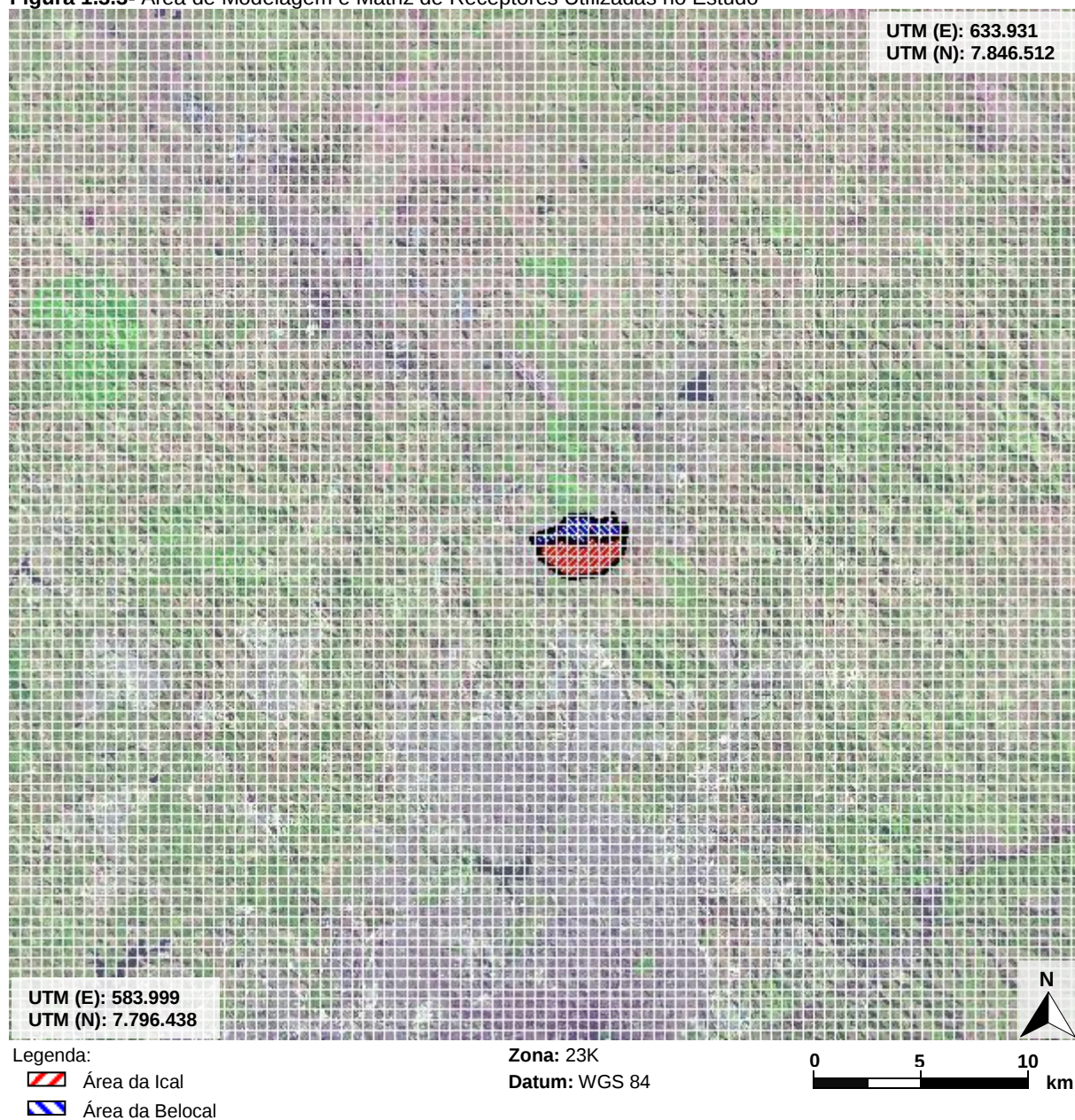
G Pedro Leopoldo  
H Ribeirão das Neves  
I Contagem  
J Sabará  
K Taquaraçu de Minas  
L Jaboticatubas

M Matozinhos  
N Prudente de Moraes  
O Capim Branco  
P Sete Lagoas  
Q Esmeraldas  
R Betim

**Figura 1.3.2-** Relevo da Área de Estudo – Modelo Digital de Elevação – Resolução de 500 m



**Figura 1.3.3- Área de Modelagem e Matriz de Receptores Utilizadas no Estudo**



#### **1.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO**

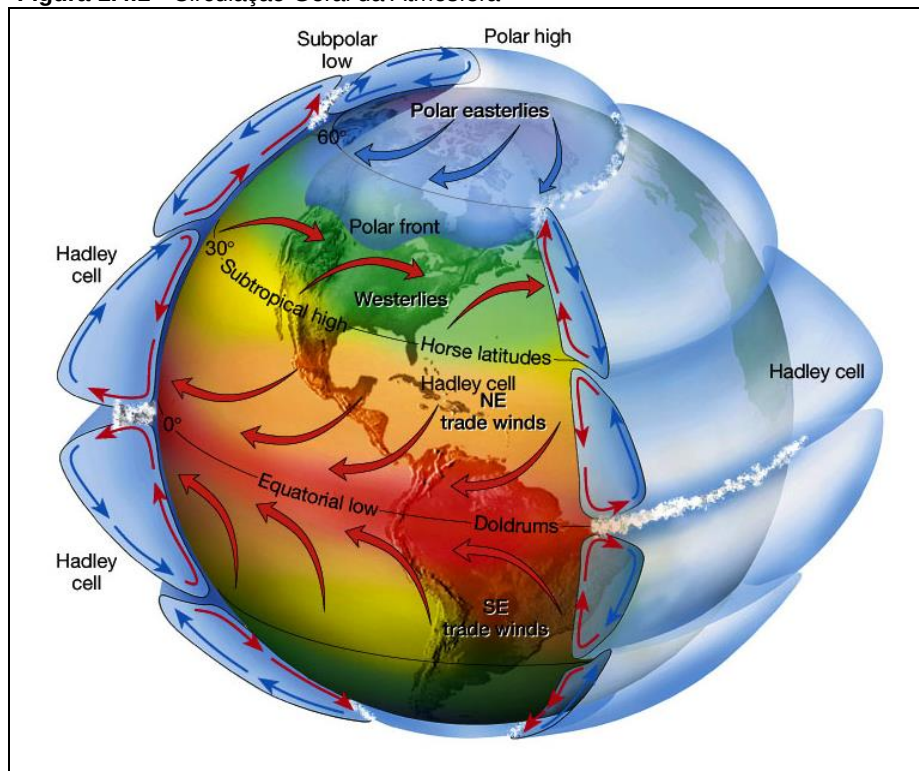
O clima e as condições meteorológicas de uma região são fortemente condicionados pela localização geográfica (latitude) e relevo que, em ação conjunta com os grandes sistemas atmosféricos, controlam a distribuição pluviométrica, evaporação, temperatura, umidade do ar e regime de ventos da região. As irregularidades da superfície terrestre afetam profundamente as trocas de calor, massa e “momentum” entre as terras, os corpos d’água e a atmosfera, por isso são considerados fatores vitais na determinação específica das condições climáticas (Vianello e Alves, 2000). O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais.

A região sudeste está situada entre os paralelos 14° e 25° S, resultando que quase todas as suas terras estão localizadas na zona tropical, sofrendo influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. Esta região possui uma característica climática diversificada, devido a sua topografia, sua posição geográfica e, principalmente, os aspectos dinâmicos da atmosfera, que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e grande escala, que atuam direta ou indiretamente no regime pluvial, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias, principais responsáveis pela precipitação na região, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN) que, dependendo das suas posições, ocasionam grandes períodos de estiagem (Minuzzi et al., 2007).

A circulação geral da atmosfera é gerada pelo aquecimento desigual da superfície terrestre. De uma forma geral, para manter o equilíbrio, a atmosfera transporta o ar quente para os polos e o ar frio para o Equador. As variações regionais e temporais de grande escala do clima das diversas regiões do Brasil podem ser entendidas em termos da circulação geral da atmosfera, dada pela atuação das células convectivas de Hadley, Walker e dos sistemas frontais. Estas células convectivas nas direções norte-sul (Hadley) e leste-oeste (Walker) causam variações na distribuição de precipitação, sendo associadas à liberação de calor latente durante a precipitação. As variações sazonais da precipitação no Brasil estão associadas com o movimento meridional da célula de Hadley, a qual está sobre a Amazônia no verão e sobre a América Central durante o inverno (associada ao movimento do Sol).

Por definição, a circulação de Hadley se origina pelo transporte de calor desde as zonas equatoriais até as latitudes médias, onde a quantidade de radiação solar incidente é normalmente muito menor. Este calor é transportado em um movimento celular, com o ar ascendendo por convecção nas regiões equatoriais e deslocando-se até as latitudes superiores, pelas camadas atmosféricas mais altas. A subida do ar quente no Equador está acompanhada pela formação frequente de tempestades convectivas na chamada Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, conforme Figura 1.4.1.

**Figura 1.4.1 - Circulação Geral da Atmosfera**



Fonte: Weather and Climate (2009).

**Legenda:**

Hadley Cell = Célula de Hadley;  
 Polar High = Alta Polar;  
 Subpolar Low = Baixa Subpolar;  
 Polar Easterlies = Ventos Polares de Leste;  
 Polar Front = Frente Polar;  
 Westerlies = Ventos de Oeste;  
 Horse Latitudes = Latitudes dos Cavalos (altas);  
 Subtropical High = Alta Subtropical;  
 Trade Winds = Ventos Alísios;  
 Equatorial Low = Região de Baixa Pressão Equatorial;  
 Doldrums = Zona de Calmaria Equatorial;  
 ZCIT = Zona de Convergência Intertropical;  
 SE = Sudeste;  
 NE = Nordeste.

De uma maneira geral, o clima de uma dada região é o resultado médio da interação da circulação geral da atmosfera com as características locais, podendo ou não apresentar variações segundo a época do ano. Isto significa que o clima não pode ser alterado em curtos períodos de tempo. Por outro lado, as variações das condições meteorológicas em determinada região dependem da grande escala, representando o ambiente médio (relacionado à época do ano) e a penetração de sistemas frontais (da ordem de alguns dias), e da meso e pequena escala, caracterizado pelas condições locais e os correspondentes movimentos atmosféricos induzidos (da ordem de poucas dezenas de horas).

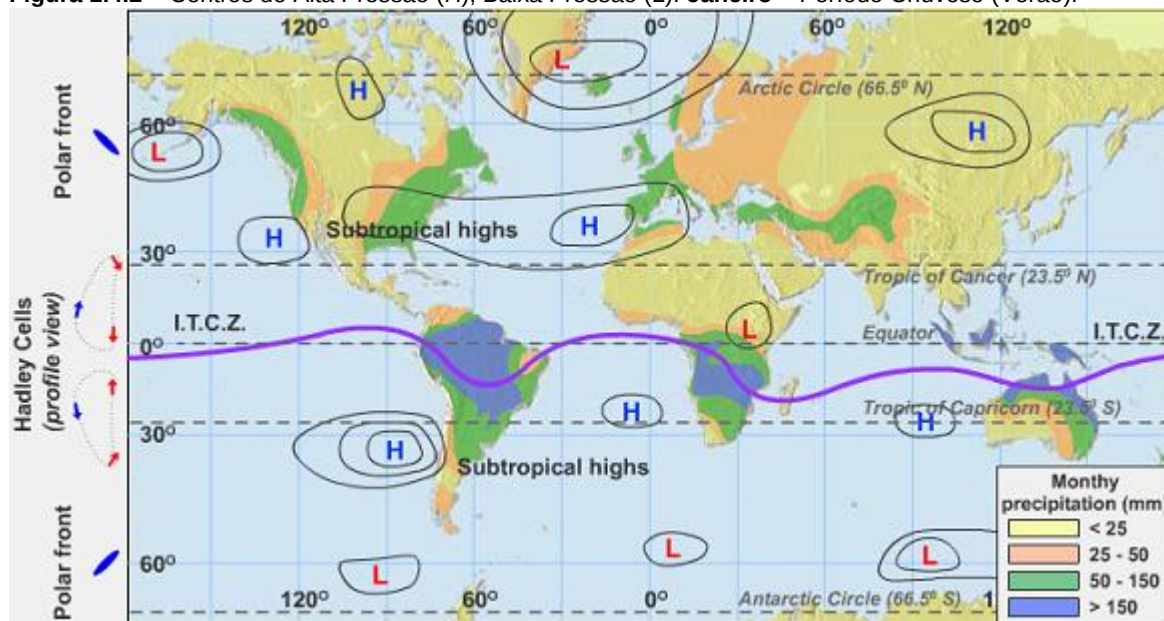
Para as regiões sul-sudeste no período de verão, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) tem importante papel na ocorrência de veranicos e enchentes severas. Além disso, existem modulações na escala intrasazonal e interanual que dão origem a significativas anomalias climáticas no Brasil. O regime pluviométrico na região sul-sudeste sofre

modulações devido à oscilação de 30/60 dias, o que promove períodos favoráveis de precipitação intensa e veranicos associados à ZCAS.

Na literatura define-se a ZCAS como uma persistente banda de nebulosidade e precipitação com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul e leste da Amazônia até o sudoeste do Oceano Atlântico Sul - Central por alguns milhares de quilômetros, bem caracterizada nos meses de verão. Além disso, deve haver persistência de pelo menos quatro dias desta configuração, pois caso contrário a confluência pode ter sido gerada pela penetração apenas de um sistema frontal. (Kodama 1992, 1993; Satyamurti et al, 1998; Liebmann et al, 2001; Carvalho et al, 2002a, 2004).

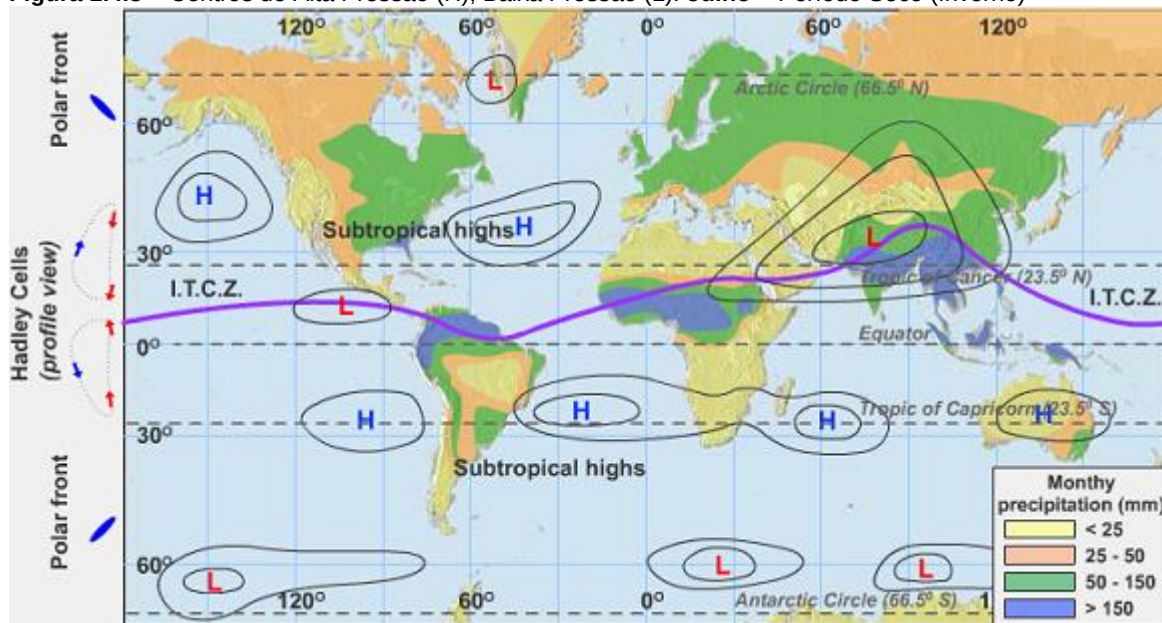
Outro sistema que influencia o regime pluviométrico do Brasil são as altas subtropicais que são sistemas de alta pressão localizados climatologicamente em torno da latitude de 30 °C nos principais oceanos do planeta (Figuras 1.4.2 e 1.4.3). Elas estão associadas à circulação média meridional da atmosfera, surgindo devido às células de Hadley. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical (ASAS) é de grande importância para o clima da América do Sul. Ela afeta o clima do Brasil tanto no inverno quanto no verão. Durante o período de inverno, ela inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sul e sudeste. A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas nas regiões sul e sudeste. Por outro lado, no verão o transporte de umidade nos baixos níveis troposféricos ao longo da ZCAS é afetado pela circulação associada à ASAS (Quadro, 1994).

**Figura 1.4.2 – Centros de Alta Pressão (H), Baixa Pressão (L): Janeiro – Período Chuvoso (Verão).**



Fonte: Earth, Space & Aviation Sciences (2009).

**Figura 1.4.3 – Centros de Alta Pressão (H), Baixa Pressão (L): Julho – Período Seco (Inverno)**



Fonte: Earth, Space & Aviation Sciences (2009).

Legenda:

ITCZ = Zona de Convergência Intertropical  
 Monthly Precipitation (mm) = Precipitação Mensal (mm)  
 Polar Front = Frente Polar  
 Hadley Cells = Células de Hadley  
 Profile View = Vista de Perfil  
 Subtropical Highs = Altas Subtropicais  
 Arctic Circle = Círculo de Ártico  
 Tropic of Cancer = Trópico de Câncer  
 Equator = Equador  
 Tropic of Capricorn = Trópico de Capricórnio  
 Antarctic Circle = Círculo de Antártico

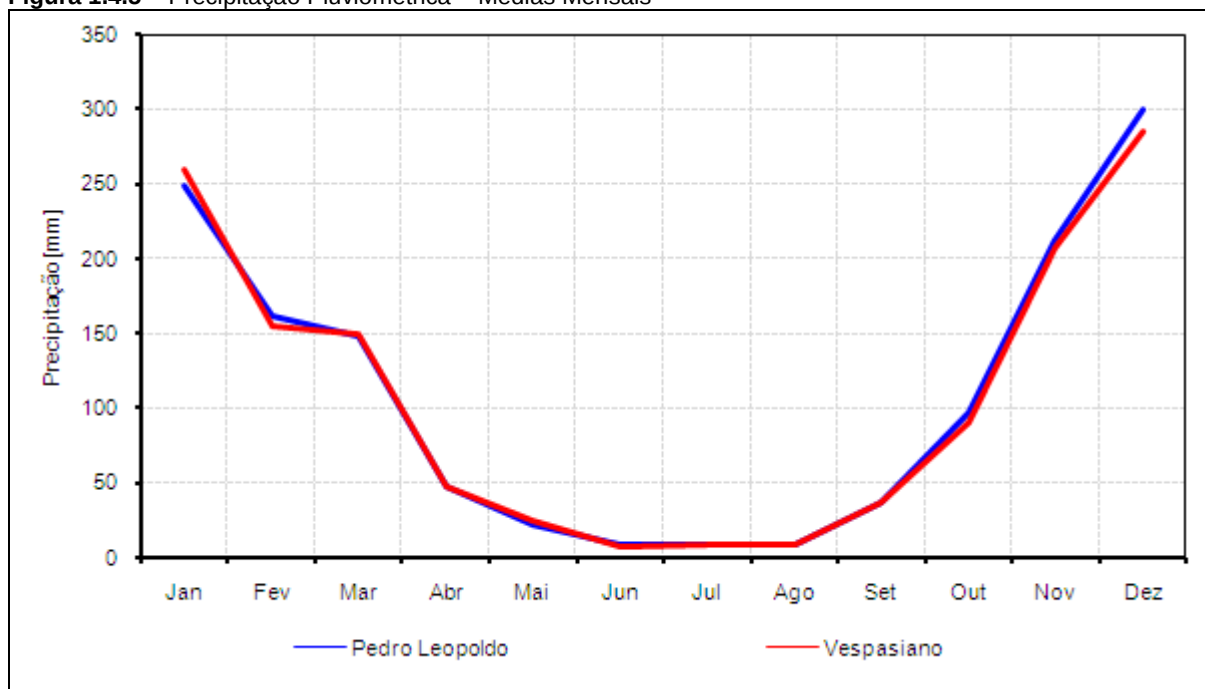
A região de estudo está localizada no estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, cujo clima é influenciado diretamente pelos sistemas meteorológicos de grande escala descritos acima, assim como pelos efeitos das circulações locais características da região. O Estado de Minas Gerais caracteriza-se por possuir um território predominantemente planáltico, cuja altitude varia de 100 a 1.500 m. O clima que predomina na região é o tropical de altitude, além de apresentar o tropical. O primeiro ocorre nas áreas de relevo mais elevado nas quais desenvolvem temperaturas que variam entre 17 a 20°C, com índices pluviométricos que superam os 1.300 mm anuais. O clima tropical se apresenta nas áreas mais baixas, cuja temperatura oscila entre 22 e 23°C com duas estações bem definidas, com verões chuvosos e invernos secos. O município de São José da Lapa está a 700 m acima do nível do mar e está inserido em uma região onde há ocorrência do clima tropical subquente e semiúmido com período seco de quatro a cinco meses (IBGE, 2005). Este clima está associado principalmente à influência da altitude e do regime pluviométrico (NIMER, 1989).

Além disso, este tipo climático tem como característica a ocorrência de temperatura média inferior a 18 °C em pelo menos um mês do ano. Geralmente, no mês de junho ou julho, a temperatura média varia de 15 a 18 °C (NIMER, 1989).

A partir das séries históricas de precipitação pluviométrica obtidas das estações meteorológicas situadas nos municípios de Pedro Leopoldo e Vespasiano, pode-se observar o comportamento mensal da distribuição das chuvas para a região de São José da Lapa e os municípios vizinhos conforme é apresentado na Figura 1.4.5.

As estações utilizadas nessa análise são operadas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Estas estações foram selecionadas por serem as mais próximas de São José da Lapa com disponibilidade de dados válidos.

**Figura 1.4.5 – Precipitação Pluviométrica – Médias Mensais**



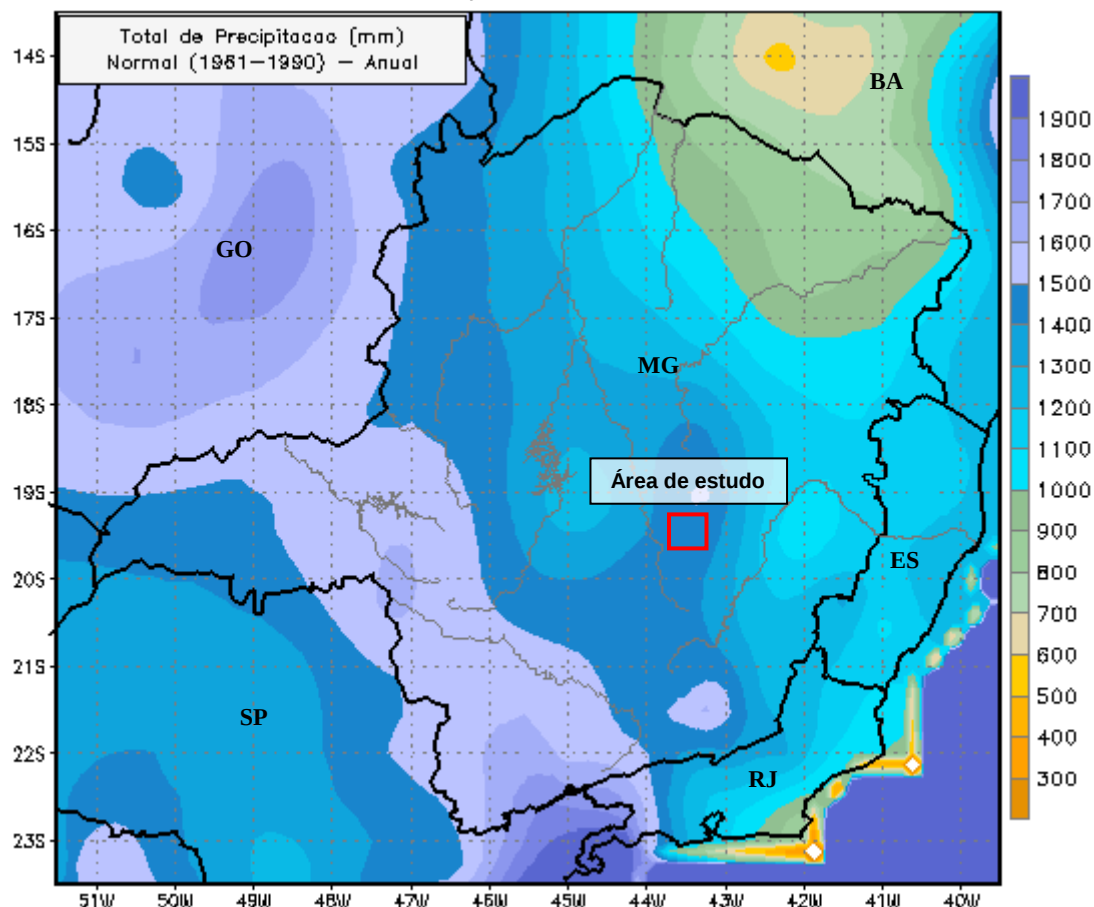
Observa-se que as médias mensais de chuva registradas nas estações de monitoramento da região apresentam um comportamento similar com uma clara diferenciação entre os períodos seco e chuvoso para a área de estudo. De novembro a março tem-se um período mais chuvoso, com precipitações médias mensais acima de 100 mm. Já nos meses de abril a outubro ocorre um período mais seco, com precipitação mensal inferior a 100 mm, destacando os meses de inverno como os mais secos.

No período chuvoso (novembro a março) ocorre a atuação dos sistemas frontais e da ZCAS, favorecendo o aumento de precipitação e ocasionando muitas vezes enchentes, as quais causam danos e perdas para a população que vive nestas áreas. A precipitação média neste período é da ordem de 200 mm mensais, com destaque para os meses de dezembro e janeiro.

Em relação à distribuição anual, observa-se na área de estudo um total de chuvas da ordem de 1.300 mm, em média.

A Figura 1.4.6 apresenta as normais climatológicas de precipitação pluviométrica acumulada anual, produzidas pelo Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais (SIMGE) com base nas séries de 1961 a 1990.

**Figura 1.4.6 – Mapa Climático de Precipitação Pluviométrica Acumulada Anual – 1961-1990**



Fonte: Adaptado de SIMGE, 2011.

A seguir, as análises dos parâmetros meteorológicos temperatura, velocidade e direção do vento, são realizadas com base nos dados obtidos da estação meteorológica existente no Aeroporto Internacional Tancredo Neves - AITN (REDEMET). Devido à ausência de dados meteorológicos medidos em São José da Lapa recorreu-se a essa estação, localizada a apenas 7 km do centro urbano do município.

A temperatura média na região de São José da Lapa apresenta pequena variação ao longo dos meses do ano. De acordo com a série medida na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, a temperatura varia em média 5 °C do mês mais quente (fevereiro) ao mês mais frio (julho), com a média anual em torno de 22 °C.

A Tabela 1.4.1 apresenta as temperaturas médias mensais relativas ao período de dados utilizados na estação analisada. Observa-se que as médias mensais da temperatura apresentam um padrão sazonal definido, sendo maiores no verão, em torno de 23 °C, e menores no inverno, em torno de 19 °C.

**Tabela 1.4.1 - Médias Mensais de Temperatura do Ar (°C)**

| Estação | Período     | Jan  | Fev  | Mar  | Abr  | Mai  | Jun  | Jul  | Ago  | Set  | Out  | Nov  | Dez  |
|---------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AITN    | 1982 a 2009 | 23,4 | 23,7 | 23,3 | 22,3 | 20,2 | 18,7 | 18,5 | 19,9 | 21,4 | 22,8 | 22,7 | 22,6 |

A Tabela 1.4.2 apresenta as máximas e mínimas mensais de temperaturas do ar medidas na estação. Analisando as máximas e mínimas temperaturas registradas, verifica-se que os meses de janeiro, fevereiro e outubro obtiveram os maiores registros de temperatura,

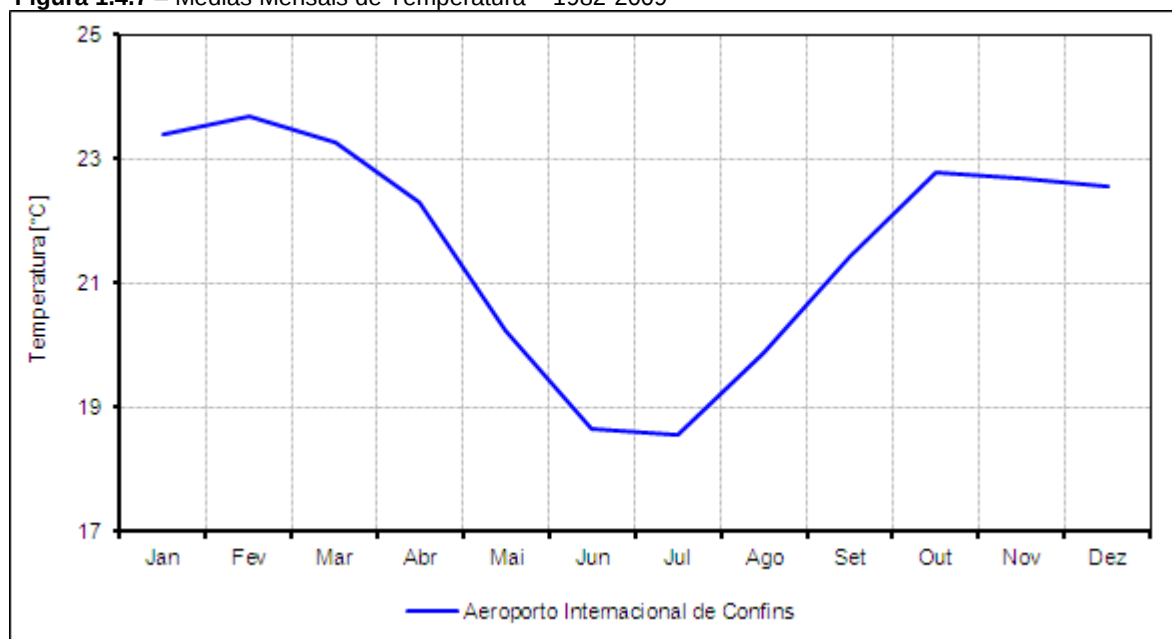
ultrapassando os 25 °C, ao passo que os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram as mínimas temperaturas mensais.

**Tabela 1.4.2 - Máximas e Mínimas Mensais de Temperatura do Ar (°C)**

| Estação |         | Jan  | Fev  | Mar  | Abr  | Mai  | Jun  | Jul  | Ago  | Set  | Out  | Nov  | Dez  |
|---------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AITN    | Máximas | 25,5 | 26,4 | 24,7 | 23,7 | 22,1 | 20,3 | 20,3 | 21,3 | 23,4 | 25,2 | 24,8 | 23,7 |
|         | Mínimas | 20,9 | 21,2 | 21,1 | 19,3 | 17,6 | 16,3 | 16,7 | 17,6 | 20,3 | 20,1 | 20,2 | 19,8 |

A Figura 1.4.7 apresenta as médias mensais observadas na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Tancredo Neves.

**Figura 1.4.7 – Médias Mensais de Temperatura – 1982-2009**



Verifica-se que o período chuvoso, apresentado na Figura 1.4.7, possui relação direta com o aumento da temperatura durante a primavera e verão. Isso ocorre devido à combinação do aumento do transporte de umidade, através da intensificação do sistema de Alta Pressão sobre a Bolívia, transportando umidade da região Amazônica para o Brasil central e região sudeste, juntamente com o transporte de umidade do oceano ocasionado pela ação da Alta do Atlântico Sul. Esses transportes de umidade, combinados com altas temperaturas, proporcionam uma intensa convecção sobre a região, ocasionando as chuvas intensas observadas durante este período.

## 2. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Com o objetivo de estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, válidas para todo o território nacional, conforme previsto na Lei Federal 6.938/81 foi instituído o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) pela resolução CONAMA 05/1989, dando definições e diretrizes para prevenção e gerenciamento.

Com base nesta norma foi editada, em 28/06/90, a Resolução CONAMA 03/1990, que estabelece padrões de qualidade do ar, métodos de amostragem e análise dos parâmetros e níveis de qualidade, atinentes a um plano de emergência para episódios críticos de poluição do ar, visando providências dos governos estaduais e municipais, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde pública.

A mesma resolução estabeleceu também que: “Enquanto cada Estado não definir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 1.3, subitem 1.3.2, da Resolução CONAMA nº 05/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta resolução”. Assim, na área de estudo, aplicam-se os padrões primários de qualidade do ar.

A Tabela 2.1 apresenta os padrões de qualidade do ar primários e secundários, definidos pela Resolução CONAMA 03/1990.

**Tabela 2.1 – Padrões de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA 03/1990**

| Poluente                                        | Padrão Primário <sup>b</sup> |                | Padrão Secundário <sup>c</sup> |                |
|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
|                                                 | Concentração [µg/m³]         | Tempo de Média | Concentração [µg/m³]           | Tempo de Média |
| Partículas Totais em Suspensão (PTS)            | 80 <sup>a</sup>              | 1 ano          | 60 <sup>a</sup>                | 1 ano          |
|                                                 | 240                          | 24 horas       | 150                            | 24 horas       |
| Partículas Inaláveis <10 µm (MP <sub>10</sub> ) | 50                           | 1 ano          | 50                             | 1 ano          |
|                                                 | 150                          | 24 horas       | 150                            | 24 horas       |
| Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )           | 80                           | 1 ano          | 40                             | 1 ano          |
|                                                 | 365                          | 24 horas       | 100                            | 24 horas       |
| Monóxido de Carbono (CO)                        | 10.000 (9 ppm)               | 8 horas        | 10.000 (9 ppm)                 | 8 horas        |
|                                                 | 40.000 (35 ppm)              | 1 hora         | 40.000 (35 ppm)                | 1 hora         |
| Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )        | 100                          | 1 ano          | 100                            | 1 ano          |
|                                                 | 320                          | 1 hora         | 190                            | 1 hora         |
| Fumaça                                          | 150                          | 24 horas       | 100                            | 24 horas       |
|                                                 | 60                           | 1 ano          | 40                             | 1 ano          |
| Ozônio (O <sub>3</sub> )                        | 160                          | 1 hora         | 160                            | 1 hora         |

Fonte: Adaptado de CONAMA (1990)

Notas:

- Média Geométrica;
- Padrão Primário – concentrações que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população;
- Padrão Secundário – concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população bem como o mínimo dano à fauna e à flora. Em áreas poluídas, podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em metas de longo prazo.

Além das menções sobre os atuais padrões de qualidade do ar, cabe destacar que o CONAMA instalou o Grupo Técnico Qualidade do Ar que dentre outras atribuições tem apresentado discussões acerca da revisão dos padrões de qualidade do ar.

Como pontos relevantes sobre as discussões do GT Qualidade do Ar, destacam-se a inclusão de novos parâmetros, destacando-se o MP<sub>2,5</sub> (partículas inaláveis menores que 2.5 µm) e também a tendência de redução dos valores de concentrações dos parâmetros, buscando um alinhamento com as diretrizes definidas pela Organização Mundial da Saúde (WHO Air Quality Guidelines).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Neste capítulo as emissões atmosféricas relacionadas às atividades da Belocal e Ical são detalhadamente identificadas, caracterizadas e quantificadas, de modo a possibilitar a alimentação do modelo matemático AERMOD, que simula os cenários de qualidade do ar representativos da área no entorno do empreendimento.

As emissões atmosféricas das empresas podem ser classificadas em dois tipos principais: emissões pontuais de sistemas de exaustão em chaminés, principalmente nos fornos de calcinação; e emissões difusas caracterizadas por emissões fugitivas de processamento, transporte e armazenamento de materiais a granel, incluindo as atividades de lavra, cominuição, circuitos de transportadores, calcinação e hidratação.

Os poluentes considerados no inventário de emissões atmosféricas são parte daqueles ditos convencionais, regulamentados pela Resolução CONAMA 03/1990 que estabelece padrões de qualidade do ar a serem obedecidos na região do empreendimento. São eles: material particulado total (MP), fração menor que 10 µm (MP<sub>10</sub>) e fração menor que 2.5 µm (MP<sub>2.5</sub>).

Neste estudo a nomenclatura utilizada para as partículas considerou que ao serem emitidas na atmosfera a fração total, MP, passa a ser denominados de Partículas Totais em Suspensão (PTS) seguindo a mesma denominação utilizada na Resolução CONAMA 03/1990. Destaca-se que a fração MP<sub>10</sub> possui padrão de qualidade do ar aplicável, com denominação partículas inaláveis (PI). A fração MP<sub>2.5</sub>, também denominada de partículas respiráveis, ainda não possui padrão de qualidade do ar vigente no Brasil ou no estado das Minas Gerais.

As fontes que emitem poluentes atmosféricos foram caracterizadas com base em métodos recomendados pela EIIP/EPA (*Emission Inventory Improvement Program / United States Environmental Protection Agency*). O cálculo das emissões foi realizado com base em dados de projeto e fatores de emissão disponíveis em literatura e medidos em plantas similares no Brasil e no mundo, como referência para estimar as emissões. A Tabela 3.1 resume as premissas adotadas para a caracterização das emissões atmosféricas provenientes da Ical.

**Tabela 3.1** – Considerações para os Cálculos do Inventário de Emissões Atmosféricas

| Grupos                                    | Tipo            | Considerações                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chaminés                                  | Fontes Pontuais | - Baseado em dados de amostragens de chaminés (medições contínuas – CEMS e manuais) e no levantamento das características físico-construtivas (altura da chaminé, temperatura e vazão de gás, concentrações de poluentes, emissão de poluentes). |
| Áreas Expostas                            | Fontes Difusas  | - Calculado com base no tipo de material e na área física superficial suscetível à erosão eólica apresentada por cada área exposta.                                                                                                              |
| Movimentação e Transferência de Materiais |                 | - Calculado por fatores de emissão da EPA / AP42 e da <i>European Commission</i> (EC);<br>- Utilização de dados de movimentação de materiais e produção específicos.                                                                             |
| Vias de Tráfego                           |                 | - Calculado por fatores de emissão da EPA / AP42 (ressuspensão de partículas nas vias) e por fatores de emissão da CETESB (escapamento e câter de veículos);<br>- Estimativa de tráfego de veículos pesados.                                     |

O inventário de emissões atmosféricas compilado representa as taxas médias de emissão de poluentes tipicamente lançados à atmosfera no decurso das atividades produtivas da Belocal e Ical.

As Tabelas 3.2 apresenta os totais de emissão de poluentes inventariados.

**Tabela 3.2 – Taxas Médias de Emissões de Poluentes Atmosféricos – Cenário I**

| Empresa | Taxa de Emissão de Poluentes Atmosféricos [kg/h] |                  |                   |
|---------|--------------------------------------------------|------------------|-------------------|
|         | MP                                               | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2,5</sub> |
| Belocal | 112,7                                            | 75,7             | 22,8              |
| Ical    | 107,1                                            | 49,4             | 10,1              |
| Total   | 219,8                                            | 125,1            | 32,9              |

As fontes emissoras inventariadas, com relação à forma de sua emissão, foram divididas em três grandes grupos: (1) fontes pontuais (ex.: chaminés de exaustão dos fornos de calcinação), (2) fontes difusas (ex.: movimentação e pontos de transferência de materiais) e (3) vias de tráfego internas (ex.: ressuspensão de materiais devido ao tráfego de veículos). As fontes pontuais, em geral, possuem um comportamento mais regular, com suas características de emissão bem determinadas. As fontes difusas possuem uma natureza de comportamento de emissões mais dinâmica, estando muito sujeitas às variações operacionais e ambientais (condições meteorológicas).

A seguir, a seção 3.1 apresenta uma breve explicação sobre o agrupamento de fontes emissoras adotado para a elaboração do inventário no presente estudo. A seção 3.2 apresenta as fontes inventariadas consideradas para a Ical. A seção 3.3 apresenta as fontes emissoras inventariadas para a Belocal.

### 3.1 AGRUPAMENTO DE FONTES EMISSORAS

Para efeito de modelagem, as fontes difusas inventariadas foram agrupadas em blocos. Ao definir um agrupamento de fontes emissoras, as taxas de emissão das fontes foram contabilizadas e definidas como a emissão daquele agrupamento.

Desta maneira, cada agrupamento de fontes emissoras difusas foi nomeado em função do principal processo a ele associado. Ressalta-se que dependendo da natureza das operações que constituem determinado bloco, este pode abranger uma série de subfontes emissoras difusas de menor porte.

A Figura 3.1.1 exemplifica a metodologia adotada para o agrupamento em bloco de fontes emissoras difusas. Na Figura 3.1.1a temos a representação de 3 fontes difusas emitindo, hipoteticamente, 1 kg/h, contabilizando a emissão global de 3 kg/h. A Figura 3.1.1b apresenta o emprego de agrupamento em bloco das 3 fontes difusas, de maneira que este bloco emita 3 kg/h, ou seja, a totalização da emissão das 3 fontes difusas apresentadas na Figura 3.1.1a.

Da forma como exposto o agrupamento de fontes emissoras conserva as quantidades totais emitidas ao mesmo tempo que otimiza o processo de modelagem.

Ressalta-se que a técnica de agrupamento foi aplicada apenas para a caracterização de fontes difusas. As fontes pontuais (chaminés) que possuem características específicas de emissão foram inseridas uma a uma na base de dados do modelo de dispersão AERMOD.

**Figura 3.1.1 – Metodologia de Contabilização e Agrupamento de Fontes Difusas**



### 3.2 FONTES EMISSORAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DA ICAL

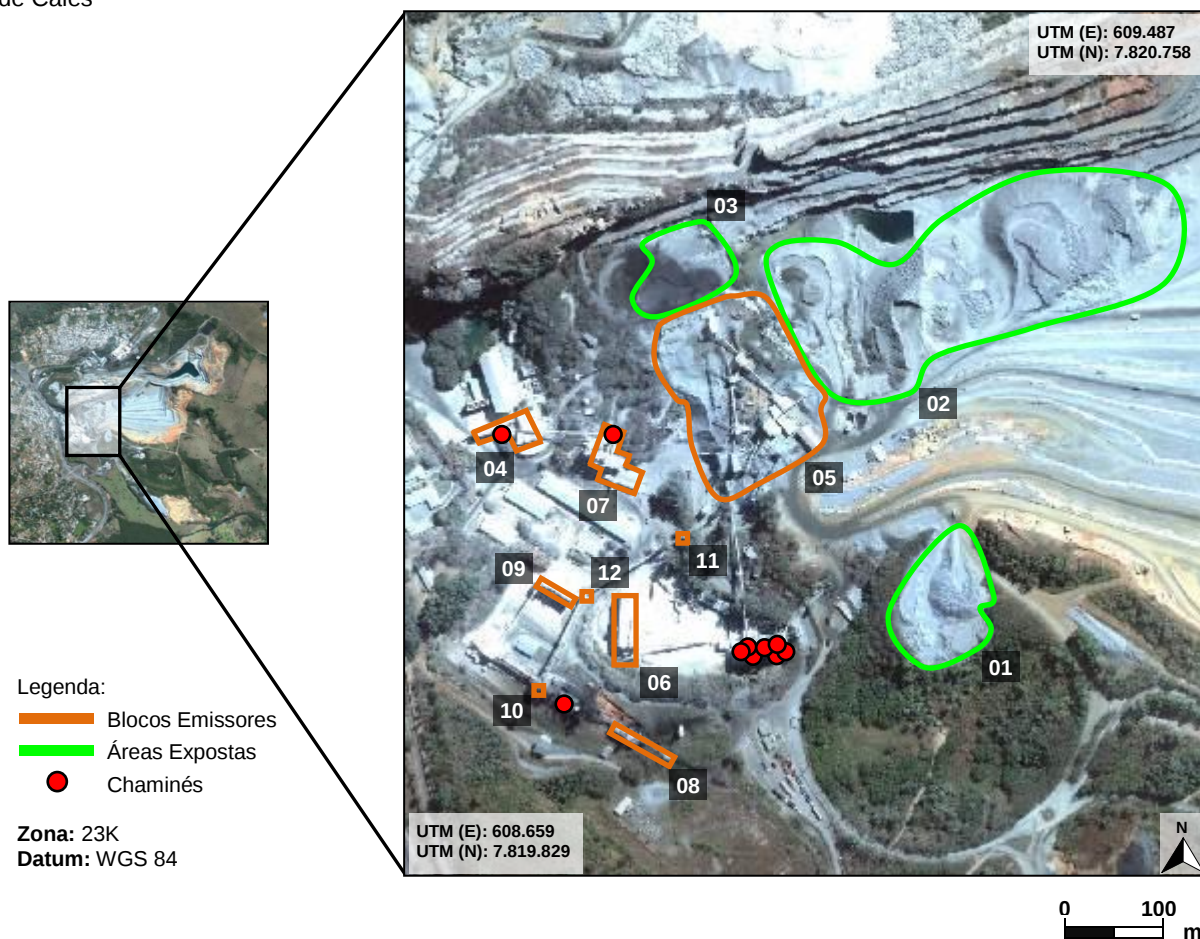
Esta seção apresenta detalhadamente a identificação e caracterização das fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Ical.

Resumidamente, o inventário contemplou diversas fontes emissoras como as áreas expostas sujeitas ao arraste eólico e as decorrentes de atividades de movimentação e transferência de cales (cal virgem e cal hidratada) em todo o circuito desde a lavra na mina, passando pelos processos de cominuição e calcinação até o produto final.

As Figuras 3.2.1 a 3.2.4 apresentam a identificação e a localização das fontes emissoras de poluentes consideradas na Ical.

As Tabelas 3.2.1 a 3.2.6 apresentam as informações detalhadas das fontes pontuais e dos agrupamentos de fontes difusas que integram o inventário de emissões atmosféricas da Ical.

**Figura 3.2.1** – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Ical - Áreas Expostas, Cominuição e Produção de Cales



**Tabela 3.2.1 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Áreas Expostas, Cominuição e Produção de Cales - Fontes Pontuais**

| Fonte Emissora        | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | H    | D   | Q       | T     | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|-----------------------|------------|------------|------|-----|---------|-------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                       |            |            | [m]  | [m] | [Nm³/s] | [°C]  | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| CH / F4 - FM01        | 609.045    | 7.820.074  | 45,0 | 1,1 | 9,9     | 93,0  | 3,3                     | 3,0              | 1,45              |
| CH / F5 - FM01        | 609.028    | 7.820.070  | 45,0 | 1,3 | 11,9    | 100,0 | 1,1                     | 1,0              | 0,49              |
| CH / F6 - FM01        | 609.014    | 7.820.070  | 45,0 | 1,3 | 10,8    | 92,0  | 1,3                     | 1,2              | 0,59              |
| CH / F7 - PE01        | 608.821    | 7.820.019  | 50,0 | 1,8 | 18,0    | 201,0 | 3,3                     | 3,0              | 0,83              |
| CH / Hidratação I     | 608.874    | 7.820.310  | 17,0 | 0,9 | 1,6     | 92,0  | 0,1                     | 0,1              | 0,06              |
| CH / M4 - FM01        | 609.041    | 7.820.080  | 15,0 | 0,5 | 2,6     | 62,0  | 0,1                     | 0,1              | 0,10              |
| CH / M4 - FM02        | 609.041    | 7.820.080  | 25,0 | 0,5 | 2,6     | 58,0  | 0,3                     | 0,2              | 0,06              |
| CH / M5 - FM01        | 609.020    | 7.820.076  | 15,0 | 0,6 | 5,3     | 66,0  | 0,6                     | 0,6              | 0,11              |
| CH / M5 - FM02        | 609.020    | 7.820.076  | 25,0 | 0,5 | 1,1     | 41,0  | 0,5                     | 0,4              | 0,27              |
| CH / Moagem de Cal LD | 608.757    | 7.820.311  | 10,0 | 0,5 | 3,1     | 41,0  | 0,1                     | 0,1              | 0,20              |
| Total                 |            |            |      |     |         |       | 10,7                    | 9,7              | 4,2               |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

H – altura da fonte emissora em relação ao solo;

D – diâmetro da fonte emissora;

Q – vazão de gases da fonte emissora;

T – temperatura dos gases na fonte emissora;

MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm.

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

**Tabela 3.2.2 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Áreas Expostas, Cominuição e Produção de Cales - Fontes Difusas**

| Fonte Emissora |                                      | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                                      |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | Área Exposta II                      | 609.213    | 7.820.119  | 2,5                     | 1,0              | 0,16              |
| 02             | Área Exposta III                     | 609.253    | 7.820.482  | 6,3                     | 2,6              | 0,39              |
| 03             | Área Exposta IV                      | 608.948    | 7.820.486  | 1,6                     | 0,7              | 0,10              |
| 04             | Britagem LD                          | 608.772    | 7.820.312  | 0,3                     | 0,2              | 0,04              |
| 05             | Cominuição                           | 609.005    | 7.820.356  | 20,7                    | 14,5             | 2,02              |
| 06             | Fornos MAERZ e Cal Micropulverizada  | 608.889    | 7.820.096  | 1,1                     | 0,8              | 0,11              |
| 07             | Hidratação I                         | 608.876    | 7.820.278  | 0,6                     | 0,4              | 0,05              |
| 08             | Moagem de Coque para KVS             | 608.903    | 7.819.971  | 0,1                     | 0,1              | 0,02              |
| 09             | Silos KVS                            | 608.816    | 7.820.137  | 0,9                     | 0,6              | 0,09              |
| 10             | TR Alimentação de Calcário Forno KVS | 608.799    | 7.820.030  | 0,1                     | < 0,1            | 0,01              |
| 11             | TR Calcário KVS I                    | 608.947    | 7.820.193  | 0,8                     | 0,6              | 0,09              |
| 12             | TR Calcário KVS II                   | 608.845    | 7.820.130  | 0,1                     | < 0,1            | 0,01              |
| -              | Filtros de Manga de Pequeno Porte *  | -          | -          | 5,1                     | 4,4              | 0,64              |
| Total          |                                      |            |            | 40,2                    | 25,9             | 3,7               |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

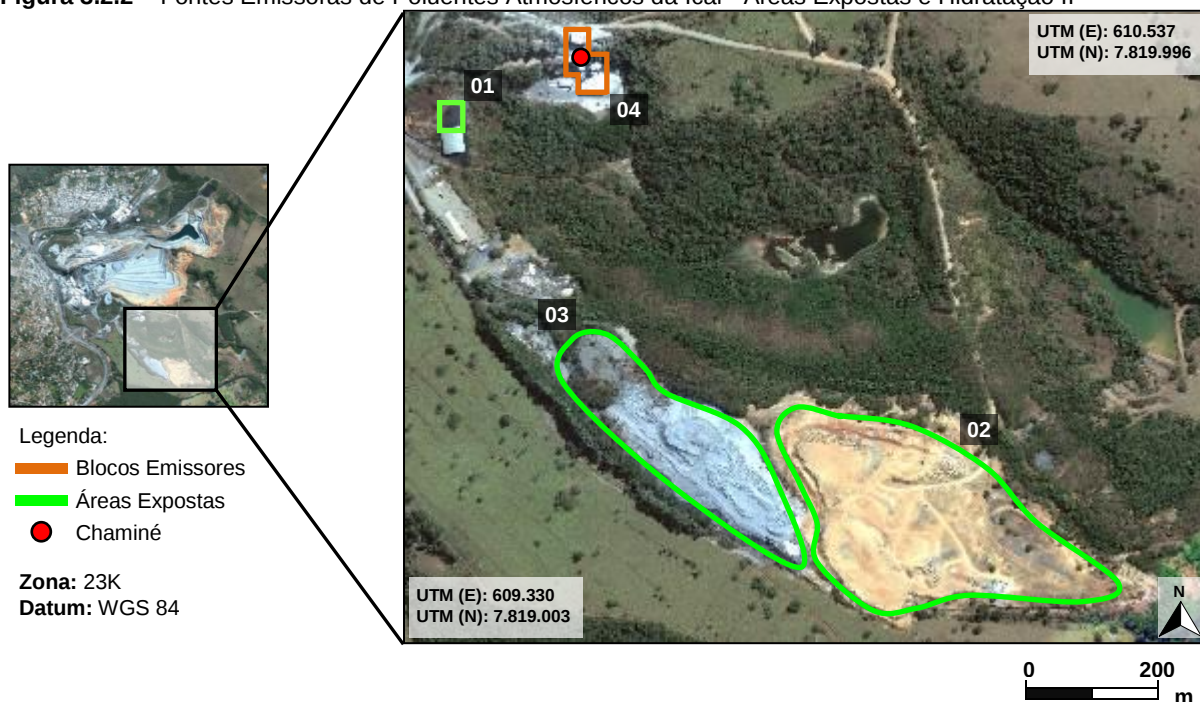
MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

\* Obs.: a fonte emissora denominada Filtros de Manga de Pequeno Porte consiste nos filtros de manga que não apresentaram dados de emissões monitorados e, com isso, as emissões foram estimadas com base em informações técnicas típicas de filtros de manga. As emissões para essa fonte, apresentadas na Tabela acima, foram distribuídas proporcionalmente aos blocos em função do respectivo processo associado.

**Figura 3.2.2 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Ical - Áreas Expostas e Hidratação II**



**Tabela 3.2.3 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Fonte Pontual - Hidratação II**

| Fonte Emissora     | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | H    | D   | Q       | T    | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|--------------------|------------|------------|------|-----|---------|------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                    |            |            | [m]  | [m] | [Nm³/s] | [°C] | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| CH / Hidratação II | 609.597    | 7.819.934  | 20,0 | 0,9 | 1,2     | 90,0 | 0,2                     | 0,2              | 0,1               |

**Legenda:**

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
H – altura da fonte emissora em relação ao solo;  
D – diâmetro da fonte emissora;  
Q – vazão de gases da fonte emissora;

T – temperatura dos gases na fonte emissora;  
MP – taxa de emissão de material particulado;  
MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm.  
MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

**Tabela 3.2.4 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Áreas Expostas e Hidratação II - Fontes Difusas**

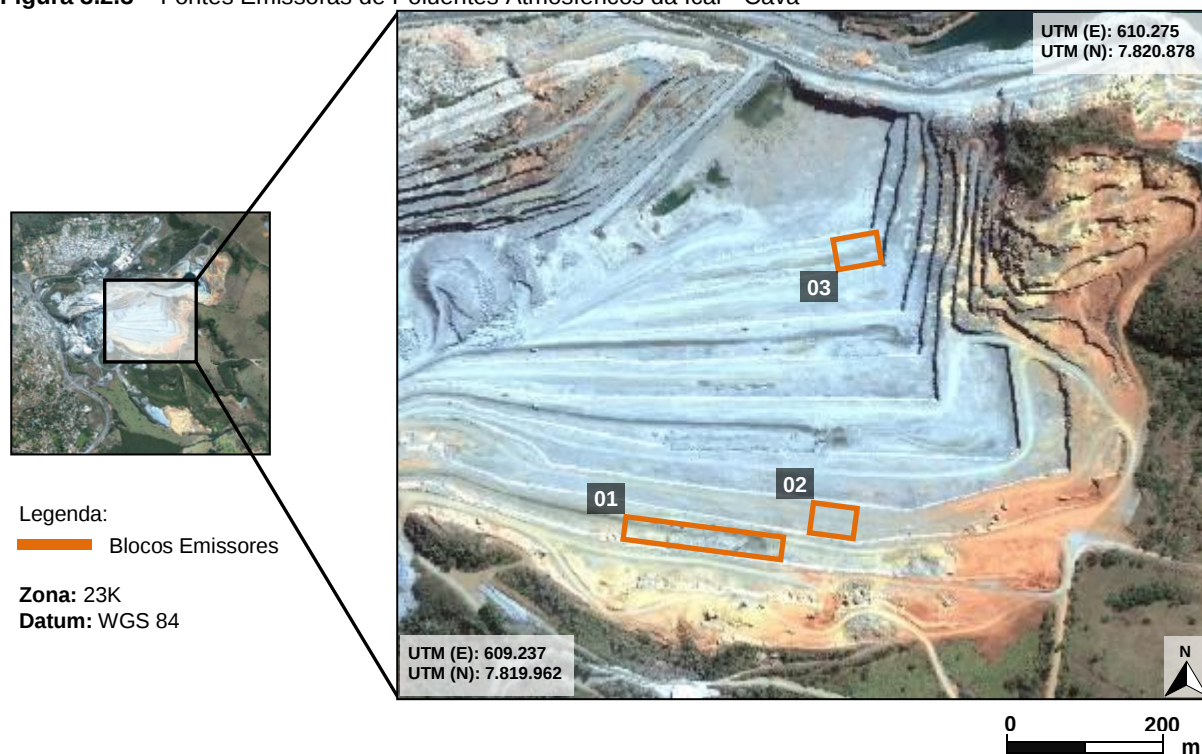
| Fonte Emissora |                      | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|----------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                      |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | Área Exposta Coque   | 609.405    | 7.819.837  | < 0,1                   | < 0,1            | < 0,1             |
| 02             | Área Exposta Estéril | 610.128    | 7.819.205  | 2,9                     | 1,3              | 0,2               |
| 03             | Área Exposta I       | 609.741    | 7.819.326  | 7,6                     | 3,2              | 0,5               |
| 04             | Hidratação II        | 609.607    | 7.819.921  | 0,3                     | 0,2              | < 0,1             |
| Total          |                      |            |            | 10,8                    | 4,7              | 0,7               |

**Legenda:**

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm.  
MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

**Figura 3.2.3 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Ical - Cava**



**Tabela 3.2.5 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Cava - Fontes Difusas**

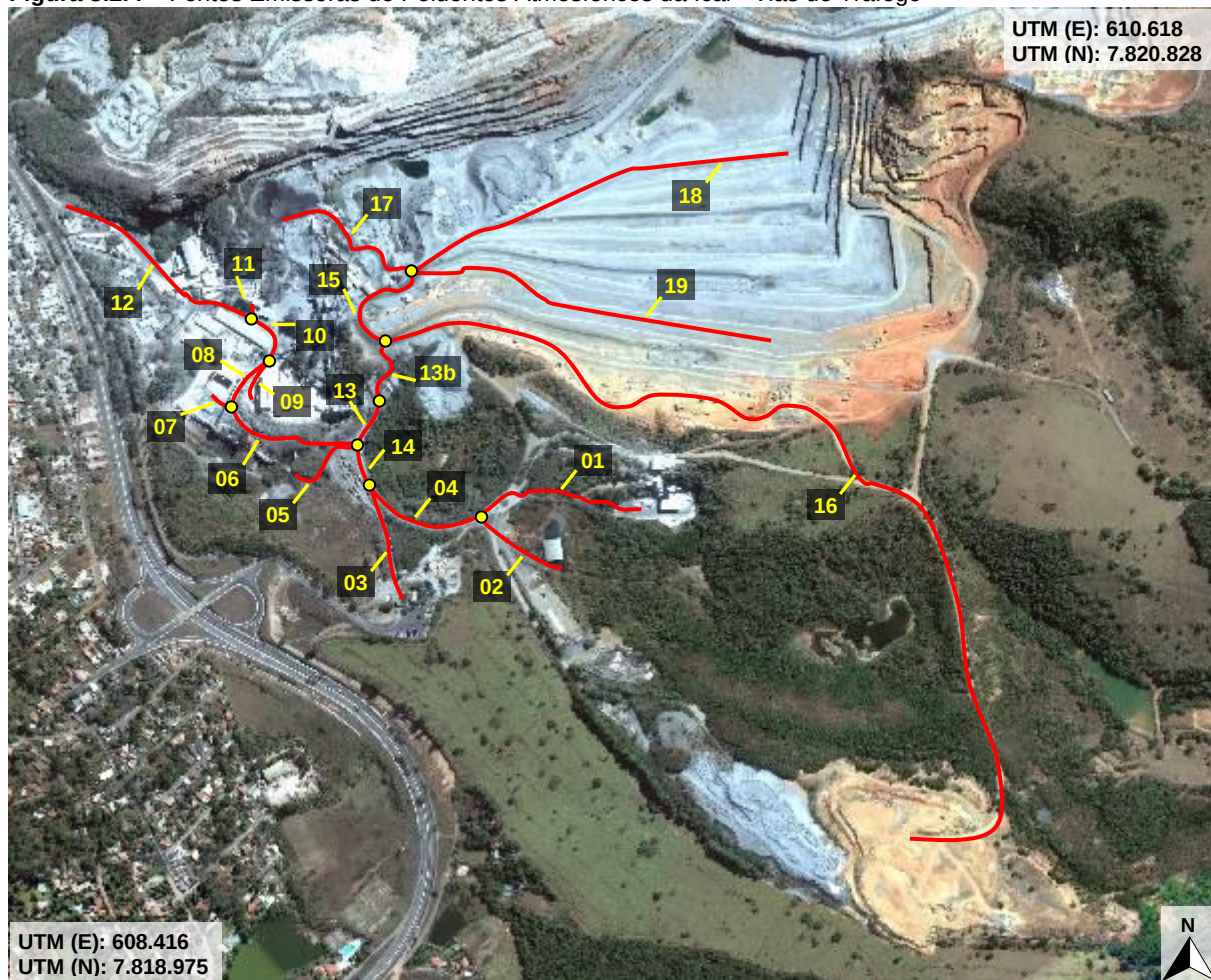
| Fonte Emissora |                   | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|-------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                   |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | Detonação na Mina | 609.621    | 7.820.180  | < 0,1                   | < 0,1            | < 0,1             |
| 02             | Escavação I       | 609.833    | 7.820.557  | 3,5                     | 0,5              | 0,1               |
| 03             | Escavação II      | 609.827    | 7.820.194  | 3,5                     | 0,5              | 0,1               |
| Total          |                   |            |            | 7,0                     | 1,0              | 0,2               |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
 Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
 MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm.  
 MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

**Figura 3.2.4 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Ical - Vias de Tráfego**



Legenda:

- Vias de Tráfego
- Pontos de Interseção

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

0 200 400  
m

**Tabela 3.2.6 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Ical - Vias de Tráfego**

| Fonte Emissora | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| Via 01         | 609.418    | 7.819.892  | 0,4                     | 0,1              | 0,02              |
| Via 02         | 609.341    | 7.819.807  | < 0,1                   | < 0,1            | 0,00              |
| Via 03         | 609.109    | 7.819.795  | 4,2                     | 0,8              | 0,20              |
| Via 04         | 609.160    | 7.819.867  | 0,3                     | 0,1              | 0,01              |
| Via 05         | 608.983    | 7.819.959  | < 0,1                   | < 0,1            | 0,00              |
| Via 06         | 608.919    | 7.820.027  | 7,1                     | 1,4              | 0,33              |
| Via 07         | 608.807    | 7.820.086  | 0,3                     | < 0,1            | 0,01              |
| Via 08         | 608.865    | 7.820.137  | 0,8                     | 0,2              | 0,04              |
| Via 09         | 608.879    | 7.820.135  | 2,6                     | 0,5              | 0,12              |
| Via 10         | 608.894    | 7.820.214  | 0,4                     | 0,1              | 0,02              |
| Via 11         | 608.864    | 7.820.252  | < 0,1                   | < 0,1            | 0,00              |
| Via 12         | 608.704    | 7.820.342  | 1,5                     | 0,3              | 0,07              |
| Via 13         | 609.077    | 7.820.049  | 1,5                     | 0,3              | 0,07              |
| Via 13b        | 609.104    | 7.820.149  | 1,1                     | 0,2              | 0,02              |
| Via 14         | 609.063    | 7.819.959  | 1,8                     | 0,3              | 0,08              |
| Via 15         | 609.097    | 7.820.261  | 0,9                     | 0,2              | 0,02              |
| Via 16         | 609.772    | 7.819.898  | 5,5                     | 1,2              | 0,12              |
| Via 17         | 609.074    | 7.820.372  | 3,5                     | 0,8              | 0,08              |
| Via 18         | 609.389    | 7.820.403  | 3,1                     | 0,7              | 0,07              |
| Via 19         | 609.500    | 7.820.333  | 3,2                     | 0,7              | 0,07              |
| Total          |            |            | 38,2                    | 7,9              | 1,3               |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado < 2.5 µm.

### 3.3 FONTES EMISSORAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DA BELOCAL

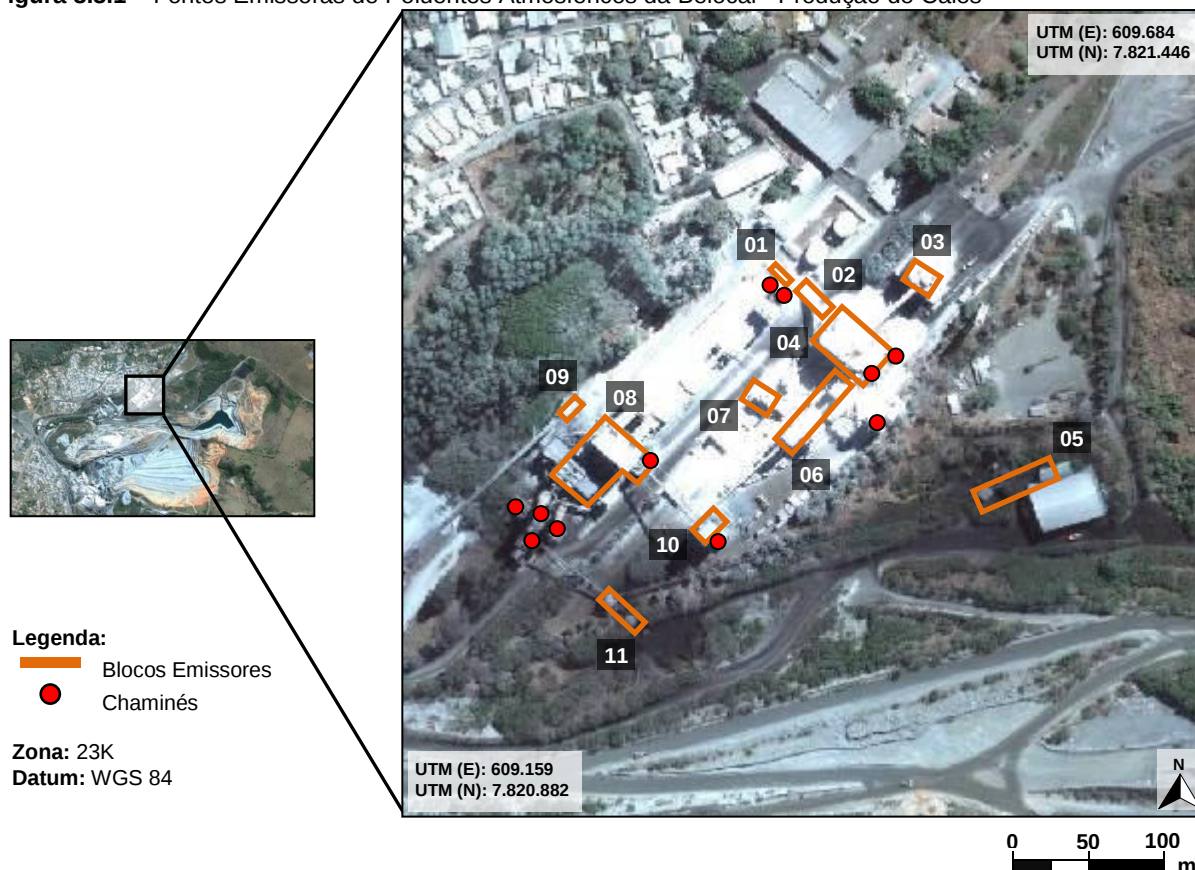
Esta seção apresenta detalhadamente a identificação e caracterização das fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Belocal.

Resumidamente, o inventário contemplou diversas fontes emissoras como as áreas expostas sujeitas ao arraste eólico e as decorrentes de atividades de movimentação e transferência de cales (cal virgem e cal hidratada) em todo o circuito desde a lavra na mina, passando pelos processos de cominuição e calcinação até o produto final.

As Figuras 3.3.1 a 3.3.5 apresentam a identificação e a localização das fontes emissoras de poluentes consideradas na Belocal.

As Tabelas 3.3.1 a 3.3.7 apresentam as informações detalhadas das fontes pontuais e dos agrupamentos de fontes difusas que integram o inventário de emissões atmosféricas da Belocal.

**Figura 3.3.1 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Belocal - Produção de Cales**



**Tabela 3.3.1 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Produção de Cales - Fontes Pontuais**

| Fonte Emissora                 | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | H   | D   | Q       | T    | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|--------------------------------|------------|------------|-----|-----|---------|------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                                |            |            | [m] | [m] | [Nm³/s] | [°C] | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| CH - Forno I                   | 609.247    | 7.821.095  | 55  | 3,3 | 44,2    | 182  | 16,1                    | 14,5             | 7,1               |
| CH - Forno II                  | 609.258    | 7.821.084  | 55  | 4,0 | 95,1    | 199  | 22,9                    | 20,6             | 5,8               |
| CH - Forno III                 | 609.365    | 7.821.076  | 55  | 1,2 | 13,8    | 99   | 4,9                     | 4,4              | 1,2               |
| CH - Hidratação de Cal         | 609.469    | 7.821.157  | 20  | 0,8 | 2,6     | 74   | 0,5                     | 0,4              | 0,2               |
| CH - Moagem I de Comb. Sólido  | 609.231    | 7.821.100  | 20  | 1,2 | 16,2    | 61   | 4,5                     | 4,1              | 2,0               |
| CH - Moagem II de Comb. Sólido | 609.241    | 7.821.076  | 6   | 0,9 | 6,5     | 82   | 1,3                     | 1,1              | 0,6               |
| CH - Recupol Forno I           | 609.400    | 7.821.254  | 12  | 0,8 | 9,6     | 37   | 0,3                     | 0,2              | 0,1               |
| CH - Recupol Forno II          | 609.408    | 7.821.246  | 12  | 0,8 | 8,0     | 36   | 2,2                     | 2,0              | 1,0               |
| CH - Silo de Cal I             | 609.466    | 7.821.192  | 55  | 0,7 | 7,3     | 51   | 0,6                     | 0,5              | 0,3               |
| CH - Silo de Cal II            | 609.481    | 7.821.203  | 55  | 0,7 | 7,2     | 46   | 0,3                     | 0,3              | 0,1               |
| CH - Silo de Comb. Sólido      | 609.319    | 7.821.132  | 20  | 0,5 | 3,8     | 29   | 0,3                     | 0,2              | 0,1               |
| Total                          |            |            |     |     |         |      | 53,9                    | 48,3             | 18,5              |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
H – altura da fonte emissora em relação ao solo;  
D – diâmetro da fonte emissora;  
Q – vazão de gases da fonte emissora;

T – temperatura dos gases na fonte emissora;  
MP – taxa de emissão de material particulado;  
MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;  
MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

**Tabela 3.3.2 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Produção de Cales - Fontes Difusas**

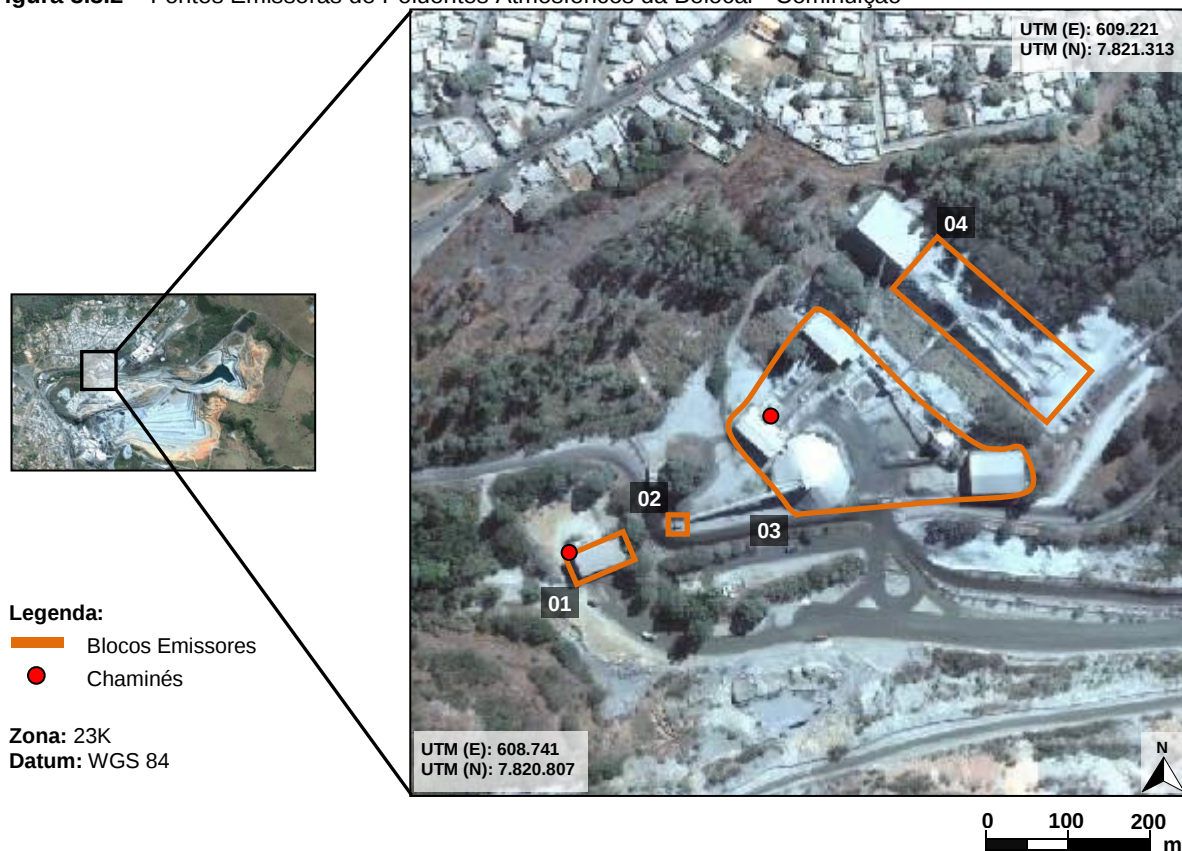
| Fonte Emissora |                                               | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|-----------------------------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                                               |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | Despoeiramento da Recupol                     | 609.407    | 7.821.260  | 1,2                     | 0,8              | 0,12              |
| 02             | TR - Produção dos Fornos I e II para os Silos | 609.426    | 7.821.245  | 7,1                     | 5,0              | 0,92              |
| 03             | Cal Micropulverizada                          | 609.500    | 7.821.257  | 0,5                     | 0,3              | 0,05              |
| 04             | Conjunto de Silos                             | 609.454    | 7.821.208  | 1,0                     | 0,7              | 0,13              |
| 05             | Coque 01                                      | 609.560    | 7.821.113  | 0,1                     | < 0,1            | 0,01              |
| 06             | Produção do Forno III para os Silos           | 609.429    | 7.821.166  | 0,9                     | 0,6              | 0,10              |
| 07             | Produção da Hidratação para os Silos          | 609.392    | 7.821.176  | 0,7                     | 0,5              | 0,08              |
| 08             | Alimentação de Calcário - Fornos I e II       | 609.287    | 7.821.130  | 0,6                     | 0,4              | 0,06              |
| 09             | TR - Calcário para os Fornos                  | 609.266    | 7.821.167  | 0,1                     | < 0,1            | < 0,01            |
| 10             | Alimentação e Descarga - Forno III            | 609.356    | 7.821.086  | 0,5                     | 0,3              | 0,05              |
| 11             | Coque 02                                      | 609.300    | 7.821.027  | < 0,1                   | < 0,1            | < 0,01            |
| Total          |                                               |            |            | 12,7                    | 8,6              | 1,5               |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;  
MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

**Figura 3.3.2 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Belocal - Cominuição**



**Tabela 3.3.3 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Cominuição - Fontes Pontuais**

| Fonte Emissora           | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | H   | D   | Q       | T    | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|--------------------------|------------|------------|-----|-----|---------|------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                          |            |            | [m] | [m] | [Nm³/s] | [°C] | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| CH - Britagem Primária   | 608.838    | 7.820.963  | 6   | 0,5 | 1,6     | 31   | < 0,1                   | < 0,1            | < 0,1             |
| CH - Britagem Secundária | 608.962    | 7.821.051  | 6   | 0,7 | 4,4     | 30   | 0,6                     | 0,5              | 0,26              |
| Total                    |            |            |     |     |         |      | 0,6                     | 0,5              | 0,27              |

**Legenda:**

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);  
H – altura da fonte emissora em relação ao solo;  
D – diâmetro da fonte emissora;  
Q – vazão de gases da fonte emissora;

T – temperatura dos gases na fonte emissora;  
MP – taxa de emissão de material particulado;  
MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;  
MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

**Tabela 3.3.4 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Cominuição - Fontes Difusas**

| Fonte Emissora |                                    | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|------------------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                                    |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | Britagem Primária                  | 608.857    | 7.820.959  | 0,5                     | 0,4              | 0,07              |
| 02             | TR 01                              | 608.905    | 7.820.982  | < 0,1                   | < 0,1            | 0,15              |
| 03             | Pilha Pulmão e Britagem Secundária | 609.017    | 7.821.039  | 1,7                     | 0,6              | 0,09              |
| 04             | Pilha de Calcário                  | 609.100    | 7.821.105  | 2,5                     | 1,1              | < 0,01            |
| Total          |                                    |            |            | 4,7                     | 2,1              | 0,30              |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

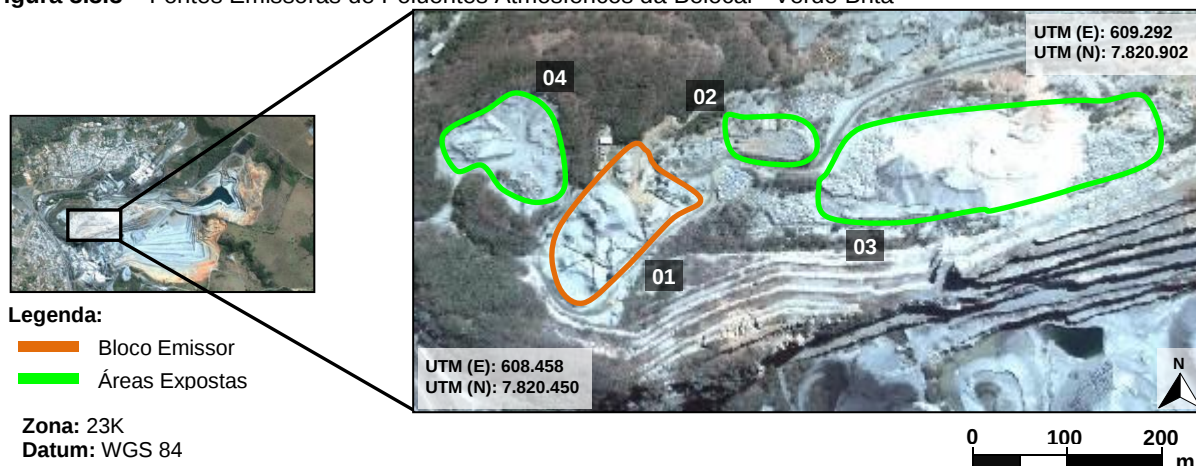
MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

MP – taxa de emissão de material particulado;

**Figura 3.3.3 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Belocal - Verde Brita**



**Tabela 3.3.5 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Verde Brita - Fontes Difusas**

| Fonte Emissora |                       | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|-----------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                       |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | VB - Bloco Cominuição | 608.667    | 7.820.660  | 5,4                     | 3,1              | 0,05              |
| 02             | VB - Área Exposta I   | 608.837    | 7.820.756  | 0,7                     | 0,3              | 0,41              |
| 03             | VB - Área Exposta II  | 609.065    | 7.820.731  | 6,6                     | 2,7              | 0,06              |
| 04             | VB - Área Exposta III | 608.550    | 7.820.765  | 1,0                     | 0,4              | 0,43              |
| Total          |                       |            |            | 13,7                    | 6,5              | 0,95              |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

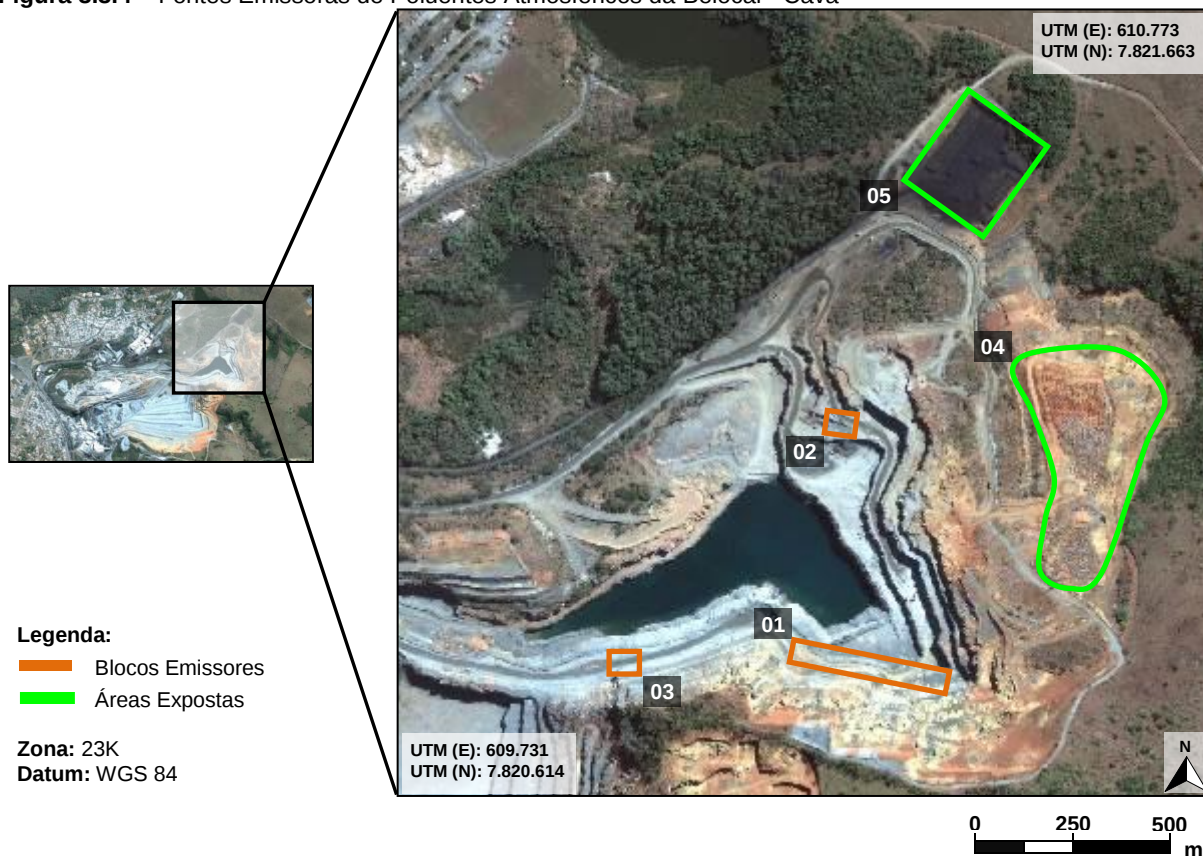
MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

MP – taxa de emissão de material particulado;

**Figura 3.3.4 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Belocal - Cava**



**Tabela 3.3.6 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Cava - Fontes Difusas**

| Fonte Emissora |                          | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|--------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |                          |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| 01             | BL - Detonação na Mina   | 610.331    | 7.820.780  | < 0,1                   | < 0,1            | < 0,01            |
| 02             | BL - Escavação I         | 610.020    | 7.820.790  | 1,7                     | 0,3              | 0,03              |
| 03             | BL - Escavação II        | 610.300    | 7.821.109  | 1,7                     | 0,3              | 0,03              |
| 04             | BL - Depósito de Estéril | 610.609    | 7.821.079  | 1,3                     | 0,6              | 0,08              |
| 05             | BL - Estocagem de Coque  | 610.472    | 7.821.459  | 0,4                     | 0,3              | 0,05              |
| Total          |                          |            |            | 5,1                     | 1,5              | 0,20              |

**Legenda:**

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

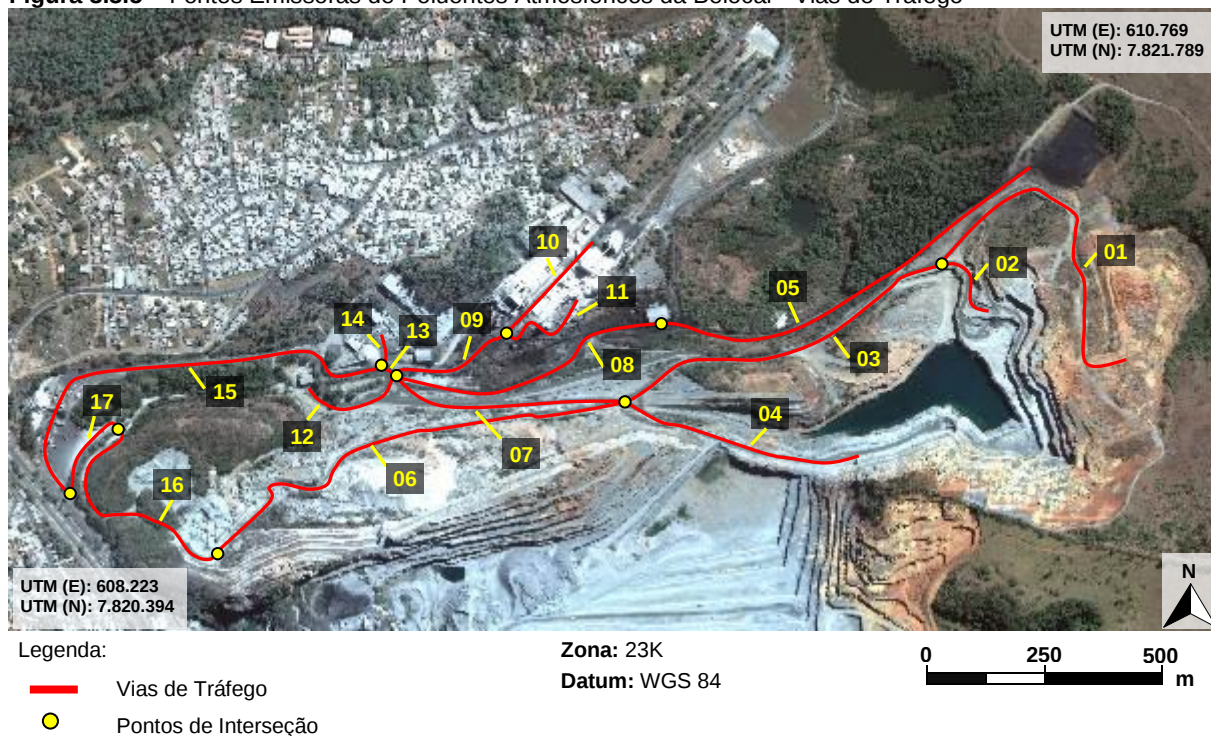
Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

**Figura 3.3.5 – Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Belocal - Vias de Tráfego**



**Tabela 3.3.7 – Inventário de Emissões Atmosféricas da Belocal - Vias de Tráfego**

| Fonte Emissora | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Taxas de Emissão [kg/h] |                  |                   |
|----------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                |            |            | MP                      | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> |
| Via 01         | 610.432    | 7.821.217  | 6,8                     | 1,5              | 0,15              |
| Via 02         | 610.236    | 7.821.169  | 0,2                     | < 0,1            | 0,00              |
| Via 03         | 609.933    | 7.821.087  | 1,2                     | 0,3              | 0,03              |
| Via 04         | 609.732    | 7.820.832  | 0,7                     | 0,2              | 0,02              |
| Via 05         | 609.989    | 7.821.181  | 0,1                     | < 0,1            | 0,00              |
| Via 06         | 609.001    | 7.820.780  | 1,2                     | 0,3              | 0,03              |
| Via 07         | 609.255    | 7.820.919  | 2,9                     | 0,7              | 0,07              |
| Via 08         | 609.283    | 7.820.986  | < 0,1                   | < 0,1            | 0,00              |
| Via 09         | 609.148    | 7.821.006  | 0,7                     | 0,4              | 0,04              |
| Via 10         | 609.358    | 7.821.158  | 0,5                     | 0,3              | 0,07              |
| Via 11         | 609.363    | 7.821.087  | 0,1                     | < 0,1            | 0,01              |
| Via 12         | 608.959    | 7.820.928  | 0,4                     | 0,1              | 0,01              |
| Via 13         | 609.023    | 7.820.983  | 0,1                     | 0,1              | 0,02              |
| Via 14         | 609.010    | 7.821.025  | 0,2                     | 0,1              | 0,02              |
| Via 15         | 608.633    | 7.820.932  | 5,5                     | 3,5              | 0,35              |
| Via 16         | 608.493    | 7.820.696  | 0,4                     | 0,1              | 0,01              |
| Via 17         | 608.398    | 7.820.797  | 1,0                     | 0,6              | 0,16              |
| Total          |            |            | 22,0                    | 8,2              | 0,99              |

Legenda:

X – coord. X da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

Y – coord. Y da fonte emissora no sistema UTM (WGS84);

MP – taxa de emissão de material particulado;

MP<sub>10</sub> – taxa de emissão de material particulado <10 µm;

MP<sub>2.5</sub> – taxa de emissão de material particulado <2.5 µm.

## **4. MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DE POLUENTES**

Neste capítulo são apresentados os resultados da modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos, que embasam o Cenário I e o Cenário II de impactos na qualidade do ar provocados pelas emissões dos empreendimentos analisados em cada caso.

Para a análise e interpretação dos impactos na qualidade do ar, são considerados os cenários críticos, que apresentam as máximas concentrações calculadas pelo modelo AERMOD. Esta consideração produz resultados conservadores, ao mesmo tempo em que aborda de maneira mais consistente todas as combinações de possibilidades de condições meteorológicas que incidem na área de estudo.

### **4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO**

O modelo de dispersão utilizado nesse estudo foi o AERMOD (EPA, 2004), que é um modelo de pluma gaussiana recomendado como regulatório pela *Environmental Protection Agency* (EPA). Este modelo é um aprimoramento do modelo *Industrial Source Complex* (ISC3) utilizado até 2006, sendo o seu substituto natural, aplicável às áreas urbanas ou rurais, terrenos planos ou com variações topográficas, emissões a baixos ou elevados níveis de altitude, contando com a capacidade de trabalhar com diferentes tipos de fontes pontuais, área ou volumétrica.

O AERMOD considera a pluma de poluentes em estado estacionário. Na camada limite estável (SBL), a distribuição da concentração é gaussiana na vertical e horizontal. Contudo, na condição de camada limite convectiva (CBL) a distribuição horizontal é dada como gaussiana, mas a distribuição vertical é descrita por uma função de densidade probabilidade bigaussiana. O AERMOD também possibilita o cálculo da reentrada de poluentes lançados acima da camada limite. Uma das principais melhorias trazidas pelo AERMOD é sua habilidade de caracterizar a camada limite planetária (CLP) através de informações de superfície e dados de estratificações das camadas simultaneamente. Para descrever, neste estudo foram utilizados os dados de superfície e os perfis verticais das variáveis meteorológicas geradas pelo modelo meteorológico numérico de mesoescala denominado *Weather Research and Forecasting Model* (WRF).

### **4.2 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NA MODELAGEM AERMOD**

A qualidade do ar de uma região é determinada, principalmente, por complexas interações entre os poluentes atmosféricos e as condições meteorológicas que, por sua vez, influenciam os mecanismos de remoção, transformação e dispersão dos poluentes no ar.

Desta forma, torna-se essencial a avaliação das condições meteorológicas da área de estudo, como subsídio para a aplicação do modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera para a determinação da influência das fontes previstas na região.

A execução de modelagem matemática da dispersão dos poluentes na atmosfera, utilizando os modelos atualmente recomendados pela EPA, requer a utilização de variáveis que, via de regra, não são mensuradas em estações meteorológicas de superfície existentes no Brasil. Nas estações meteorológicas de superfície são comumente medidas a direção e a velocidade do vento, a radiação solar, a precipitação pluviométrica, a pressão atmosférica, a umidade e a temperatura do ar.

A necessidade dessas variáveis não rotineiramente medidas torna-se mais acentuada quando se trata da utilização de modelos de dispersão mais avançados, como é o caso do AERMOD.

Diante da carência de séries de dados meteorológicos para a região de São José da Lapa, foi utilizada uma abordagem metodológica de vanguarda para suprimento de informações atmosféricas do local, fazendo uso de modernos métodos de simulação meteorológica. Nesta tarefa, o modelo meteorológico de previsão numérica WRF, desenvolvido pela *Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research Numerical (PSU/NCAR Weather Research and Forecasting Model)*, foi utilizado para reproduzir as condições atmosféricas da área demarcada, ao nível do solo e em diversas altitudes (níveis de pressão atmosférica). Para a inicialização do modelo meteorológico foram utilizados dados derivados das análises do modelo numérico global denominado *Global Forecast System/National Centers for Environmental Prediction (GFS/NCEP)*, sendo estes utilizados como condições iniciais e de contorno para o WRF.

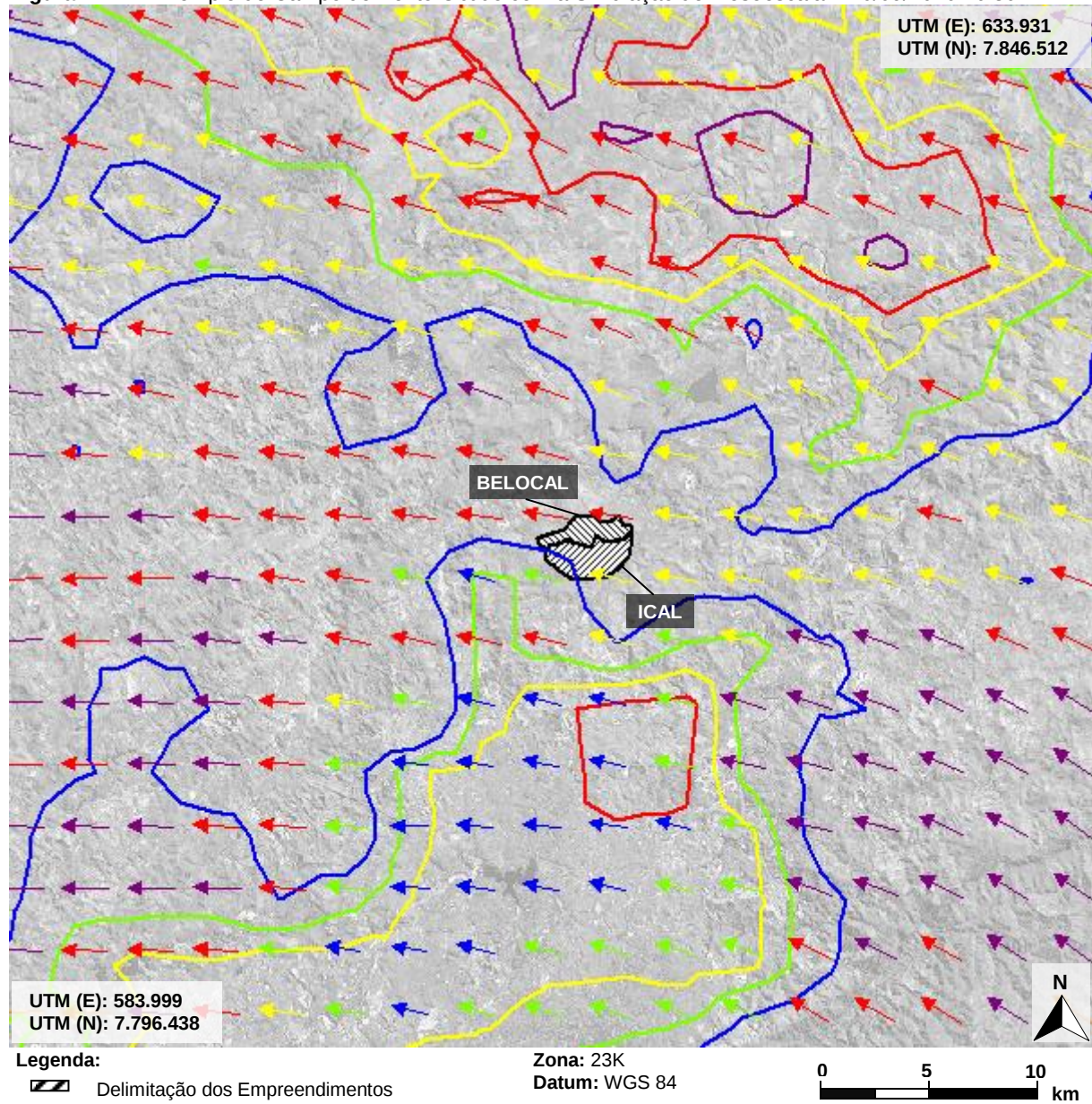
A partir dos campos meteorológicos calculados pela simulação tridimensional de mesoescala, foram geradas séries históricas representativas para a região de São José da Lapa e arredores, contendo 17.520 registros médios horários referentes aos anos de 2009 e 2010, para diversos parâmetros, dentre os quais destacam-se aqueles utilizados pelo modelo AERMOD, conforme apresentado na Tabela 4.2.1.

**Tabela 4.2.1** – Informações Meteorológicas Calculadas Utilizadas pelo Modelo AERMOD

| Parâmetros Meteorológicos                   |
|---------------------------------------------|
| Altura da camada limite convectiva          |
| Altura da camada limite mecânica            |
| Comprimento do Monin-Obukhov                |
| Escala de velocidade convectiva             |
| Fluxo de calor latente                      |
| Fluxo de calor sensível                     |
| Gradiente vertical de temperatura potencial |
| Velocidade de fricção                       |

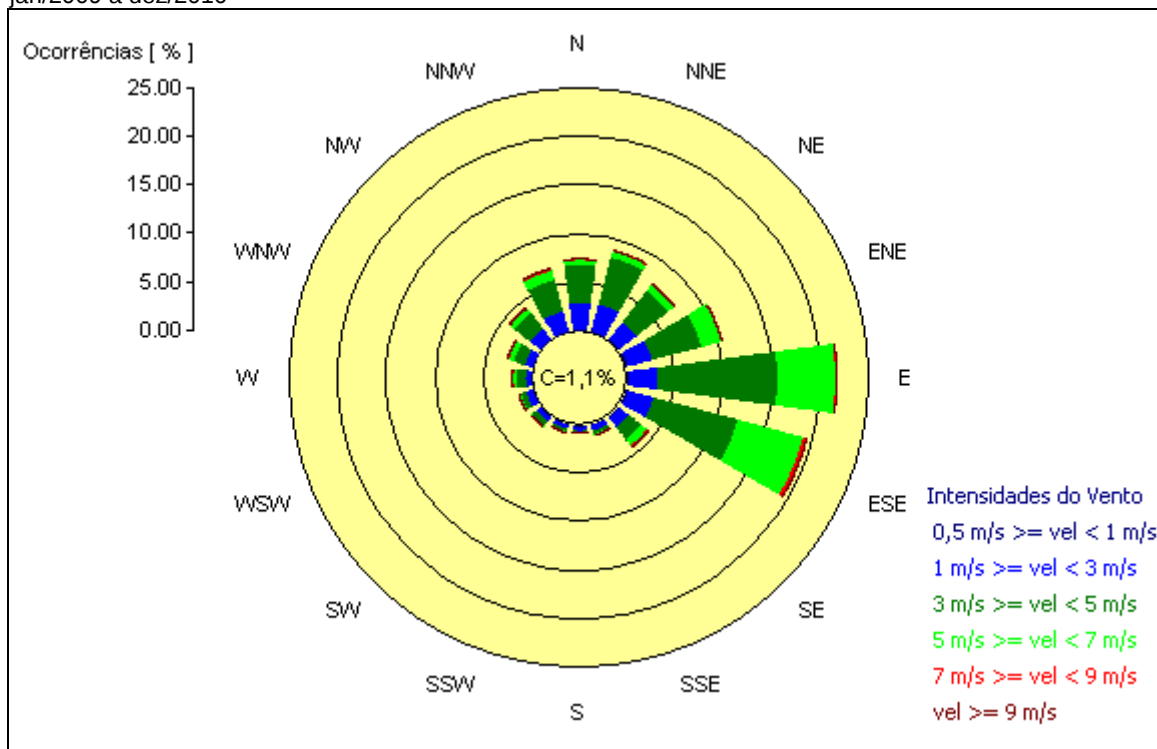
Para exemplificar os campos meteorológicos obtidos com a simulação meteorológica de mesoescala, na Figura 4.2.1 são apresentadas as representações gráficas dos campos de temperatura do ar (a 2 m do solo) e ventos (a 10 m do solo). As isolinhas representam o campo de temperatura e os vetores indicam a direção e velocidade do vento em cada uma das células consideradas na modelagem. O cenário exemplificado representa a condição meteorológica simulada para o dia 10/09/2010 20:30.

**Figura 4.2.1 – Exemplo de Campo de Vento Obtido com a Simulação de Mesoescala – 10/09/2010 20:30**



Para mostrar a aderência do modelo meteorológico à área de estudo considerada foi gerada a rosa dos ventos com dados simulados com o modelo WRF, conforme pode ser observado na Figura 4.2.2.

**Figura 4.2.2** – Rosa dos Ventos Obtida pela Modelagem Meteorológica WRF para São José da Lapa – jan/2009 a dez/2010



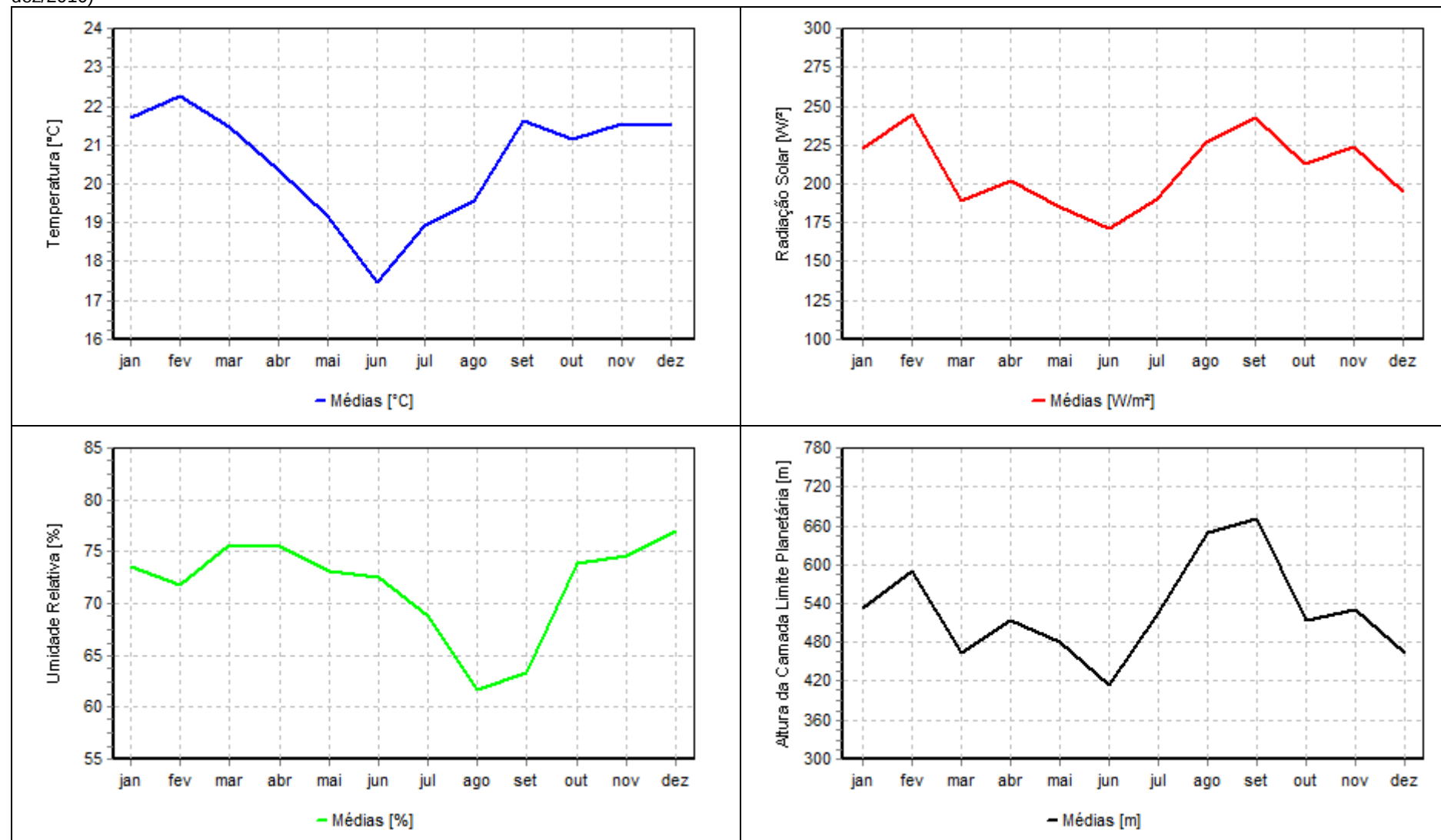
Da análise da rosa dos ventos simulada pelo WRF para a região de São José da Lapa, constata-se que durante os anos simulados (2009 e 2010), as direções predominantes do vento foram leste (E) e leste-sudeste (ESE).

A caracterização meteorológica de mesoescala, elaborada com detalhes utilizando o modelo WRF para a área de estudo, é composta de volumosas matrizes numéricas cuja reprodução é praticamente inviável num relatório impresso. Dessa forma, assim como realizado para o vento, outras variáveis meteorológicas utilizadas no modelo de dispersão atmosférica serão a seguir apresentadas na forma de um extrato, resumindo o seu comportamento típico na região de São José da Lapa para os anos de 2009 e 2010.

A Figura 4.2.3 apresenta os comportamentos médios mensais da temperatura do ar, altura da camada limite convectiva, radiação solar e a umidade na região estudada.

Apesar de todo o imenso conjunto de informações meteorológicas geradas no presente trabalho não ser explicitamente apresentado neste relatório pelos motivos já citados, tais informações foram extraídas dos arquivos de resultados do WRF e devidamente inseridos como entrada do modelo AERMOD, conforme recomendações da EPA, possibilitando a realização do estudo de qualidade do ar, objeto da próxima seção.

**Figura 4.2.3** – Comportamento Típico Mensal da Temperatura, Radiação Solar, Umidade e Altura da Camada Limite Convectiva - WRF (Médias Mensais de jan/2009 a dez/2010)



### 4.3 PONTOS RECEPTORES DISCRETOS

Com o objetivo de exemplificar e estabelecer referências quanto à localização e magnitude da alteração da qualidade do ar, proporcionada pelas emissões consideradas nos cenários I e II, foram escolhidos pontos discretos localizados nos domínios da área de estudo para que os resultados de concentrações pudessem ser analisados em locais coincidentes com comunidades (bairros, vilas, povoados, etc.) existentes na área de estudo.

A Tabela 4.3.1 apresenta os pontos discretos selecionados com a respectiva localização geográfica dos mesmos.

A Figura 4.3.1 apresenta a localização dos pontos discretos escolhidos, no contexto da área de estudo. Ao longo deste estudo, os cenários de qualidade do ar apresentam a referência de posicionamento destes pontos discretos analisados.

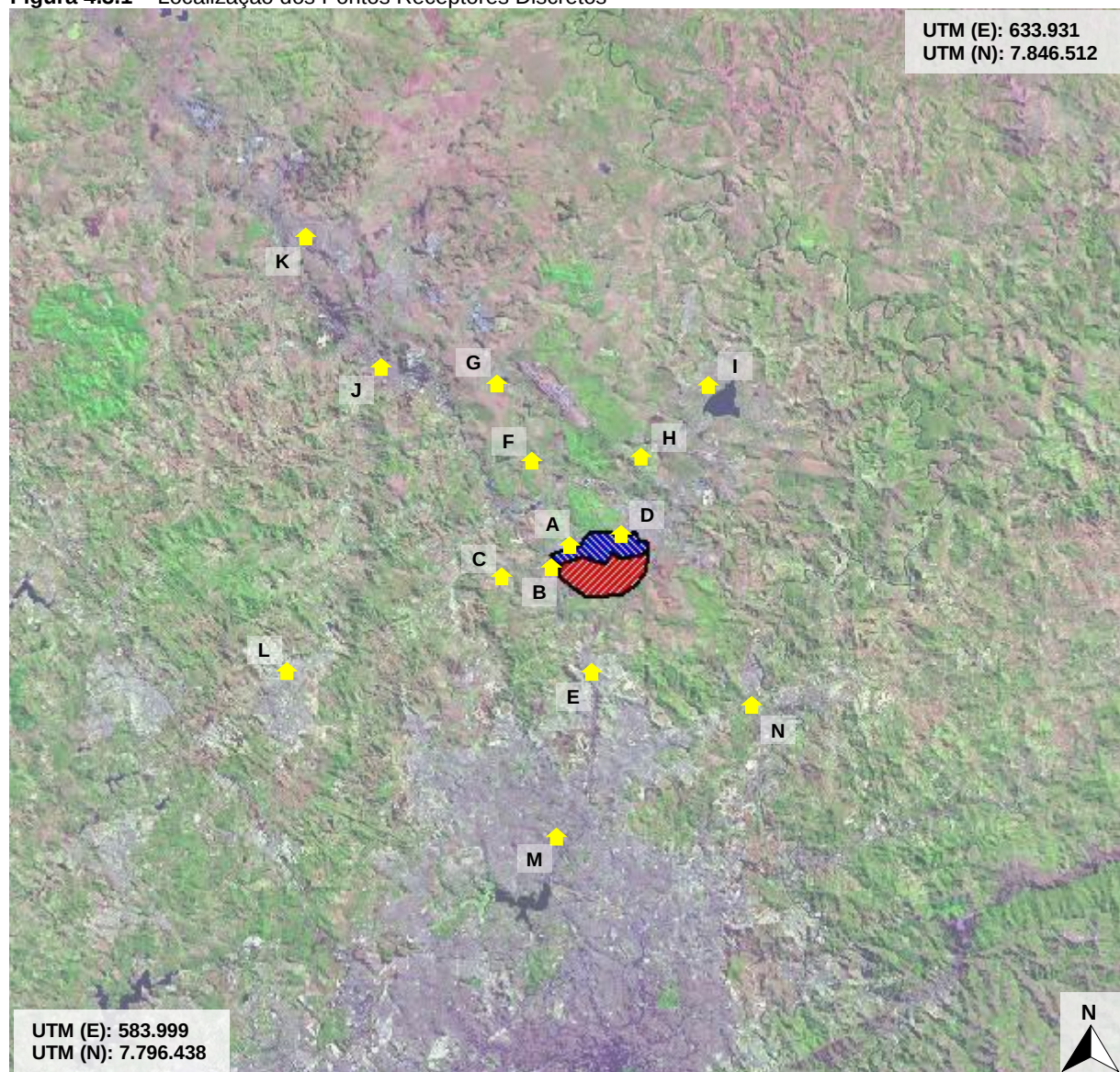
**Tabela 4.3.1** – Nomenclatura e Localização Geográfica dos Pontos Receptores Discretos

| Pontos Discretos |                      | Coordenadas <sup>a</sup> |           |
|------------------|----------------------|--------------------------|-----------|
|                  |                      | X [m]                    | Y [m]     |
| A                | São José da Lapa I   | 608.975                  | 7.821.320 |
| B                | São José da Lapa II  | 608.265                  | 7.820.396 |
| C                | São José da Lapa III | 606.069                  | 7.819.969 |
| D                | Vespasiano I         | 611.367                  | 7.821.961 |
| E                | Vespasiano II        | 609.987                  | 7.815.482 |
| F                | Confins I            | 607.427                  | 7.825.393 |
| G                | Confins II           | 605.876                  | 7.829.114 |
| H                | Lagoa Santa I        | 612.281                  | 7.825.639 |
| I                | Lagoa Santa II       | 615.345                  | 7.828.986 |
| J                | Pedro Leopoldo       | 600.691                  | 7.829.887 |
| K                | Matozinhos           | 597.377                  | 7.836.074 |
| L                | Ribeirão das Neves   | 596.468                  | 7.815.622 |
| M                | Belo Horizonte       | 608.346                  | 7.807.707 |
| N                | Santa Luzia          | 617.167                  | 7.813.862 |

Notas:

a. Coordenadas no sistema UTM: Datum WGS84 / Zona 23K.

**Figura 4.3.1 – Localização dos Pontos Receptores Discretos**



Legenda:

-  Área da Ical
-  Área da Belocal

Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 5 10  
km

- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

#### 4.4 RESULTADOS DA MODELAGEM ATMOSFÉRICA

Nesta seção é apresentada a quantificação da influência na qualidade do ar das emissões de poluentes atmosféricos das fontes significativas conforme apresentado no Capítulo 3. Esta quantificação foi realizada por modelagem matemática com o modelo AERMOD, utilizando os dados meteorológicos obtidos através do modelo meteorológico AERMET, tendo ainda como base a caracterização do terreno da área de estudo.

Os cenários de qualidade do ar foram gerados com aplicação do modelo AERMOD, foram elaborados mais de 17.000 cenários de concentrações médias horárias (jan/09 a dez/10) para cada um dos poluentes considerados (PTS e  $MP_{10}$  e  $MP_{2.5}$ ). Os tempos das médias utilizadas para cada poluente correspondem aos estabelecidos pelos respectivos padrões de qualidade do ar normatizados pela Resolução CONAMA 03/1990. Desta forma foram analisadas as médias de 24 horas.

Destaca-se que as partículas inaláveis menores que  $2,5 \mu m$  não possuem valor de padrão de qualidade do ar vigente em Minas Gerais.

Os principais resultados apresentados foram extraídos do universo de cenários modelados sendo então apresentados na forma visual e por meio de tabelas.

- Apresentação Visual: apresentação das plumas de poluentes sobre imagem de satélite da área de estudo.

Diante dos milhares de cenários de qualidade do ar gerados para os diversos poluentes estudados, foram selecionados os de maior representatividade para serem exibidos no presente estudo, conforme segue:

- Cenários de máximo acréscimo de curto período: que apresentam simultaneamente a máxima concentração de curto período (24 horas) que ocorre em cada célula da malha computacional, independente do momento de sua ocorrência. As máximas concentrações em cada receptor não necessariamente ocorrem simultaneamente (na mesma data e hora). Sendo assim, esse cenário não representa uma condição fisicamente possível da atmosfera da área de estudo, pois este é obtido através do agrupamento estatístico dos milhares de casos gerados pela modelagem. Contudo, sua interpretação é muito útil para uma análise global de possibilidades de alterações máximas de curto período, ou eventos agudos de qualidade do ar;
  - Cenário de médias de longo período: que apresentam o cenário de concentrações médias de todo o período modelado. Esse cenário representa a referência temporal de longo prazo (anual) e possibilita a verificação das áreas mais frequentemente afetadas pelas emissões consideradas.
- Apresentação em Tabelas: seleção e tabulação dos principais resultados da modelagem, incluindo a apresentação das máximas concentrações de curto período e médias de longo período identificadas em pontos receptores discretos distribuídos na área de estudo.

A seguir, as seções 4.4.1 a 4.4.3 apresentam os resultados da modelagem matemática realizada para cada um dos poluentes atmosféricos considerados.

#### 4.4.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

A Tabela 4.4.1.1 apresenta os máximos acréscimos médios de 24 horas e os acréscimos médios do período calculados pelo modelo AERMOD em cada um dos 14 pontos discretos selecionados, além da informação das concentrações máximas verificadas na área de estudo.

As Figuras 4.4.1.1 e 4.4.1.2 apresentam, respectivamente, os cenários dos máximos acréscimos de 24 horas e dos acréscimos médios do período modelado nas concentrações de PTS. De forma complementar e para permitir melhor visualização dos resultados da modelagem, os cenários de qualidade do ar com os máximos acréscimos de 24 horas e médios do período são apresentados em maior proximidade nas Figuras 4.4.1.3 e 4.4.1.4.

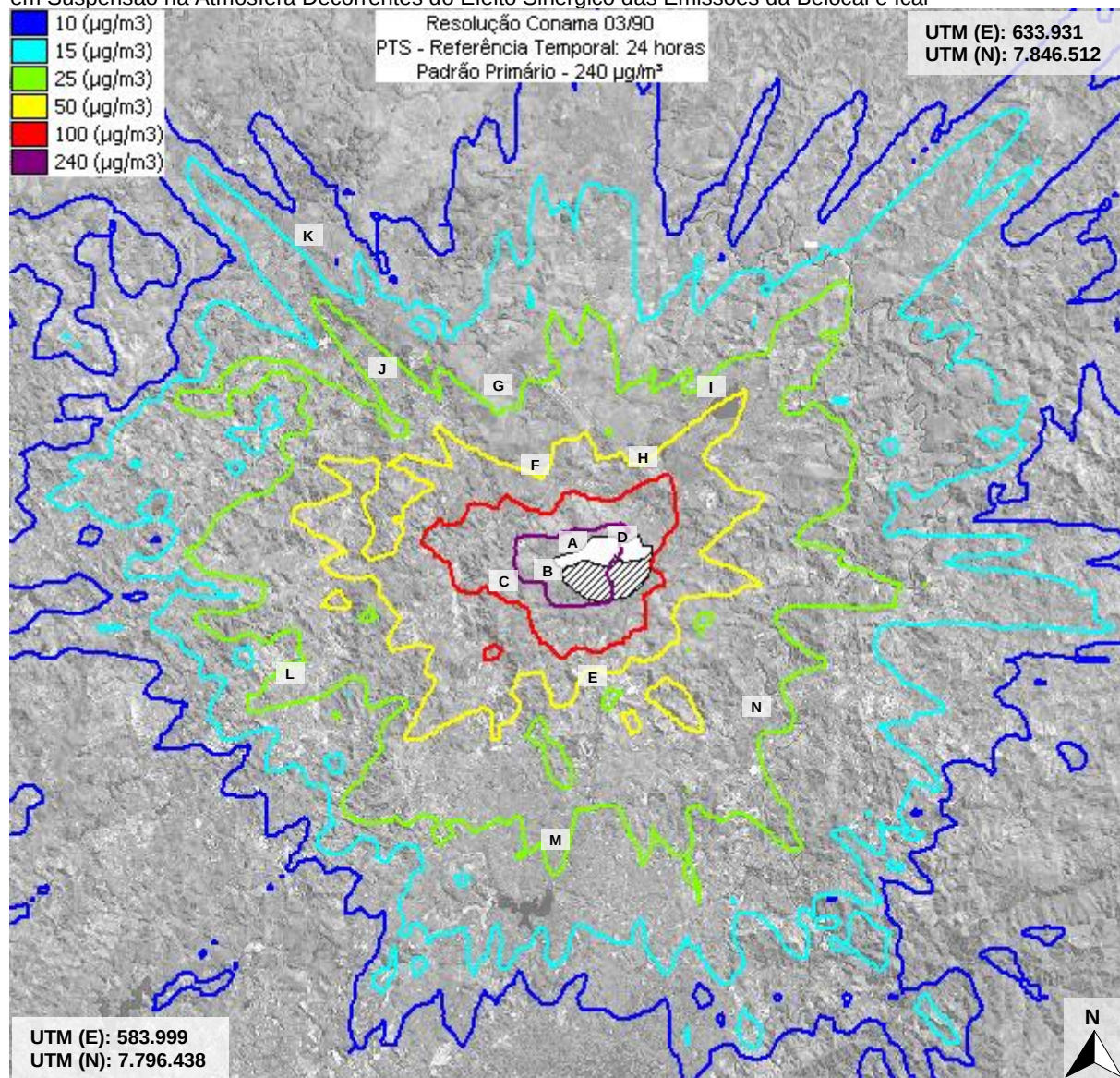
**Tabela 4.4.1.1** - Acréscimos de Concentrações de PTS Calculados pelo Modelo AERMOD Considerando o Efeito Sinérgico das Emissões Atmosféricas da Ical e da Belocal

| Referência                                    |                      | Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |                    |
|-----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|--------------------|
|                                               |                      | Máxima de 24 horas                        | Média Anual        |
| Padrão de Qualidade do Ar (CONAMA 03/1990)    |                      | 240                                       | 80 <sup>a</sup>    |
| Máxima Concentração Externa a Área Industrial |                      | 495,8 <sup>b</sup>                        | 119,6 <sup>b</sup> |
| A                                             | São José da Lapa I   | 312,6                                     | 18,2               |
| B                                             | São José da Lapa II  | 402,7                                     | 117,2              |
| C                                             | São José da Lapa III | 179,4                                     | 34,2               |
| D                                             | Vespasiano I         | 246,8                                     | 5,4                |
| E                                             | Vespasiano II        | 41,2                                      | 3,3                |
| F                                             | Confins I            | 39,1                                      | 1,6                |
| G                                             | Confins II           | 19,7                                      | 0,5                |
| H                                             | Lagoa Santa I        | 45,3                                      | 1,6                |
| I                                             | Lagoa Santa II       | 29,5                                      | 0,9                |
| J                                             | Pedro Leopoldo       | 33,6                                      | 0,9                |
| K                                             | Matozinhos           | 11,0                                      | 0,4                |
| L                                             | Ribeirão das Neves   | 24,3                                      | 2,5                |
| M                                             | Belo Horizonte       | 30,5                                      | 1,3                |
| N                                             | Santa Luzia          | 32,6                                      | 1,2                |

Nota:

- Média geométrica;
- Identificada no bairro Jardim Encantado em São José da Lapa.

**Figura 4.4.1.1** – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical



Legenda:

-  Área da Ical
-  Área da Belocal

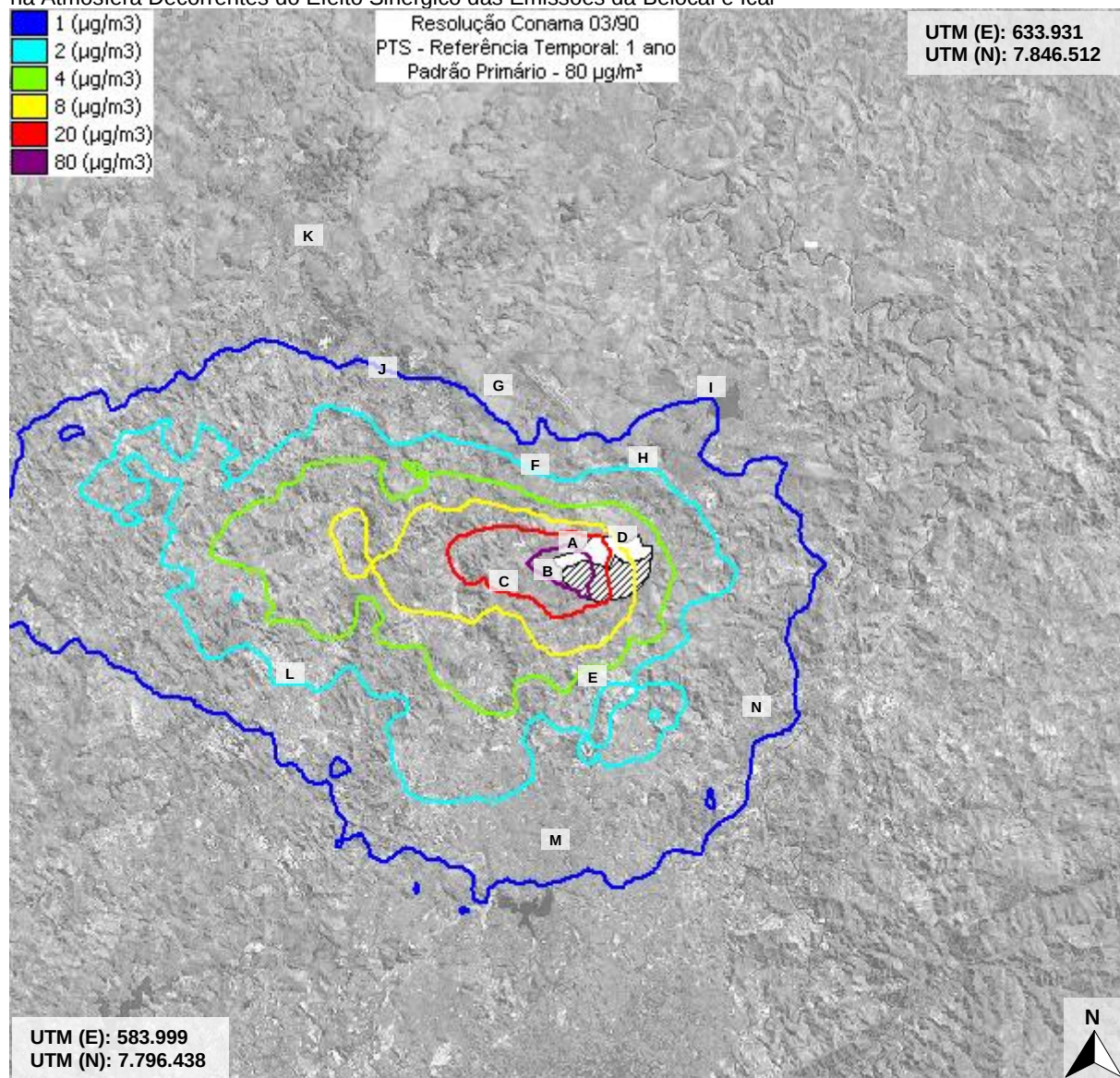
Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 5 10 km

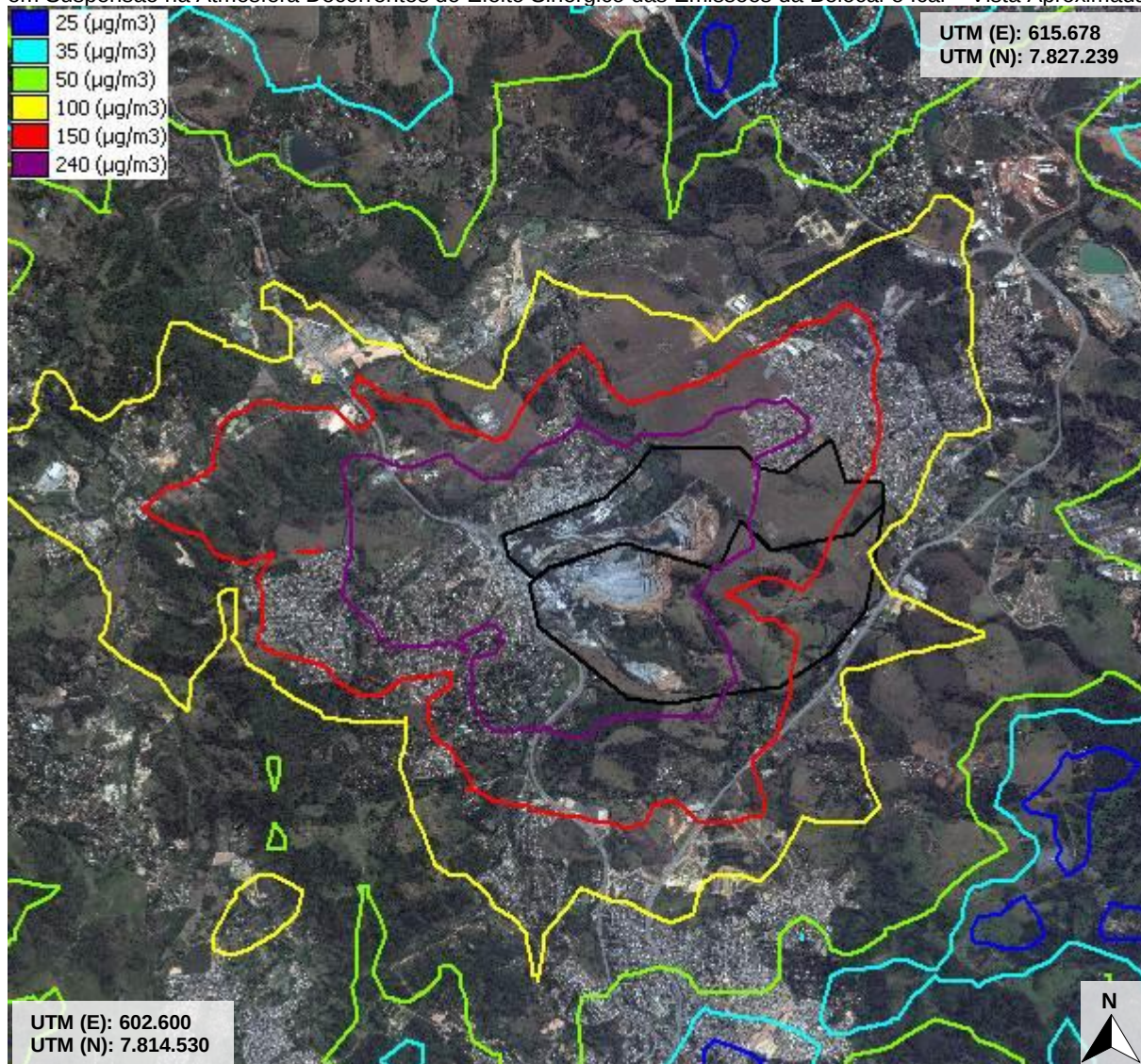
- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

**Figura 4.4.1.2** – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical



|   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

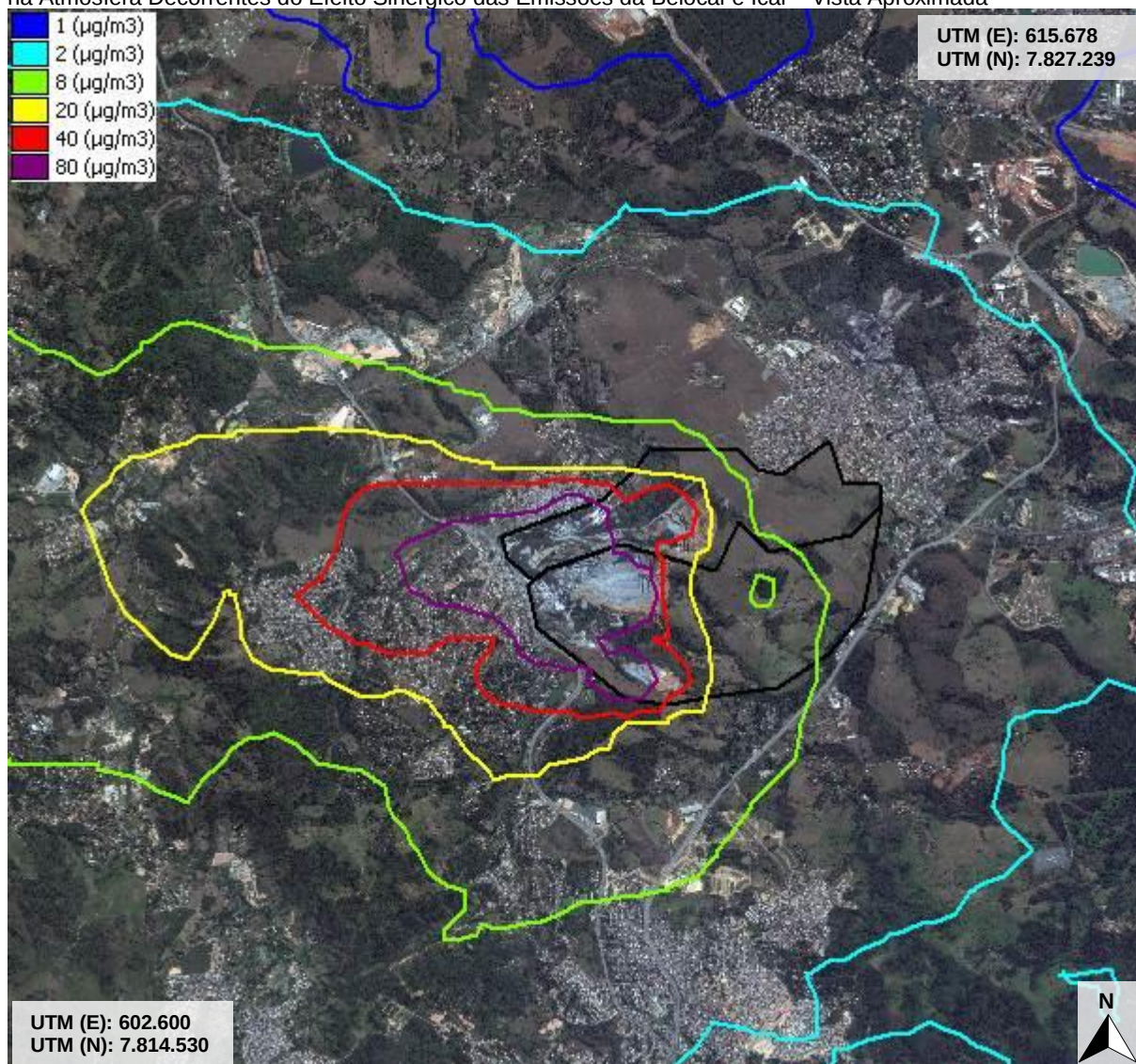
**Figura 4.4.1.3** – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada



Legenda:  
— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

**Figura 4.4.1.4** – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada



Legenda:  
— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

0 1.25 2.50  
km

Conforme apresentado nas tabelas de resultados e cenários de qualidade do ar, os efeitos sinérgicos das emissões atmosféricas da Belocal e Ical nos pontos receptores discretos, analisados em termos dos acréscimos de Partículas Totais em Suspensão (PTS) na atmosfera, apresentam as seguintes características:

□ Receptores mais Suscetíveis à Alteração da Qualidade do Ar:

- Máximas de Curto Período (24 horas): os pontos receptores localizados em São José da Lapa apresentaram os maiores acréscimos de concentrações de curto período (24 h) de PTS. Destaca-se também o ponto Vespasiano I como local potencialmente sujeito a significativas alterações da qualidade do ar devido aos efeitos sinérgicos das emissões provenientes da Belocal e Ical.

O ponto São José da Lapa II, a sotavento das principais fontes emissoras de partículas existentes na Belocal e Ical, apresentou as maiores concentrações máximas de curto período (24 h), inclusive com níveis de magnitude superior ao padrão de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/1990, indicando possibilidade de ultrapassagem do referido limite.

Em outro ponto – São José da Lapa II – a oeste da Ical, também apresentou acréscimos de concentração de PTS elevados, com níveis de magnitude superior ao padrão de qualidade do ar.

No município de Vespasiano (ponto Vespasiano I), nota-se um significativo potencial de alteração na qualidade do ar devido ao efeito sinérgico das emissões da Belocal e Ical, mesmo não estando localizado a sotavento das principais fontes emissoras dessas empresas.

- Médias de Longo Período: dentre os pontos receptores analisados, somente São José da Lapa II apresentou concentração elevada para médias de longo período.

A concentração de PTS calculada pelo modelo AERMOD apresentou magnitude superior ao padrão de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/1990, indicando potencialidade de ultrapassagem do limite estabelecido.

A localização do ponto São José da Lapa II próxima dos empreendimentos em análise e a grande predominância de ventos de direções leste e leste-sudeste, explicam a alta susceptibilidade a concentrações elevadas de longo período.

#### 4.4.2 Partículas Inaláveis Menores que 10 µm (MP<sub>10</sub>)

A Tabela 4.4.2.1 apresenta os máximos acréscimos médios de 24 horas e os acréscimos médios do período calculados pelo modelo AERMOD em cada um dos 14 pontos discretos selecionados, além da informação das concentrações máximas verificadas na área de estudo.

**Tabela 4.4.2.1** - Acréscimos de Concentrações de MP<sub>10</sub> Calculados pelo Modelo AERMOD Considerando o Efeito Sinérgico das Emissões Atmosféricas da Ical e da Belocal

| Referência                                    |                      | Concentração (µg/m³) |                   |
|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
|                                               |                      | Máxima de 24 horas   | Média Anual       |
| Padrão de Qualidade do Ar (CONAMA 03/1990)    |                      | 150                  | 50                |
| Máxima Concentração Externa a Área Industrial |                      | 227,7 <sup>a</sup>   | 58,9 <sup>a</sup> |
| A                                             | São José da Lapa I   | 157,7                | 8,4               |
| B                                             | São José da Lapa II  | 192,4                | 54,2              |
| C                                             | São José da Lapa III | 78,5                 | 14,9              |
| D                                             | Vespasiano I         | 91,5                 | 2,4               |
| E                                             | Vespasiano II        | 18,9                 | 1,5               |
| F                                             | Confins I            | 18,0                 | 0,8               |
| G                                             | Confins II           | 8,6                  | 0,3               |
| H                                             | Lagoa Santa I        | 20,5                 | 0,8               |
| I                                             | Lagoa Santa II       | 13,6                 | 0,4               |
| J                                             | Pedro Leopoldo       | 14,9                 | 0,4               |
| K                                             | Matozinhos           | 4,8                  | 0,2               |
| L                                             | Ribeirão das Neves   | 12,4                 | 1,1               |
| M                                             | Belo Horizonte       | 14,5                 | 0,6               |
| N                                             | Santa Luzia          | 13,1                 | 0,6               |

Nota:

a. Identificada no bairro Jardim Encantado em São José da Lapa.

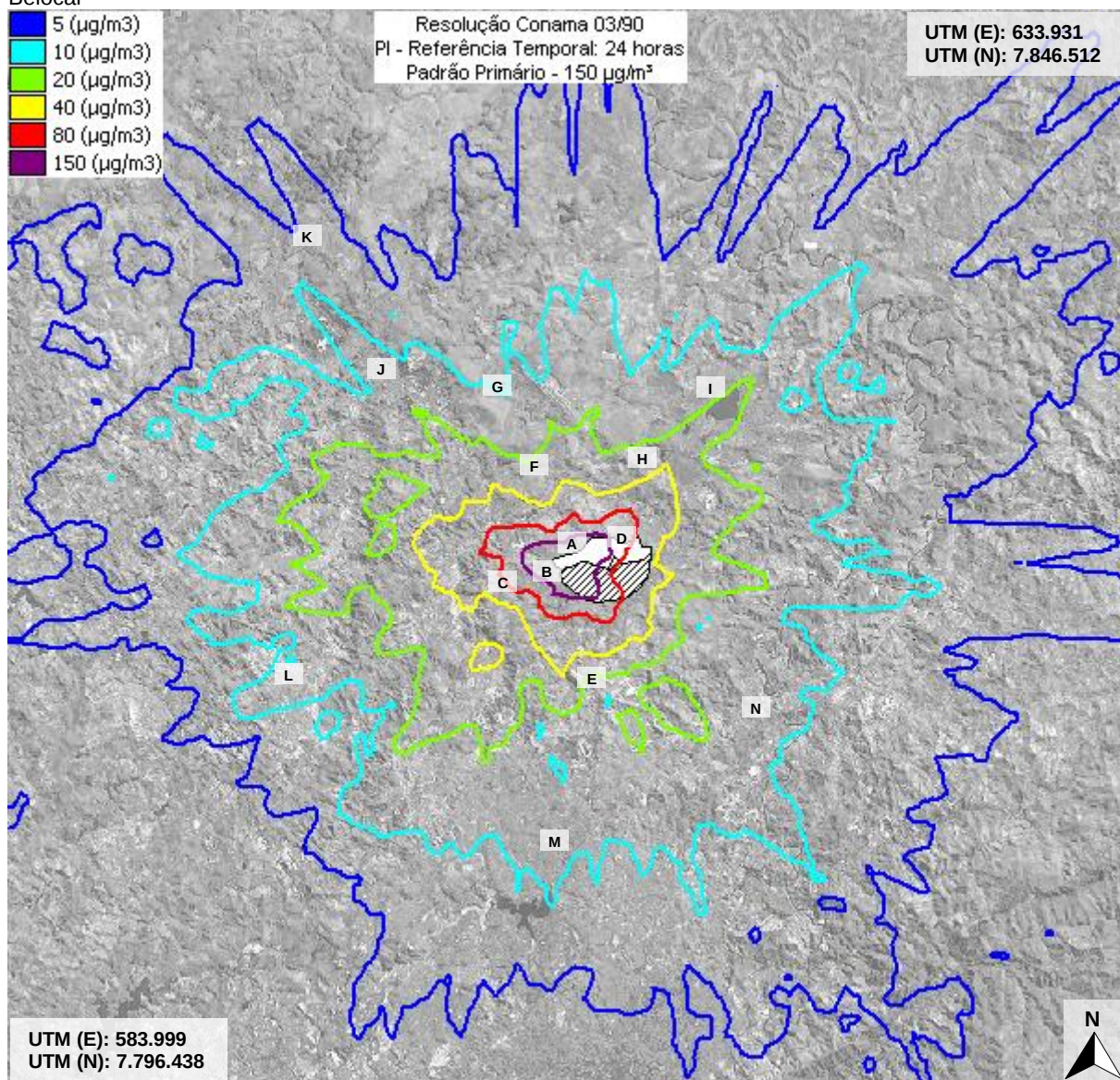
As Figuras 4.4.2.1 e 4.4.2.2 apresentam, respectivamente, os cenários dos máximos acréscimos médios de 24 horas e de média do período modelado nas concentrações de MP<sub>10</sub>.

Os resultados para partículas inaláveis seguem o mesmo padrão de comportamento identificado para as PTS, com a mesma identificação dos receptores mais suscetíveis às alterações da qualidade do ar proporcionados pelas empresas Belocal e Ical.

De maior relevância são os efeitos identificados na região de São José da Lapa, que segundo os resultados da modelagem apresentaram maior magnitude de concentrações MP<sub>2,5</sub>, de curto (24 h) e longo período (média anual).

De forma complementar e para permitir melhor visualização dos resultados da modelagem, os cenários de qualidade do ar com os máximos acréscimos de 24 horas e médios do período são apresentados em maior proximidade nas Figuras 4.4.2.3 e 4.4.2.4.

**Figura 4.4.2.1 – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 10 µm (MP<sub>10</sub>) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Ical e da Belocal**



Legenda:

- ▨ Área da Ical
- Área da Belocal

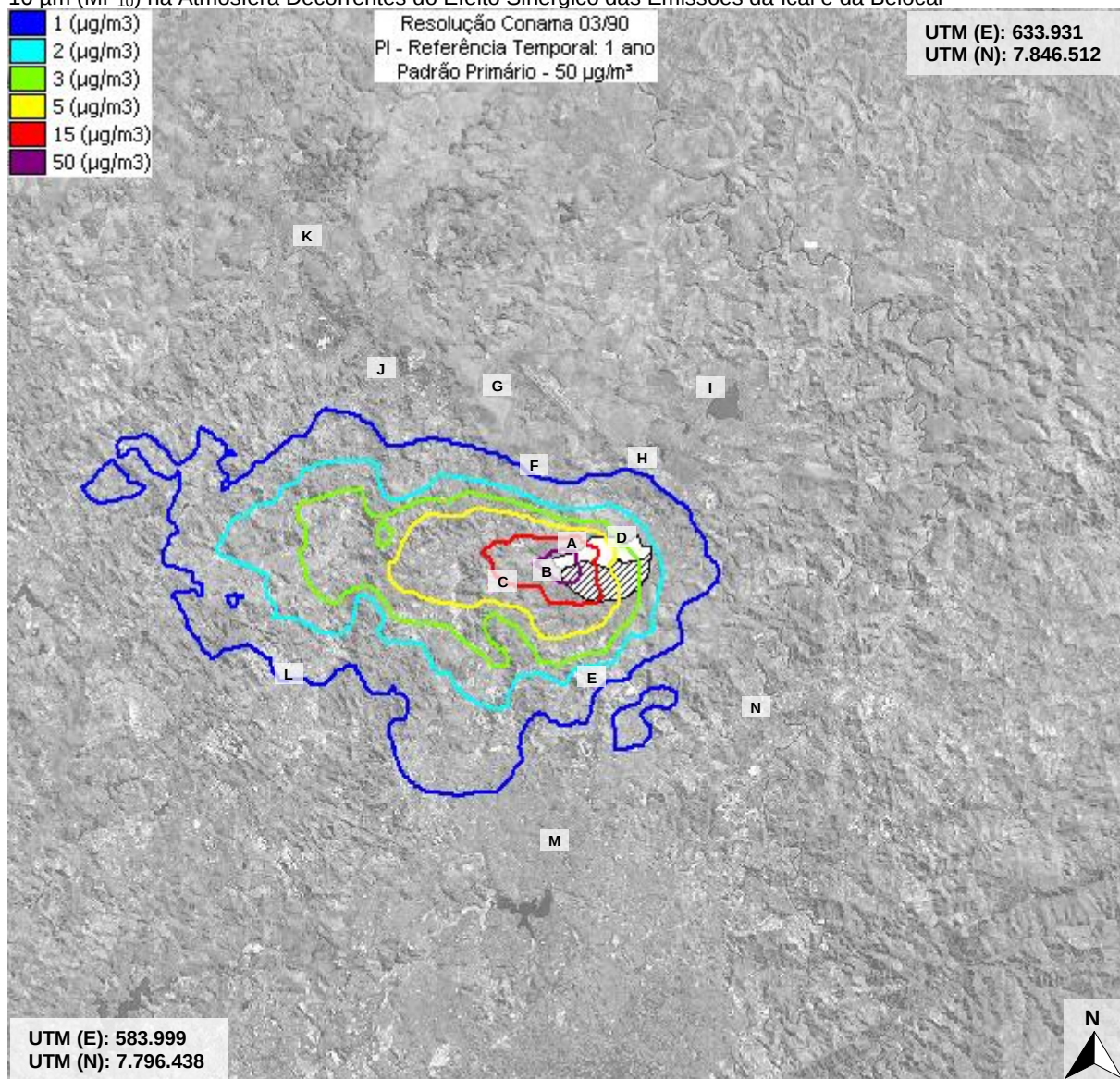
Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 5 10 km

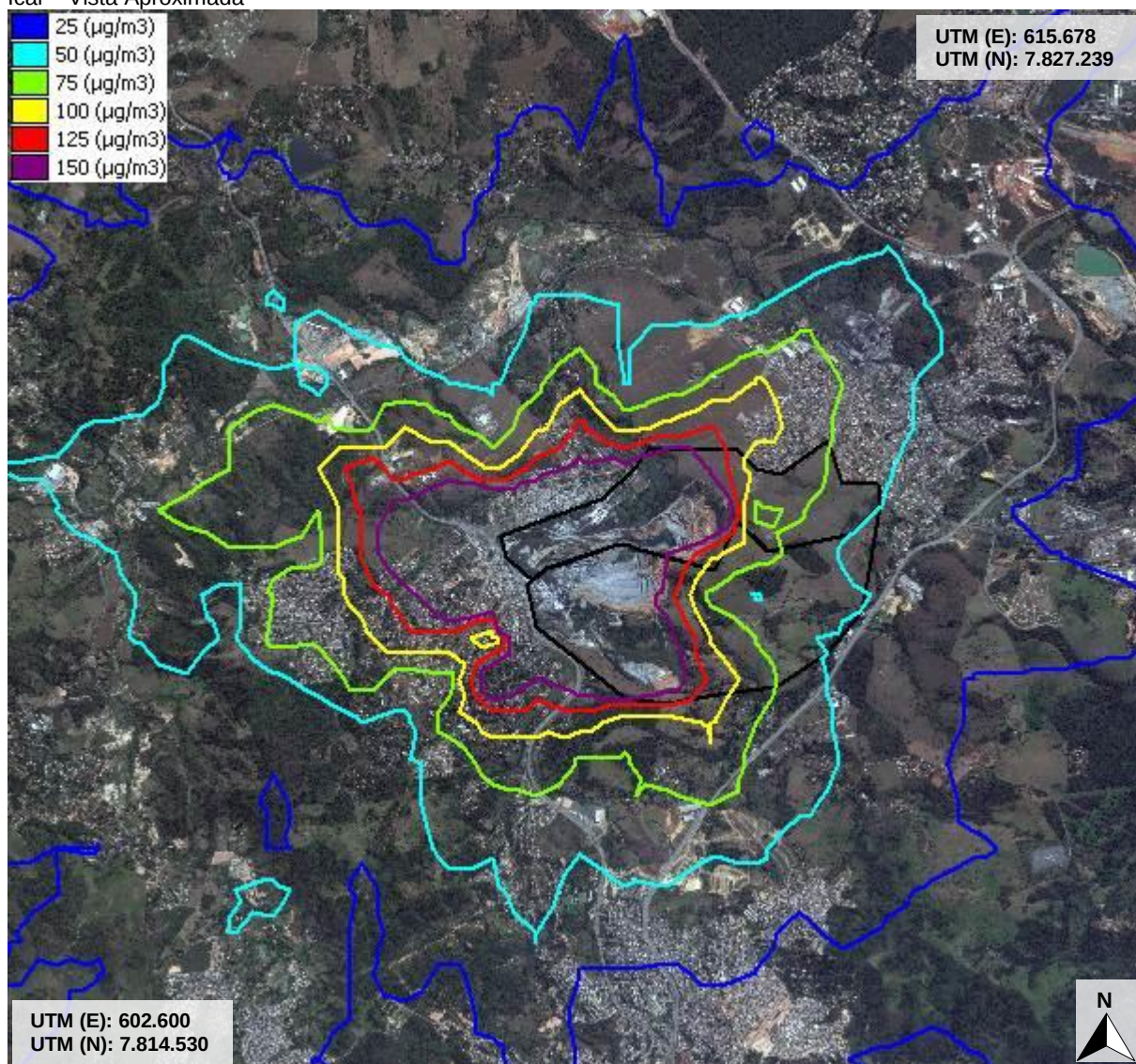
- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

**Figura 4.4.2.2 – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 10 µm (MP<sub>10</sub>) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Ical e da Belocal**



|   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

**Figura 4.4.2.3** – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada

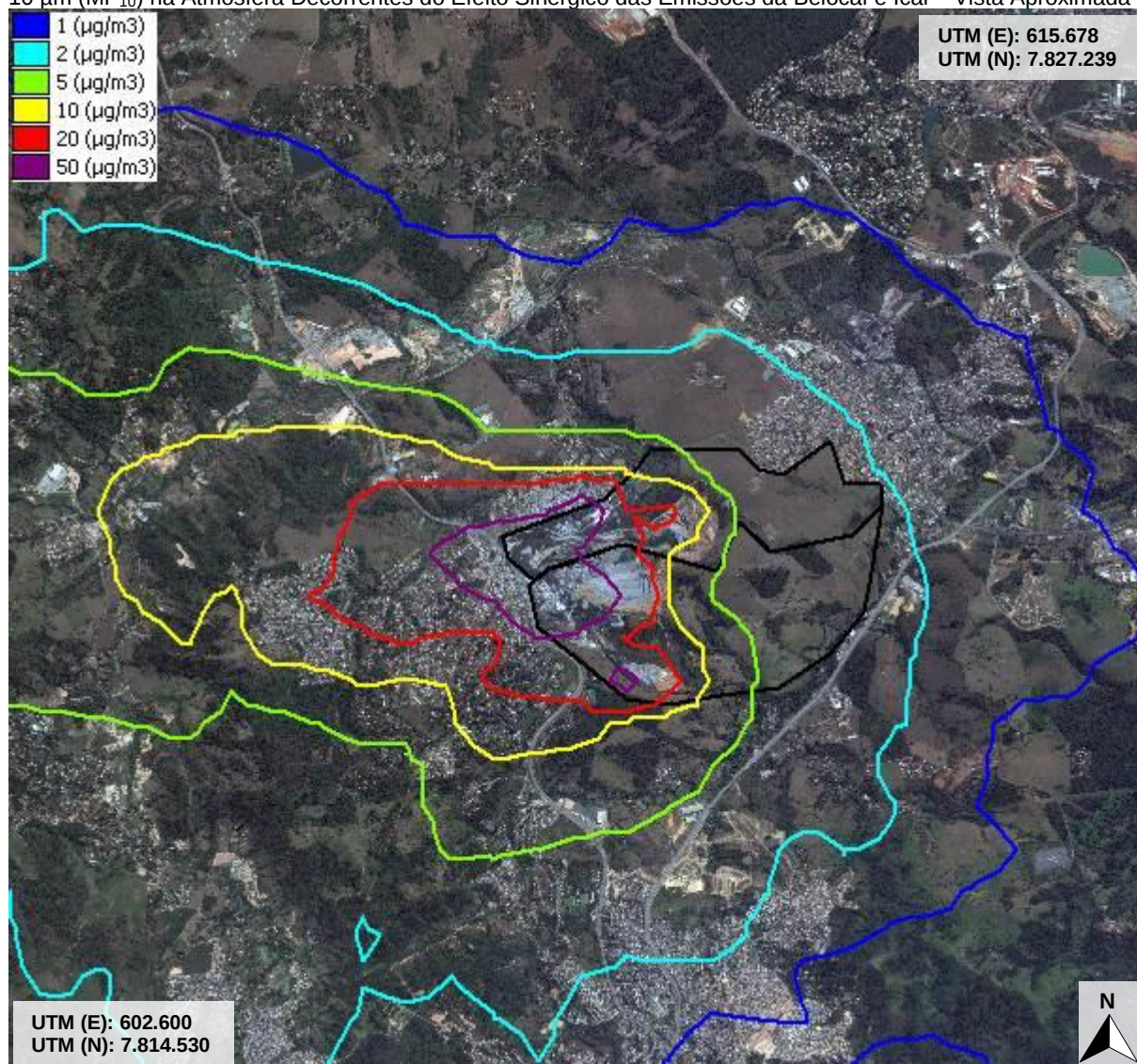


Legenda:  
— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

0 1.25 2.50  
km

**Figura 4.4.2.4** – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada



Legenda:  
— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

#### 4.4.3 Partículas Inaláveis Menores que 2,5 µm (MP<sub>2.5</sub>)

A Tabela 4.4.3.1 apresenta os máximos acréscimos médios de 24 horas e os acréscimos médios do período calculados pelo modelo AERMOD em cada um dos 14 pontos discretos selecionados, além da informação das concentrações máximas verificadas na área de estudo.

**Tabela 4.4.3.1** - Acréscimos de Concentrações de MP<sub>2.5</sub> Calculados pelo Modelo AERMOD Considerando o Efeito Sinérgico das Emissões Atmosféricas da Ical e da Belocal

| Referência                                    |                      | Concentração (µg/m³) |                    |
|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
|                                               |                      | Máxima de 24 horas   | Média Anual        |
| Máxima Concentração Externa a Área Industrial |                      | 47,26 <sup>a</sup>   | 13,26 <sup>a</sup> |
| A                                             | São José da Lapa I   | 49,10                | 14,11              |
| B                                             | São José da Lapa II  | 30,10                | 9,05               |
| C                                             | São José da Lapa III | 12,90                | 2,63               |
| D                                             | Vespasiano I         | 12,71                | 0,43               |
| E                                             | Vespasiano II        | 3,44                 | 0,29               |
| F                                             | Confinos I           | 3,32                 | 0,14               |
| G                                             | Confinos II          | 1,50                 | 0,05               |
| H                                             | Lagoa Santa I        | 3,63                 | 0,14               |
| I                                             | Lagoa Santa II       | 2,22                 | 0,08               |
| J                                             | Pedro Leopoldo       | 2,37                 | 0,08               |
| K                                             | Matozinhos           | 0,78                 | 0,04               |
| L                                             | Ribeirão das Neves   | 1,92                 | 0,22               |
| M                                             | Belo Horizonte       | 2,41                 | 0,11               |
| N                                             | Santa Luzia          | 2,00                 | 0,10               |

Nota:

a. Identificada na Vila Ical em São José da Lapa.

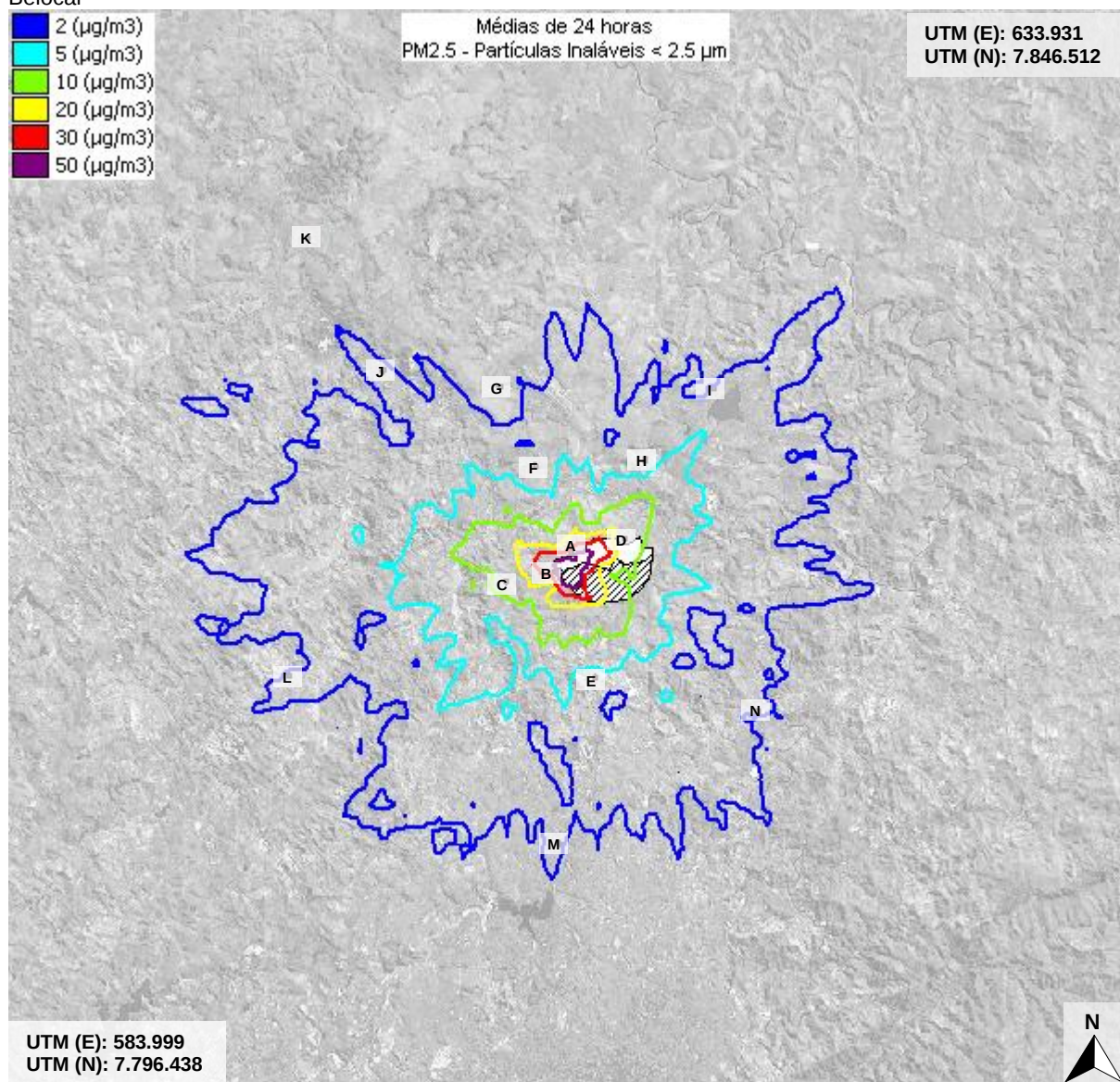
As Figuras 4.4.3.1 e 4.4.3.2 apresentam, respectivamente, os cenários dos máximos acréscimos médios de 24 horas e de média do período modelado nas concentrações de MP<sub>2.5</sub>.

Os resultados para partículas inaláveis menores que 2,5 µm (MP<sub>2.5</sub>) seguem o mesmo padrão de comportamento identificado para as demais partículas, com a mesma identificação dos receptores mais suscetíveis às alterações da qualidade do ar proporcionados pelas empresas Belocal e Ical.

De maior relevância são os efeitos identificados na região de São José da Lapa, que segundo os resultados da modelagem apresentaram magnitude de concentrações com potencialidade de ultrapassagem dos padrões primários de qualidade do ar, para MP<sub>10</sub>, de curto (24 h) e longo período (média anual).

De forma complementar e para permitir melhor visualização dos resultados da modelagem, os cenários de qualidade do ar com os máximos acréscimos de 24 horas e médios do período são apresentados em maior proximidade nas Figuras 4.4.3.3 e 4.4.3.4.

**Figura 4.4.3.1 – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 2,5 µm (MP<sub>2.5</sub>) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Ical e da Belocal**



Legenda:

- Área da Ical
- Área da Belocal

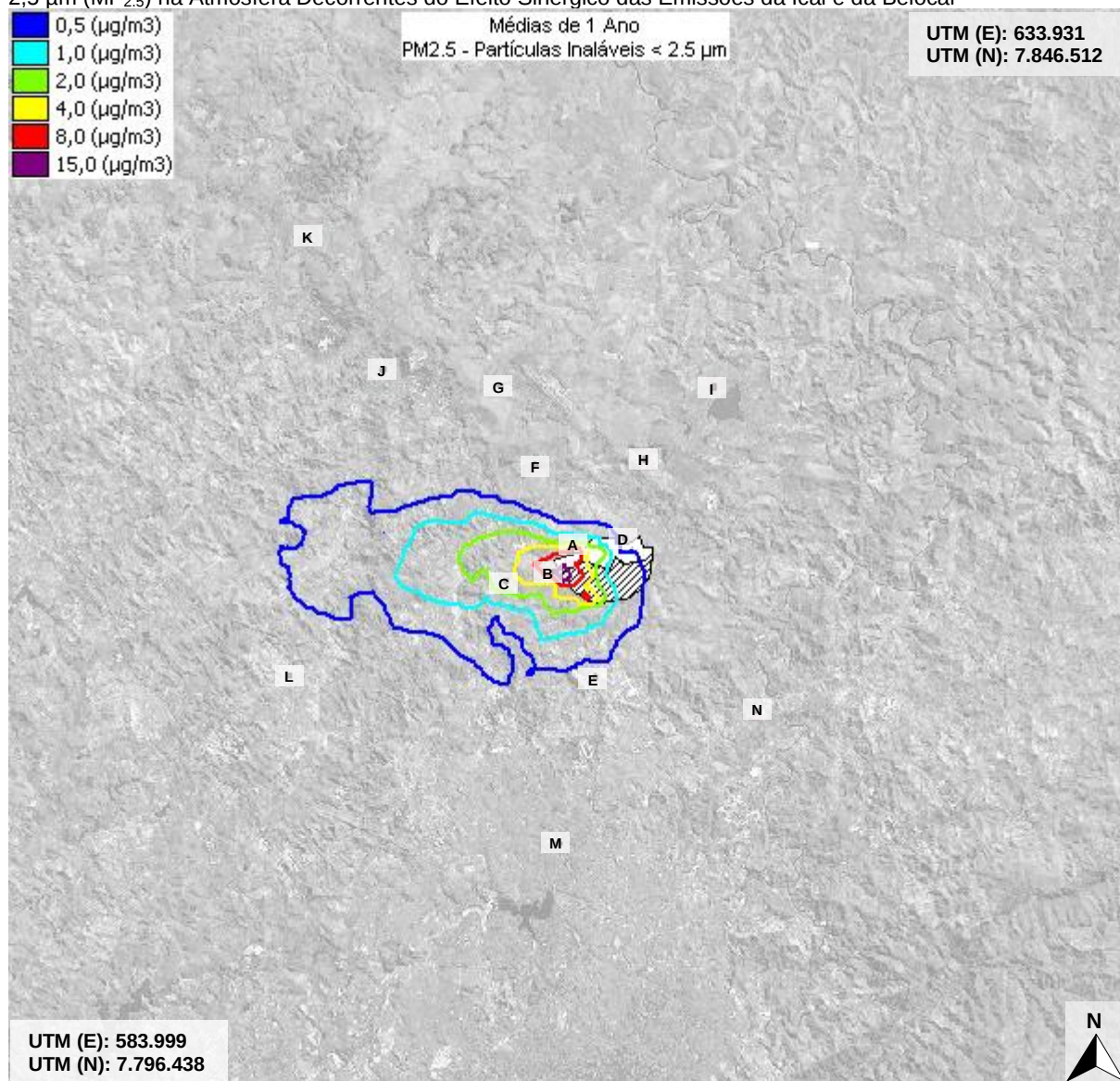
Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 5 10 km

- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

**Figura 4.4.3.2 – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 2,5 µm (MP<sub>2.5</sub>) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Ical e da Belocal**



Legenda:

-  Área da Ical
-  Área da Belocal

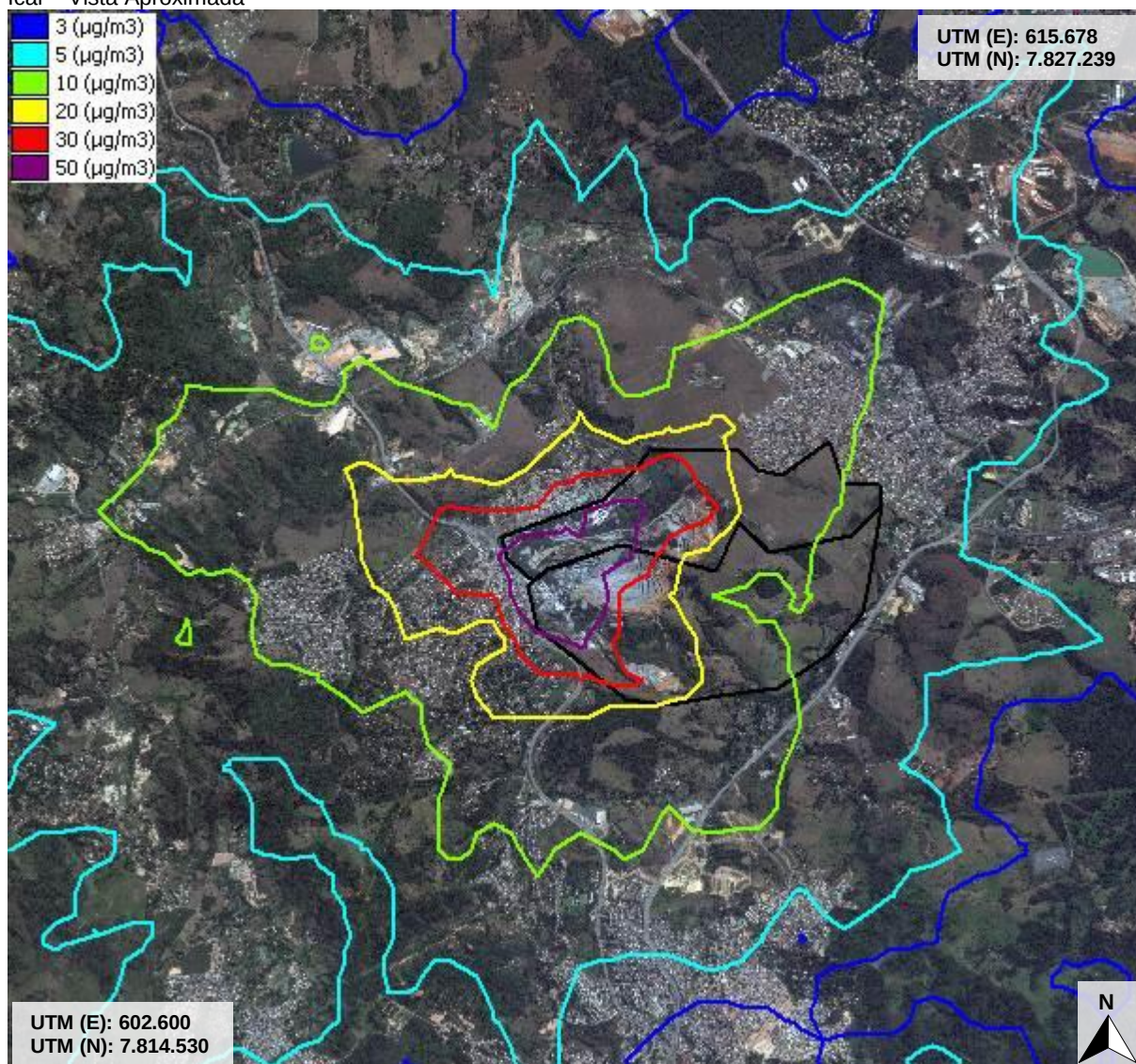
Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 5 10 km

- |   |                      |   |                    |
|---|----------------------|---|--------------------|
| A | São José da Lapa I   | H | Lagoa Santa I      |
| B | São José da Lapa II  | I | Lagoa Santa II     |
| C | São José da Lapa III | J | Pedro Leopoldo     |
| D | Vespasiano I         | K | Matozinhos         |
| E | Vespasiano II        | L | Ribeirão das Neves |
| F | Confins I            | M | Belo Horizonte     |
| G | Confins II           | N | Santa Luzia        |

**Figura 4.4.3.3** – Cenário de Máximos Acréscimos Médios de 24 horas nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 2,5 µm (MP<sub>2.5</sub>) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada

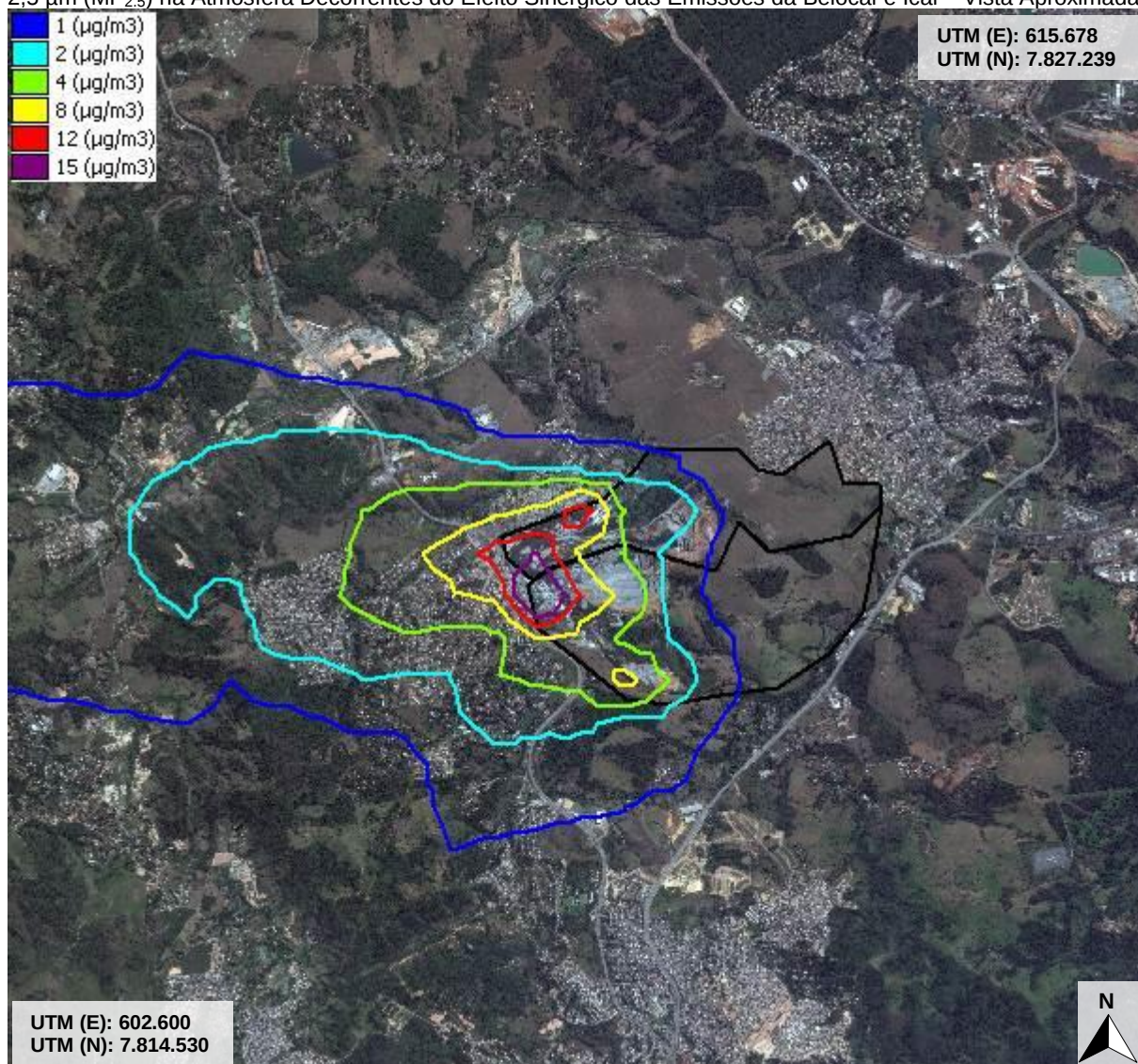


Legenda:  
— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

0 1.25 2.50  
km

**Figura 4.4.3.4** – Cenário de Acréscimos Médios Anuais nas Concentrações de Partículas Inaláveis Menores que 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2.5}$ ) na Atmosfera Decorrentes do Efeito Sinérgico das Emissões da Belocal e Ical – Vista Aproximada



Legenda:

— Áreas da Belocal e Ical

Zona: 23K

Datum: WGS 84

0 1.25 2.50 km

## 5. REVISÃO DA ADEQUABILIDADE DA REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA DE SÃO JOSÉ DA LAPA

### 5.1 SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MONITORAMENTO

Atualmente, a rede de monitoramento em São José da Lapa é composta por quatro estações de monitoramento de qualidade do ar e uma de qualidade do ar e meteorologia. As estações EMMA 01 e EMMA 02 pertencem a Ical, enquanto que as demais são de propriedade da Belocal. A Figura 5.1.1 apresenta a atual configuração espacial dessa rede de monitoramento e os parâmetros monitorados em cada estação

**Figura 5.1.1** – Atual Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa



Legenda:

— Área da Belocal

— Área da Ical

PTS – Partículas Totais em Suspensão

MP<sub>10</sub> – Partículas Inaláveis < 10 µm

PP – Precipitação Pluviométrica

■ – Estações de Monitoramento

RS – Radiação Solar

DV – Direção do Vento

VV – Velocidade do Vento

TA – Temperatura do Ar

0 1 2 km

Zona: 23K  
Datum: WGS 84

UR – Umidade Relativa do Ar

Na Figura 5.1.2 é apresentado os locais de medições, bem como o posicionamento dos analisadores de partículas em cada estação de monitoramento da rede.

**Figura 5.1.2 - Vista das Estações de Monitoramento de São José da Lapa**



Estação EMMA 02



Estação EMMA 01



Estação Destacamento da Polícia Militar



Estação Delegacia da Polícia Civil



Estação Antiga Prefeitura

Dentre as estações que compõem a atual rede, somente a estação Delegacia da Polícia Civil realiza o monitoramento automático da qualidade do ar e meteorologia, disponibilizando medições horárias em tempo real. Todas as outras estações utilizam amostradores de monitoramento manual que fornecem dados de concentrações médias diárias com frequência de monitoramento de 6 em 6 dias.

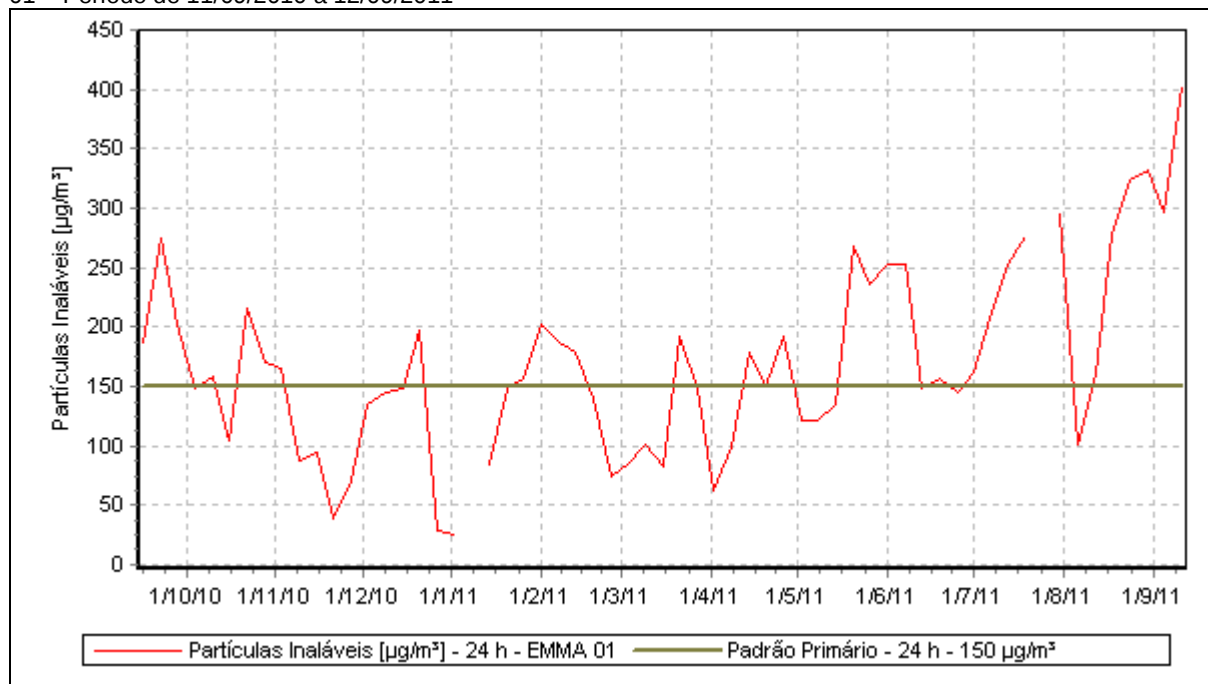
Um breve diagnóstico da qualidade do ar foi realizado considerando o parâmetro monitorado em cada estação, conforme apresentado pela Tabela 5.1.1.

**Tabela 5.1.1** – Período e Poluentes Analisados no Diagnóstico da Qualidade do Ar

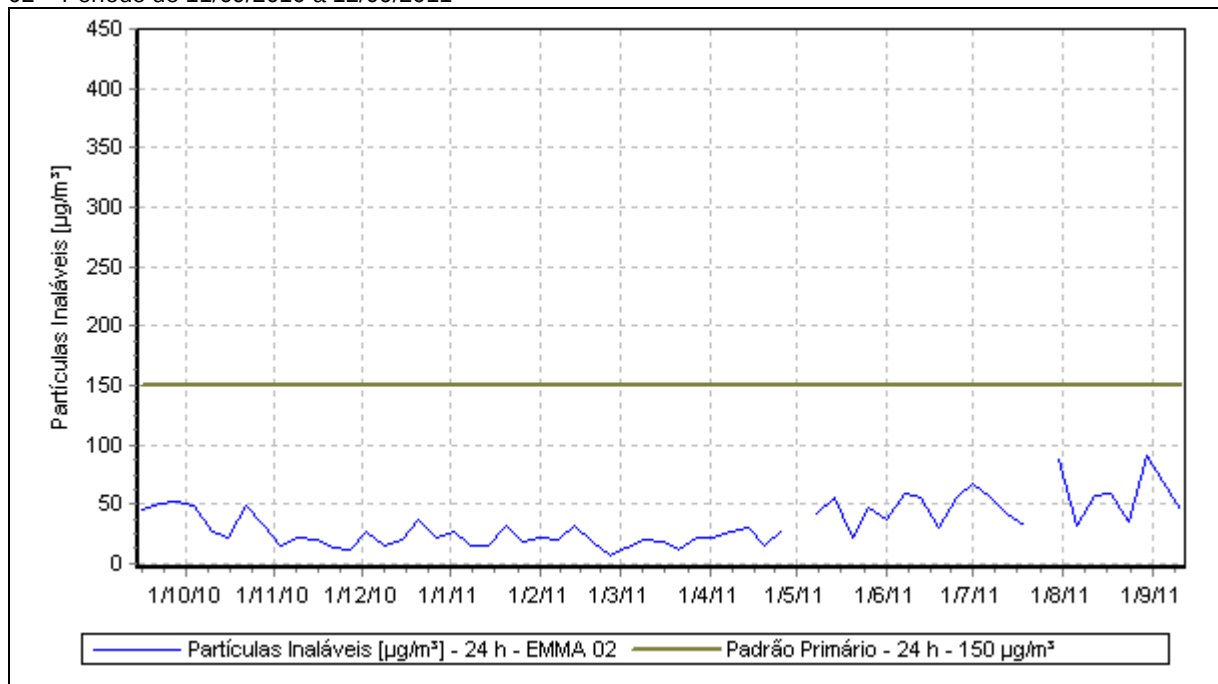
| Estação                         | [X]<br>UTM | [Y]<br>UTM | Período Analisado       | Poluente Analisado |
|---------------------------------|------------|------------|-------------------------|--------------------|
| EMMA 01                         | 608.156    | 7.820.565  | 11/09/2010 a 12/09/2011 | MP <sub>10</sub>   |
| EMMA 02                         | 608.083    | 7.819.539  | 11/09/2010 a 12/09/2011 | MP <sub>10</sub>   |
| Destacamento da Polícia Militar | 608.824    | 7.821.196  | 01/09/2010 a 27/09/2011 | MP <sub>10</sub>   |
| Delegacia da Polícia Civil      | 608.982    | 7.821.366  | 10/02/2012 a 19/04/2012 | MP <sub>10</sub>   |
| Antiga Prefeitura               | 609.152    | 7.821.626  | 01/09/2010 a 27/09/2011 | PTS                |

O Comportamento da série história analisada é apresentado pelos gráficos de evolução, conforme Figuras 5.1.3 a 5.1.7.

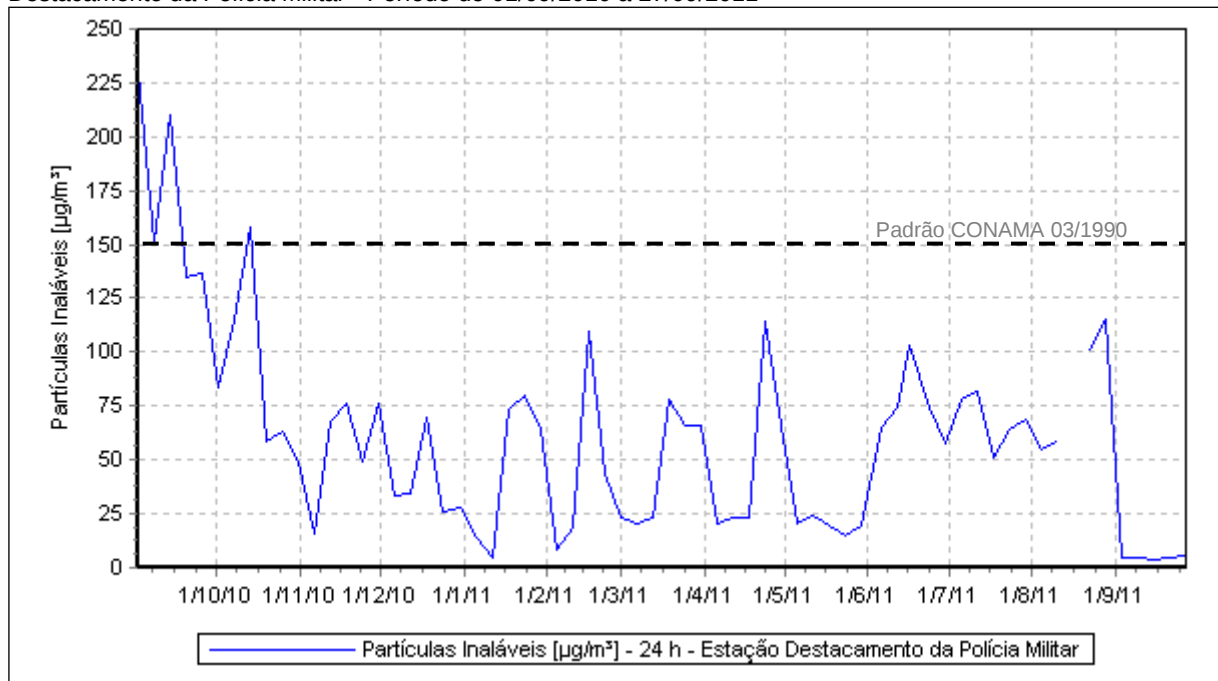
**Figura 5.1.3** - Concentração de Partículas Inaláveis Menores que 10 µm – Médias de 24 horas – Estação EMMA 01 – Período de 11/09/2010 a 12/09/2011



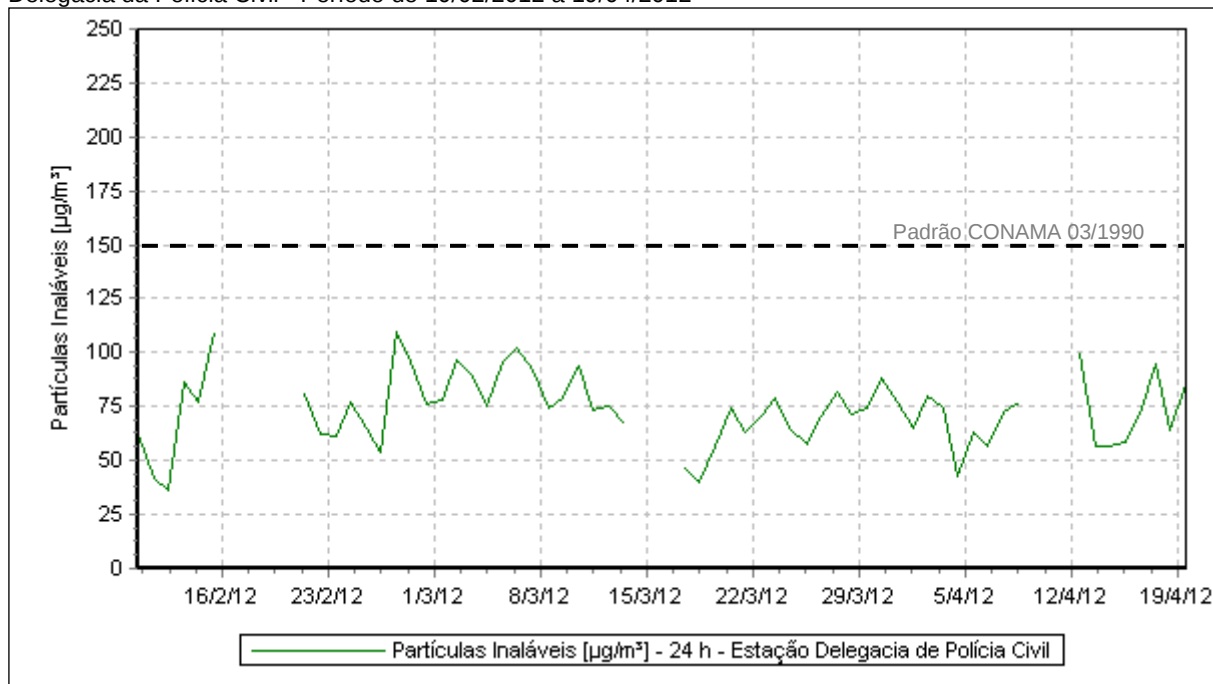
**Figura 5.1.4 - Concentração de Partículas Inaláveis Menores que 10  $\mu\text{m}$  – Médias de 24 horas – Estação EMMA 02 – Período de 11/09/2010 a 12/09/2011**



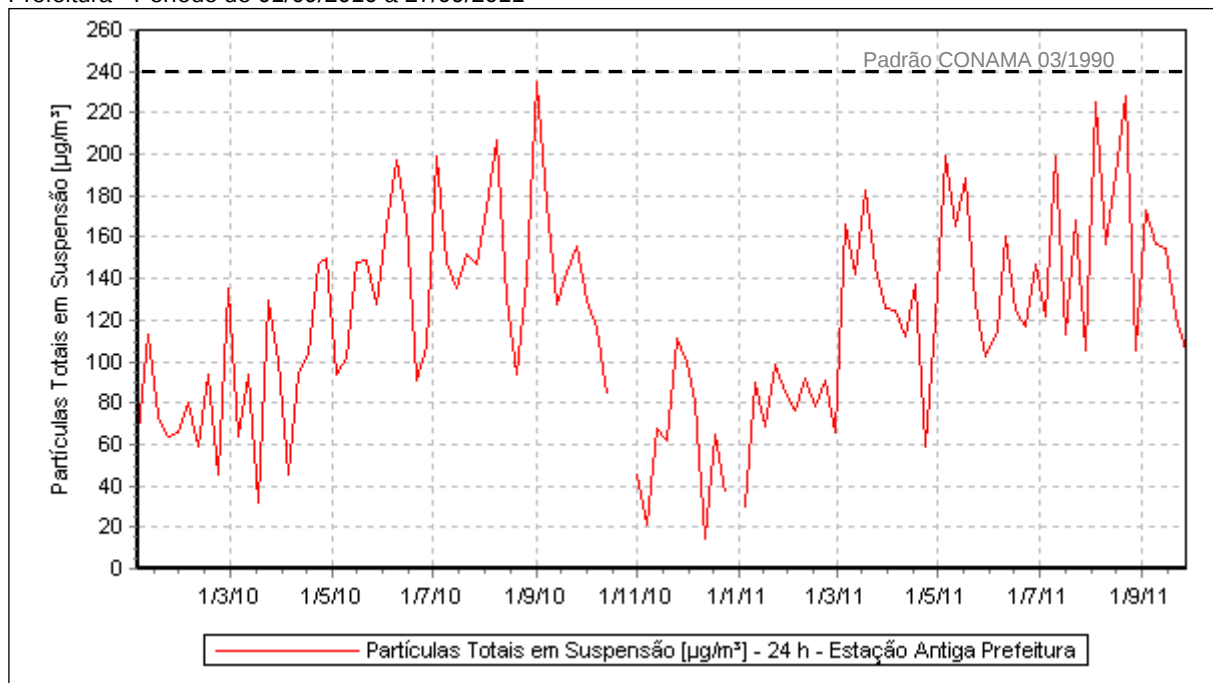
**Figura 5.1.5 – Concentração de Partículas Inaláveis Menores que 10  $\mu\text{m}$  - Médias de 24 horas - Estação Destacamento da Polícia Militar - Período de 01/09/2010 a 27/09/2011**



**Figura 5.1.6** – Concentração de Partículas Inaláveis Menores que 10  $\mu\text{m}$  - Médias de 24 horas - Estação Delegacia da Polícia Civil - Período de 10/02/2012 a 19/04/2012



**Figura 5.1.7** – Concentração de Partículas Totais em Suspensão - Médias de 24 horas - Estação Antiga Prefeitura - Período de 01/09/2010 a 27/09/2011



De forma complementar a análise gráfica apresentada, a Tabela 5.1.2 apresenta as concentrações medidas em cada estação e as respectivas comparações com os padrões de qualidade do ar preconizados pela Resolução CONAMA 03/1990.

**Tabela 5.1.2** – Concentrações de Partículas e Comparação com os Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/1990

| Estações                        | Poluente         | Referência Temporal | PQAr <sup>a</sup> [µg/m³] | Concentração [µg/m³] <sup>b</sup> |
|---------------------------------|------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Antiga Prefeitura               | PTS              | 24 horas            | 240                       | 234,6                             |
|                                 | PTS              | 1 ano               | 80 <sup>c</sup>           | 107,4                             |
| EMMA 01                         | MP <sub>10</sub> | 24 horas            | 150                       | 402,7                             |
|                                 | MP <sub>10</sub> | 1 ano               | 50                        | 170,5                             |
| EMMA 02                         | MP <sub>10</sub> | 24 horas            | 150                       | 91,2                              |
|                                 | MP <sub>10</sub> | 1 ano               | 50                        | 30,4                              |
| Destacamento da Polícia Militar | MP <sub>10</sub> | 24 horas            | 150                       | 230,6                             |
|                                 | MP <sub>10</sub> | 1 ano               | 50                        | 61,1                              |
| Delegacia da Polícia Civil      | MP <sub>10</sub> | 24 horas            | 150                       | 109,8                             |
|                                 | MP <sub>10</sub> | 1 ano               | 50                        | 74,0 <sup>c</sup>                 |

Notas:

- Padrão primário de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/1990;
- Concentração máxima obtida para referência temporal de 24 horas e concentração média para a referência temporal anual;
- Média geométrica;
- Sem dados suficientes para a composição de médias anuais. O valor calculado deve ser visto como uma projeção da média anual, sem efeito para a comparação formal com o padrão de qualidade do ar.

Observa-se que a Estação EMMA 01 registrou diversas ultrapassagens de padrão primário da qualidade do ar, para médias de 24 h (150 µg/m³), e em muitas vezes a ocorrências de ultrapassagem de padrão apresentaram concentrações medidas muito superiores ao preconizado. Além disso, a média anual de MP<sub>10</sub> nessa estação também ultrapassou o padrão de qualidade do ar estabelecido pela resolução CONAMA para média anual (50 µg/m³).

Por sua vez, a Estação EMMA 02 não apresentou ultrapassagens de padrão de qualidade do ar para MP<sub>10</sub> para médias de 24 h e média anual.

A estação Destacamento da Polícia Militar registrou ultrapassagens de padrão primário da qualidade do ar em setembro e outubro de 2010, para médias de 24 h (150 µg/m³). Além disso, a média anual de PI nessa estação também ultrapassou o padrão de qualidade do ar (50 µg/m³). Nota-se que a partir da segunda quinzena de outubro que não foi registrado mais ultrapassagens do padrão para médias de 24 h, indicando uma diminuição nos níveis de PI na região para esse período analisado.

A Estação Delegacia da Polícia Civil não apresentou ultrapassagens de padrão de qualidade do ar para médias de 24 h no período analisado. Embora essa estação apresente poucos dados de monitoramento, é possível observar comportamento similar ao registrado pela Estação Destacamento da Polícia Militar entre outubro de 2010 a setembro de 2011, com concentrações médias de 24 h de PI abaixo de 125 µg/m³. Ainda que a série da Estação Delegacia da Polícia Civil ainda não integre 1 ano de dados, a média dos 2 meses de monitoramento, 74,0 µg/m³, demonstra um indicativo de potencial ultrapassagem do padrão de qualidade do ar de longo período.

## **5.2 AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DA ATUAL REDE DE SÃO JOSÉ DA LAPA**

O monitoramento do grau de exposição de uma região, povoada ou não, à poluição atmosférica deve ser realizado através de uma rede de medição projetada para tal fim, garantindo a representatividade dos resultados e o conhecimento da área de cobertura e eficiência da rede.

Diante da dinâmica dos processos operacionais de um determinado conjunto de empreendimento em uma região, faz-se necessário continuamente a reavaliação da adequabilidade da rede de monitoramento. A revisão de uma rede é um processo que busca garantir a qualidade do monitoramento, de forma a mantê-lo representativo.

A revisão dos pontos de monitoramento em questão foi realizada considerando o conjunto de fontes emissoras estabelecido pelo inventário de fontes de emissão de poluentes atmosféricos, apresentado na Seção 3, e os seus efeitos na qualidade do ar, conforme modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos, Seção 4.4.

Além da revisão da rede quanto ao aspecto locacional, foi incluído na análise as instruções apresentadas pela Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM na nota técnica NT 02/2011 – *“Orientações para implementação e Operação de Programa de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar – Material Particulado”*.

As seções a seguir explicam a metodologia que é adotada e recomendada para o processo de dimensionamento de uma rede de monitoramento da qualidade do ar.

### **5.2.1 Metodologia de Otimização Empregada no Projeto de Rede**

Estudos sobre a localização de estações de medição da qualidade do ar em áreas urbanas têm sido amplamente abordados na literatura, sobretudo no que diz respeito à localização otimizada desses monitores. Dentre as técnicas mais utilizadas, merecem destaque: a minimização da função erro de interpolação (sendo tal função determinada pelo objetivo da rede de monitoramento); a técnica de minimização do limite superior da covariância do erro mínimo estimado; e a de seleção por tentativas, na qual são escolhidas as estações que apresentam maior sensibilidade na concentração medida, devido a perturbações na taxa de emissão das fontes poluidoras.

O método utilizado neste trabalho associa as Figuras de Mérito (FOM) e Esferas de Influência (SOI) das estações, e baseia-se em uma proposta pragmática inicialmente desenvolvida por Langstaff (1987) e modificada por Santolim (1991). Este método se mostrou eficaz no projeto de redes de monitoramento da qualidade do ar nos Estados Unidos e na Europa, tendo sido utilizado com sucesso também no Brasil nas redes de Vitória-ES, Rio de Janeiro-RJ, Belo Horizonte-MG, Pólo Gás Químico (Duque de Caxias-RJ), Itabira-MG, Volta Redonda-RJ, Barra Mansa-RJ, São Luís-MA, Ouro Branco-MG, Ipatinga-MG, dentre muitas outras localidades.

O método proposto utiliza-se do modelo de dispersão para gerar cenários representativos da qualidade do ar na região proposta, os quais podem ou não ser combinados com cenários populacionais existentes, para a obtenção de padrões típicos de níveis de exposição da população da área, gerando-se Figuras de Mérito, ou seja, um ordenamento de locais prioritários ou estratégicos para medição. Além disso, as regiões habitadas e áreas de influência das emissões atmosféricas são consideradas para escolha dos locais prioritários e estratégicos da Rede de Monitoramento.

Outro grau de liberdade na seleção das localizações é a possibilidade de se escolher estações em função do tamanho das áreas que elas representam. Se a área de abrangência é pequena, pode não ser conveniente manter-se uma estação de medição em operação nesse local.

Uma vez selecionadas as estações com base nos critérios mencionados, torna-se necessário analisar a cobertura total proporcionada pelas mesmas. Novos ajustes podem ser efetuados, eliminando-se estações redundantes ou acrescentando-se novas estações, se necessário.

#### **5.2.1.1 FIGURAS DE MÉRITO**

O objetivo do monitoramento da qualidade do ar para acompanhamento do índice de exposição da população, não deve se limitar apenas à avaliação de concentrações máximas e médias, mas também à avaliação da variação espacial da concentração dos poluentes (gradientes) na área de interesse.

O grau de exposição para uma pessoa é definido como a concentração de poluente a que esse indivíduo tem contato. A dose ou índice de exposição é então relacionada à concentração e tempo de exposição do indivíduo.

O índice de exposição à poluição atmosférica é uma medida do grau de risco a que um indivíduo é submetido devido à exposição a um poluente específico durante determinado intervalo de tempo.

A formulação exata da função risco envolve muitas variáveis e muitas vezes não é conhecida para alguns poluentes de interesse.

Sendo assim, neste trabalho, a função risco é aproximada por um modelo linear sem preocupação com valores limiares, ou seja, o índice de exposição é dado pela integral da concentração de poluente variando no tempo.

$$I_E = \int_0^t C(t) dt \quad (1)$$

onde:

$I_E$  = índice de exposição;  
 $C$  = concentração de poluente;  
 $t$  = tempo de exposição ao poluente.

Aplicando a Equação 1 ao universo de cenários de qualidade do ar obtidos neste estudo podemos obter a equação básica para o cálculo da figura de mérito de uma célula da malha de modelagem:

$$F_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T C_{ijt} \quad (2)$$

onde:

$T$  = duração de um cenário meteorológico;  
 $C_{ijt}$  = concentração do poluente na célula  $(i,j)$  no tempo  $t$ ;

Deve ser observado que a equação 2 aplicada a todo o universo de cenários de qualidade do ar se resume às médias do período modelado para cada um dos poluentes de interesse. Assim, as figuras de mérito para os poluentes de interesse são representadas pelos cenários de qualidade do ar de médias anuais apresentados na seção 4.4.

As figuras de mérito são obtidas inicialmente para cada um dos poluentes de interesse, inclusive como forma de determinar aqueles mais relevantes para a atmosfera da região.

Com uma dada distribuição de FOM, os picos não contínuos de concentração de poluentes podem ser facilmente identificados, sendo ordenados por prioridade decrescente, gerando um número fixo de prováveis candidatos a abrigar estações de medição.

#### 5.2.1.2 ESFERAS DE INFLUÊNCIA

As esferas de influência das estações são as áreas representadas (cobertas) por uma dada estação de monitoramento com relação a um grupo pré-definido de fontes emissoras. O que se busca avaliar na determinação da esfera de influência é a área cujo comportamento de concentrações se apresente correlato aos registros avaliados em uma estação específica.

O rigoroso estabelecimento dessas áreas, ou seja, a definição das esferas de influência (SOI) é uma tarefa complexa. Ele depende do método de reconstrução e interpolação utilizado e do campo de concentração dos poluentes de interesse.

Diferentes métodos de interpolação geram diferentes esferas de influência. Então, o método a ser usado no projeto da rede de medição deve ser compatível com o procedimento de interpolação a ser usado para a rede em operação.

A definição da SOI, apresentada a seguir, é baseada no limite superior do erro de interpolação esperado, calculado a partir da estrutura de covariância espacial prevista para a região a ser monitorada.

A função do limite superior para o erro quadrático médio esperado da interpolação ótima é definido por:

$$E_u = \sigma_y \left[ 1 - \delta_{xy}^2 (1 + K)^{-1} \right]^{1/2} \quad (3)$$

onde:

$\delta_{xy}$  = a correlação espacial entre a concentração no ponto previsto  $y$  e ponto previsor  $x$ ;

$\sigma_y$  = o desvio padrão da concentração no ponto previsto  $y$ ;

$K$  = a variância normalizada dos erros observacionais no ponto previsor  $x$ .

Da Equação 3 temos uma expressão para o limite inferior da variância total em  $y$  explicada pelo procedimento de interpolação em  $x$ :

$$\phi_{xy} = 1 - \frac{E_u^2}{\sigma_y^2} = \delta_{xy}^2 (1 + K)^{-1} \quad (4)$$

Para o caso de não existirem erros observacionais,  $k=0$ , a variância se iguala ao quadrado da correlação.

Define-se a esfera de influência de uma estação localizada em  $x$ , com um nível de eficiência ( $\alpha$ ), como sendo a área contínua ao redor de  $x$  que contém pontos  $y$  para os quais a variância da concentração é explicada pela concentração de  $x$ , ou seja, o conjunto contínuo de pontos  $y$  tais que  $\phi_{xy} \geq \alpha$ .

A variância explicada,  $\phi_{xy}$ , é igual ao quadrado da função de correlação espacial,  $\delta_{xy}^2$ , multiplicada por uma constante (Equação 4).

A função correlação espacial tipicamente decresce desde o valor 1, em  $y = x$ , com o aumento da distância entre  $x$  e  $y$ .

Por essas razões,  $\phi_{xy}$  corresponde a uma medida natural para a determinação da SOI para um dado local de monitoramento.

É importante notar que, por ser uma grandeza estatística, a análise da estimativa de  $\delta_{xy}$  depende do tamanho da amostra. Consequentemente, os níveis de confiança baseados no tamanho da amostra deverão ser considerados.

Se superestimarmos  $\delta_{xy}$ , as esferas de influência obtidas também deverão cobrir grandes áreas e, no final, a rede de medição não será densa o suficiente. Isto é levado em conta através do uso de limites inferiores de confiança para uma correlação estimada. O limite de confiança estipulado neste trabalho foi de 50% para os poluentes selecionados. Esse valor é considerado como nível de eficiência satisfatório e que deverá conduzir a uma densa rede amostral, com capacidade de reconstrução do campo de medição de qualidade adequada.

Se a distribuição básica de amostras desvia significativamente da normalidade e o número de amostras é pequeno, então um método auxiliar deve ser usado para calcular o limite de confiança.

Esses limites de confiança para o coeficiente de correlação são usados da seguinte forma: assume-se que o critério para o projeto ótimo de uma rede de monitoramento é a capacidade de capturar mais de  $\alpha$  por cento das variações de concentração e que existem  $L$  amostras para estimar a correlação. Necessita-se então que  $\phi_{xy} \geq \alpha$ , da Equação 4 vem:

$$\delta_{xy} \geq [\alpha(1+K)]^{1/2} \quad (5)$$

Das cartas estatísticas de David (1938) determina-se o valor limite do coeficiente de correlação amostral,  $r_c$ , para o limite inferior da correlação de  $[\alpha(1+K)]^{1/2}$  com 95% de nível de confiança e tamanho da amostra  $L$ .

Este leva a um valor de secção,  $\phi_c$ , de  $\phi_{xy}$ , onde  $\phi_{xy} \geq \alpha$  com 95% de confiabilidade:

$$\phi_c = r_c^2(1+K)^{-1} \quad (6)$$

Nesta metodologia de projeto utilizada, a função  $\phi_{xy}$  ao redor de cada uma das  $N$  estações selecionadas é computada ao longo de todas as direções radiais até que o valor  $\phi_c$  seja excedido.

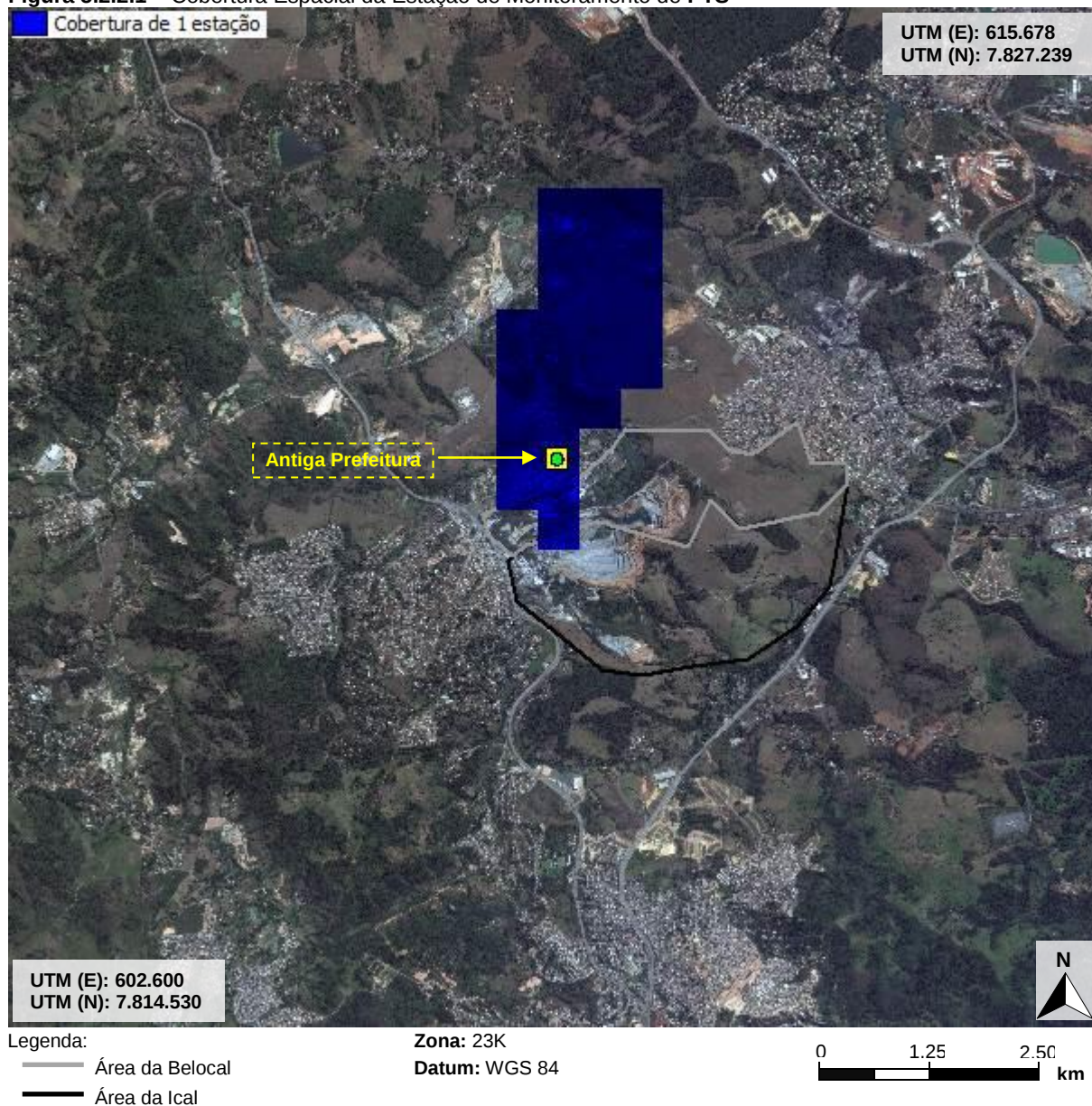
Uma vez que o valor de secção é determinado, a SOI pode ser definida para cada uma das estações candidatas como sendo os pontos da malha que formam uma área ininterrupta ao redor de cada estação definidos por  $\phi_{xy} \geq \phi_c$ .

A área total coberta pela rede de monitoramento para todas as  $N$  estações é dada pela combinação das esferas de influência de cada estação escolhida.

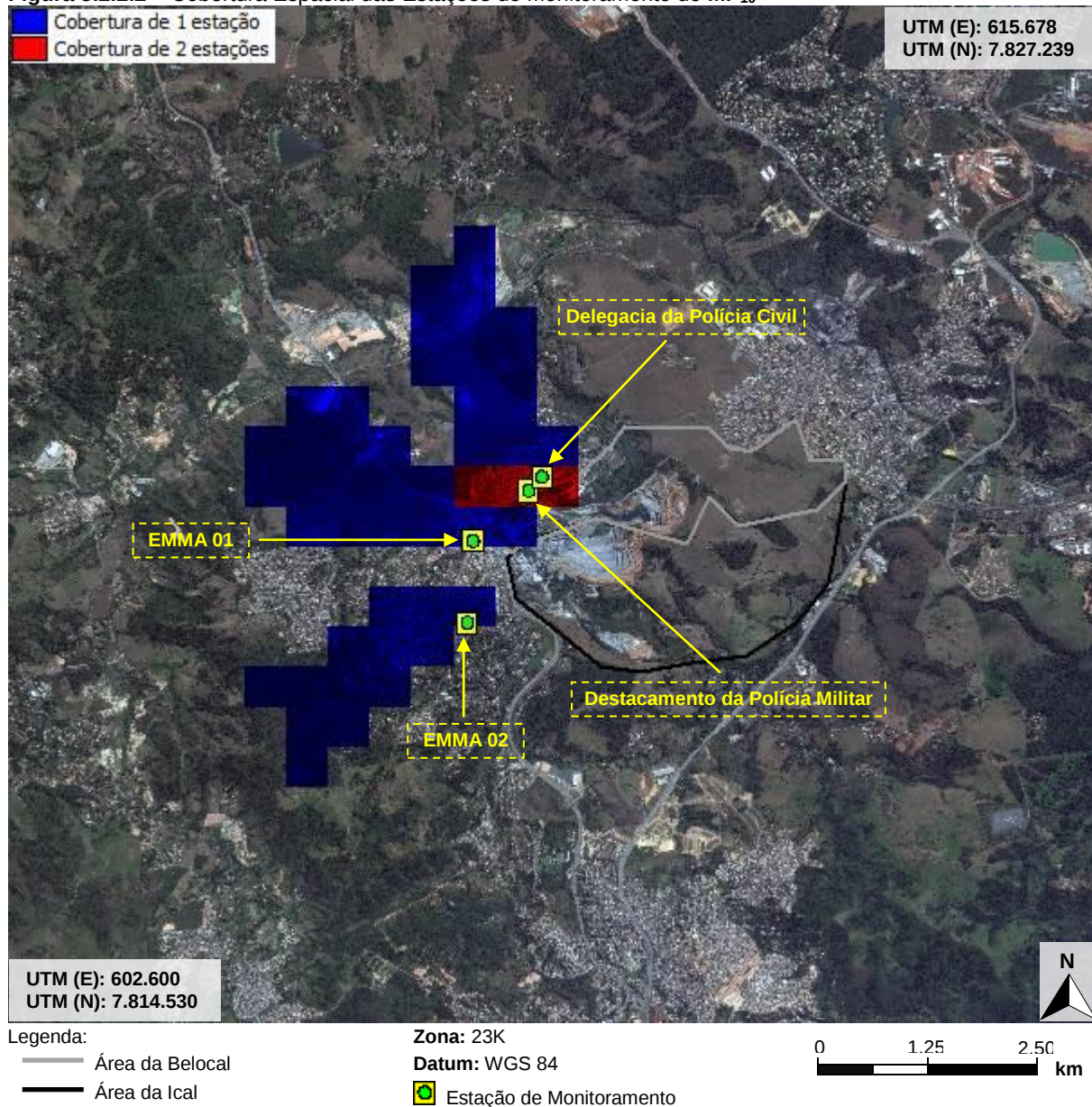
## 5.2.2 Avaliação da Cobertura da Atual Rede de Monitoramento de São José da Lapa

Nesta seção é apresentada a avaliação das estações atuais de monitoramento da qualidade do ar instaladas em São José da Lapa, segundo as premissas metodológicas apresentadas na Seção 5.2.1. As Figuras 5.2.2.1 e 5.2.2.2 apresentam as esferas de influência das atuais estações de monitoramento em São José da Lapa.

**Figura 5.2.2.1 – Cobertura Espacial da Estação de Monitoramento de PTS**



**Figura 5.2.2.2 – Cobertura Espacial das Estações de Monitoramento de MP<sub>10</sub>**



Observa-se que existe uma lacuna entre a estação EMMA 01 e EMMA 02 nas esferas de influência de MP<sub>10</sub>. É importante ressaltar que essa região representa um relevante mérito, tendo em vista que o vento na região é predominantemente leste, conforme pode ser verificado pelos cenários de qualidade do ar apresentados na Seção 4.4. Além disso, a atual disposição das estações não contempla a região de Celvia.

Em relação à instrução técnica da FEAM NT 02/2011, a rede atual também não contempla o poluente MP<sub>2.5</sub>.

### 5.3 LOCAIS CANDIDATOS AVALIADOS NA REVISÃO DA REDE

Com o objetivo de adequar o monitoramento para torná-lo representativo, cobrindo as regiões que, segundo os cenários de qualidade do ar (Seção 4.4), apresentam maiores potenciais de alteração da qualidade do ar, mapeou-se locais candidatos a sediar estações de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia. Essa etapa é fundamental no processo de revisão da rede, onde foi realizada pesquisa de campo, abrangendo toda a região do entorno do empreendimento, para escolha desses locais.

Em cada localidade visitada foram identificados sítios de medição potenciais, dotados de condições mínimas de infraestrutura como área física, rede de energia elétrica e telefônica próxima, segurança dia e noite (possibilidade de restrição de acesso ao local da estação), ambiente aberto e ventilado (representativo da região no entorno) e desprovido de fontes poluidoras interferentes localizadas nas proximidades.

A Tabela 5.3.1 apresenta a listagem dos 23 locais candidatos identificados na região de estudo, além dos 5 locais onde atualmente existem estações de monitoramento em São José da Lapa, juntamente com suas respectivas coordenadas (projeção UTM, datum: WGS84 / Zona 23K). A Figura 5.3.2 apresenta a disposição espacial dos locais identificados na região de estudo.

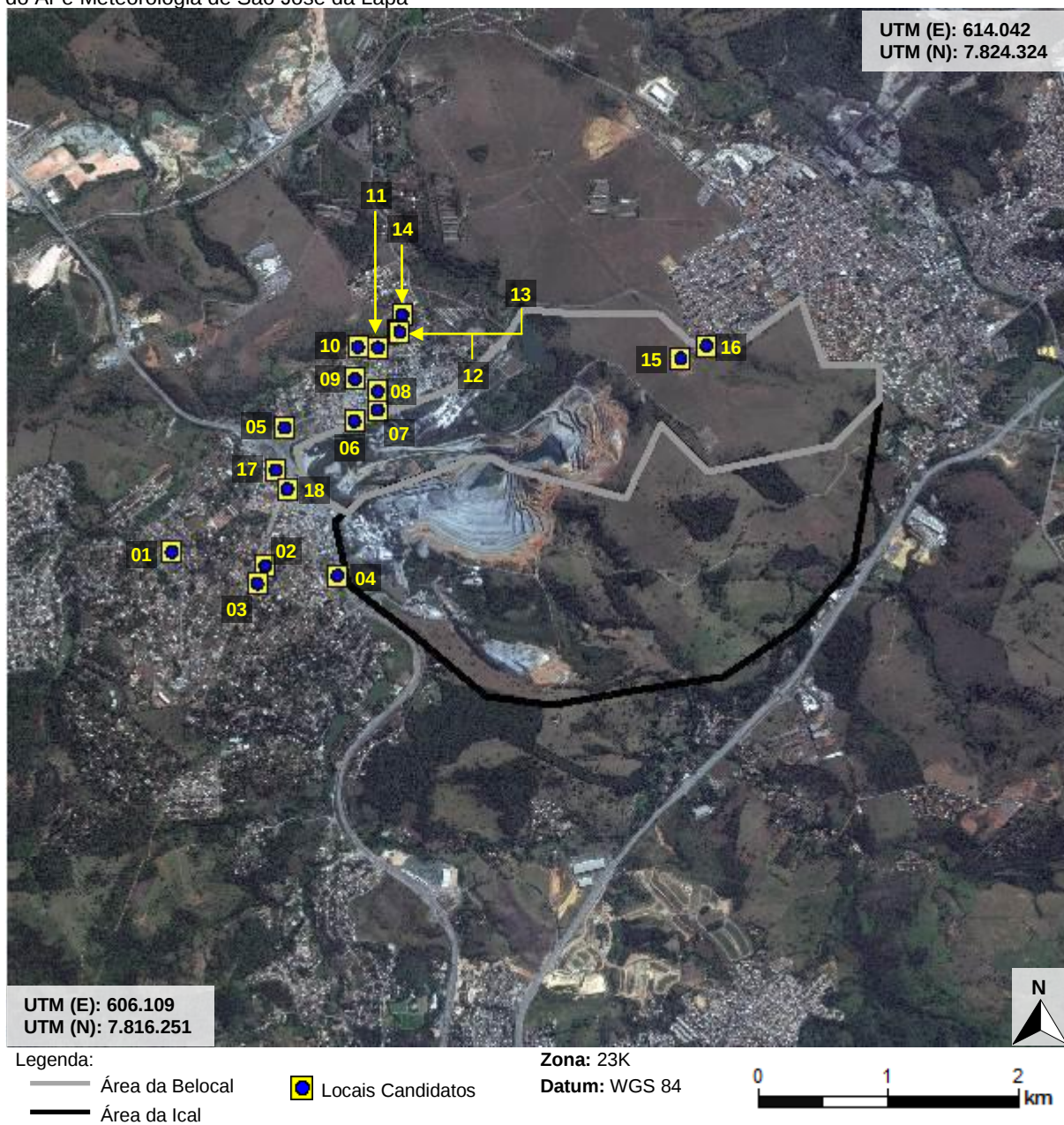
**Tabela 5.3.1** - Locais Candidatos a Sediar Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia

| Nº | Local ou Estação Candidata                                            | X (UTM) | Y (UTM)   |
|----|-----------------------------------------------------------------------|---------|-----------|
| 01 | E. M. Vereador Maurício Saúde Pacheco - Cachoeira                     | 607.342 | 7.820.121 |
| 02 | Campo de Futebol - Jardim Encantado                                   | 607.974 | 7.819.870 |
| 03 | COPASA I - Jardim Encantado                                           | 608.081 | 7.820.004 |
| 04 | E. M. Filhinha Gama - Vila Ical                                       | 608.570 | 7.819.929 |
| 05 | Contenco - Centro                                                     | 608.184 | 7.821.086 |
| 06 | Policlínica Municipal Dr. Gentil Macedo Jr. - Centro                  | 608.701 | 7.821.136 |
| 07 | Núcleo de Atendimento ao Adolescente - Centro                         | 608.874 | 7.821.222 |
| 08 | Prefeitura Atual / Praça - Centro                                     | 608.875 | 7.821.367 |
| 09 | Câmara Municipal - Centro                                             | 608.707 | 7.821.465 |
| 10 | E. M. Prof. <sup>a</sup> Maria de Lourdes Pereira dos Santos - Centro | 608.731 | 7.821.713 |
| 11 | E. E. José Elias Issa - Centro                                        | 608.879 | 7.821.706 |
| 12 | Cemitério de São José da Lapa - Centro                                | 609.042 | 7.821.830 |
| 13 | Estádio Municipal Delvan de Oliveira - Centro                         | 609.018 | 7.821.840 |
| 14 | Praça de Esportes - Centro                                            | 609.060 | 7.821.964 |
| 15 | Celvia - Vespasiano                                                   | 611.122 | 7.821.610 |
| 16 | COPASA II - Vespasiano                                                | 611.315 | 7.821.709 |
| 17 | Escola de Inglês Cheri Lyn                                            | 608.117 | 7.820.756 |
| 18 | Praça Transamazônica                                                  | 608.200 | 7.820.608 |
| 19 | EMMA 01 <sup>a</sup>                                                  | 608.156 | 7.820.565 |
| 20 | EMMA 02 <sup>a</sup>                                                  | 608.083 | 7.819.539 |
| 21 | Antiga Prefeitura <sup>b</sup>                                        | 609.152 | 7.821.626 |
| 22 | Destacamento da Polícia Militar <sup>b</sup>                          | 608.824 | 7.821.196 |
| 23 | Delegacia da Polícia Civil <sup>b</sup>                               | 608.982 | 7.821.366 |

Legenda:

- a. Estações de monitoramento pertencentes à Ical;
- b. Estações de monitoramento pertencentes à Belocal.

**Figura 5.3.1 – Posicionamento das Estações Candidatas a Integrarem a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa**



A Figura 5.3.2 apresenta a vista atual dos locais candidatos a receberem as estações de monitoramento.

**Figura 5.3.2** – Vista Atual dos Locais Candidatos a Sediarem Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia



Local 01 - E. M. Vereador Maurício Saúde Pacheco



Local 02 - COPASA I



Local 03 - Campo de Futebol



Local 04 - E. M. Filhinha Gama



Local 05 - Contenco



Local 06 - Policlínica Municipal Dr. Gentil Macedo Jr.

**Continuação da Figura 5.3.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos a Sediarem Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia**



Local 07 - Núcleo de Atendimento ao Adolescente



Local 08 - Prefeitura Atual / Praça



Local 09 - Câmara Municipal



Local 10 - E. M. Prof.<sup>a</sup> Maria de Lourdes Pereira dos Santos



Local 11 - E. E. José Elias Issa



Local 12 - Cemitério de São José da Lapa

**Continuação da Figura 5.3.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos a Sediarem Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia**



Local 13 - Estádio Municipal Delvan de Oliveira



Local 14 - Praça de Esportes



Local 15 – Celvia



Local 16 - COPASA II



Local 17 - Escola de Inglês Cheri Lyn



Local 18 - Praça Transamazônica

#### 5.4 PROJETO DA REDE AUTOMÁTICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA DE SÃO JOSÉ DA LAPA

O dimensionamento da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa (RAMQAM-SJL) tem como objetivo possibilitar o acompanhamento dos níveis de poluentes atmosféricos de áreas suscetíveis à influência das emissões de partículas oriundas das empresas Belocal e Ical, bem como monitorar parâmetros meteorológicos que auxiliam no estudo do comportamento da dispersão de poluentes atmosféricos.

A definição da configuração espacial RAMQAM-SJL priorizou as áreas habitadas mais suscetíveis aos potenciais efeitos das emissões das empresas citadas, como as comunidades de Vila Ical, Cachoeira, Centro, Jardim Encantado, Granjas Reunidas São Vicente. Além disso, também foi considerada na definição da RAMQAM-SJL uma variável socioambiental que representa a demanda da sociedade pela instalação de uma estação de monitoramento da qualidade do ar na Escola Filhinha Gama. Essa requisição da sociedade foi debatida com a FEAM e as empresas, sendo de comum acordo entre as partes que a localidade da Escola Filhinha Gama integre necessariamente a RAMQAM-SJL.

Com os resultados dos cenários de qualidade do ar resultantes da modelagem atmosférica, a aplicação da metodologia de figuras de mérito e esferas de influência nos locais candidatos selecionados e os requisitos estabelecidos pela instrução técnica da FEAM NT 02/2011, obteve-se o novo arranjo da Rede Automática de Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa (RAMQAM-SJL).

A Tabela 5.4.1 apresenta os locais escolhidos para o monitoramento, bem como os parâmetros a serem monitorados em cada estação.

**Tabela 5.4.1** – Configuração Proposta para a RAMQAM –SJL

| Estação                         | Qualidade do Ar  |                   | Meteorologia |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------|------------------|-------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|
|                                 | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2.5</sub> | DV           | VV | TA | PP | RS | UR | PA |
| Câmara Municipal - Centro       | X                | X                 |              |    |    |    |    |    |    |
| E. M. Filhinha Gama - Vila Ical | X                | X                 |              |    |    |    |    |    |    |
| COPASA I - Jardim Encantado     | X                | X                 | X            | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| Celvia - Vespasiano             | X                | X                 | X            | X  | X  | X  | X  | X  | X  |

Legenda:

MP<sub>10</sub> material particulado menor que 10 µm

MP<sub>2.5</sub> material particulado menor que 2,5 µm

DV direção do vento

VV velocidade do vento

TA temperatura do ar

PP precipitação pluviométrica

RS radiação solar

UR umidade relativa do ar

PA pressão atmosférica

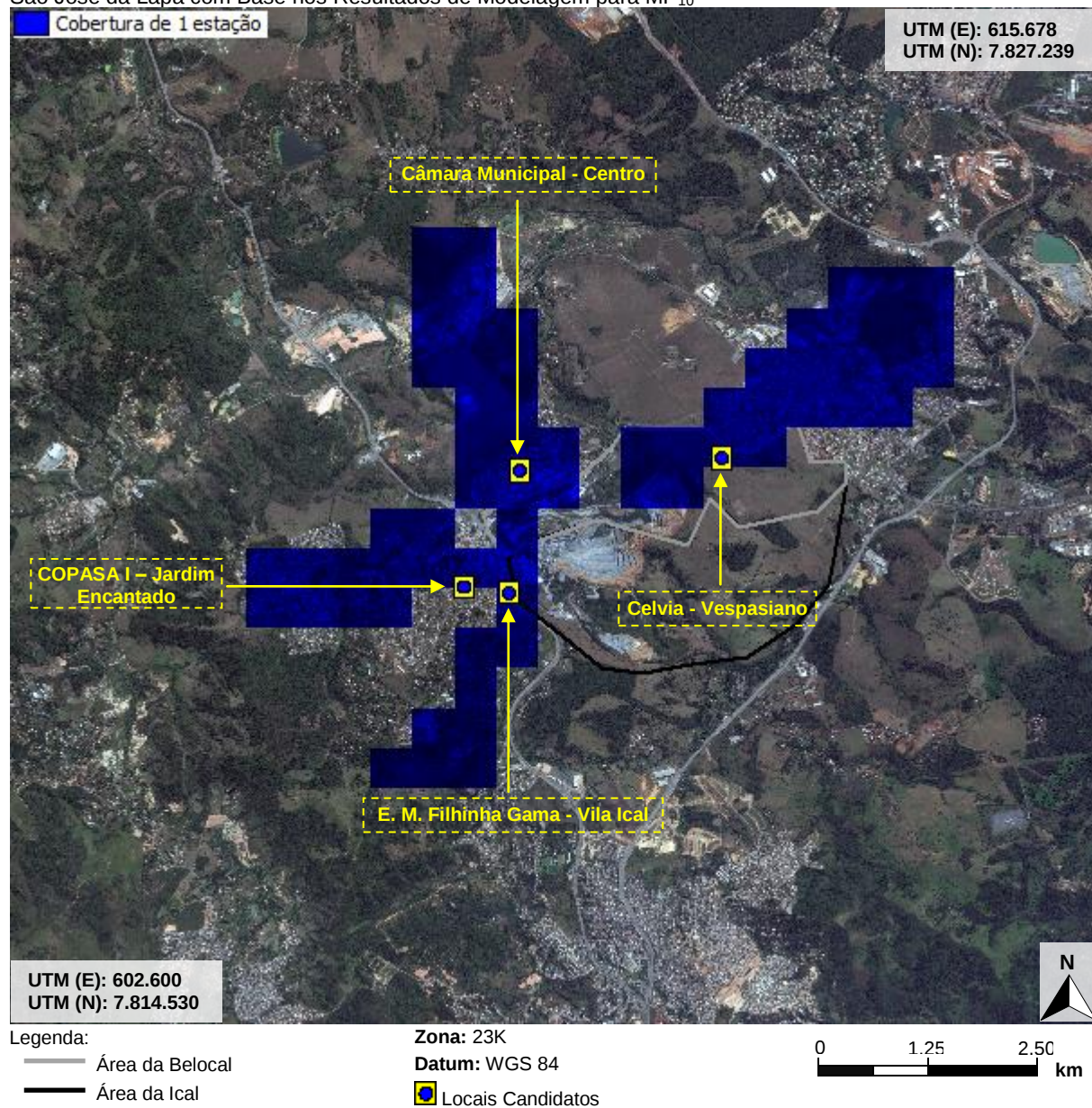
A localidade de COPASA I foi escolhida por apresentar uma área de cobertura suficiente e com alta correlação em relação às potenciais alterações de qualidade do ar, devido às emissões das empresas Belocal e Ical, nas comunidades de Vila Ical, Cachoeira, Granjas Reunidas São Vicente e Jardim Encantado.

O local na Câmara Municipal foi escolhido para realocação da estação Delegacia de Polícia Civil, por englobar uma área bastante habitada e apresentar melhor correlação em relação às potenciais alterações de qualidade do ar na comunidade do Centro de São José da Lapa.

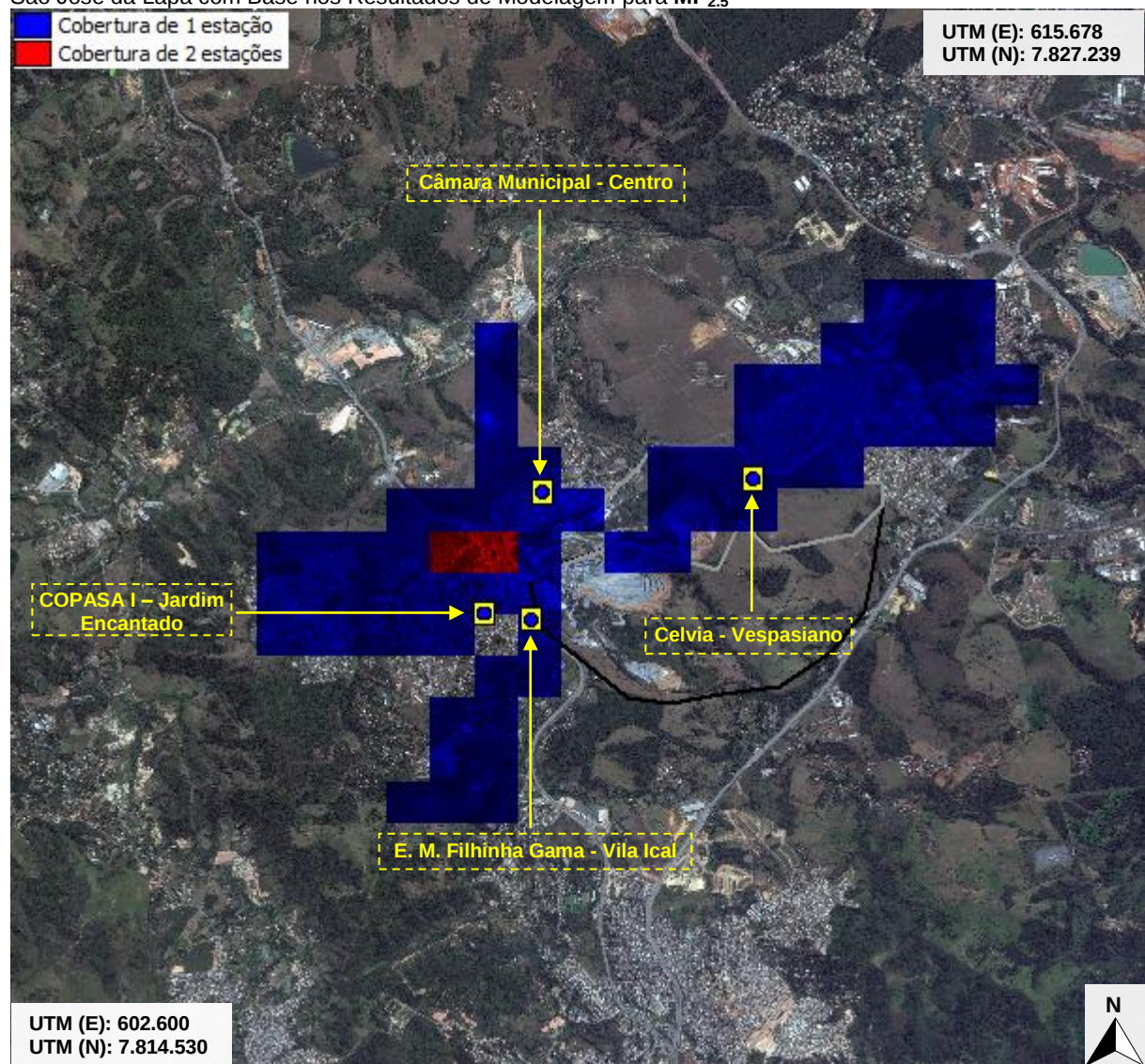
O local no Bairro Celvia, localizado no município de Vespasiano, foi escolhido por cobrir uma área densamente habitada e representar condições de baseline para região, uma vez que o sítio de medição está situado a barlavento da Ical e Belocal, considerando os ventos

predominantes que ocorrem na região. As Figuras 5.4.1 e 5.4.2 apresentam o arranjo espacial e a cobertura da RAMQAM-SJL, para os parâmetros  $MP_{10}$  e  $MP_{2.5}$ , respectivamente.

**Figura 5.4.1** – Arranjo e Cobertura Espacial da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa com Base nos Resultados de Modelagem para  $MP_{10}$



**Figura 5.4.2 – Arranjo e Cobertura Espacial da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa com Base nos Resultados de Modelagem para  $MP_{2.5}$**



Legenda:

- Área da Belocal
- Área da Ical

Zona: 23K

Datum: WGS 84

Locais Candidatos

0

UTM (E): 615.678

UTM (N): 7.827.239

Para compor a RAMQAM-SJL, recomenda-se a utilização de equipamentos contínuos, automatizados e certificados internacionalmente, tanto para a medição dos poluentes atmosféricos como para as variáveis meteorológicas.

As redes de monitoramento contínuo proporcionam um conhecimento mais aprofundado e detalhado da qualidade do ar e das condições meteorológicas incidentes, propiciando uma gestão mais aprimorada dos recursos atmosféricos. Os dados são gerados com alta frequência e de forma padronizada, permitindo avaliações precisas do atendimento dos padrões de qualidade do ar, identificação e resposta imediata a eventos extremos de poluição atmosférica; observação de tendências e sazonalidades de curto e longo prazos; correlação da qualidade do ar com a saúde da população, dentre outras aplicações.

A tecnologia de medição recomendada para cada parâmetro é apresentada na seção 5.5, com destaque para metodologias automatizadas e intensivas (contínuas). A RAMQAM-SJL proposta tem como finalidade proporcionar o monitoramento contínuo dos níveis de concentração de material particulado na área considerada neste estudo. Como nas redes automáticas de outras regiões brasileiras e conforme recomendações da EPA, também adotadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, as medições devem ser integradas e armazenadas como médias horárias em coletores de dados (dataloggers) existentes em cada estação de medição.

Dos dataloggers das estações de medição, os dados devem ser automaticamente transferidos a cada hora para um Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA) localizado nas dependências das empresas Belocal e Ical, ou outro local indicado pelas empresas. Este centro deverá manter um banco de dados das informações atuais e históricas obtidas pelas estações, proporcionando a análise integrada no espaço e no tempo, bem como a validação de todas as informações geradas pela rede.

Recomenda-se a utilização no CSMQA de sistemas (softwares) especializados na coleta automatizada e gestão de redes de monitoramento ambiental, devendo tais sistemas ser compatíveis com os aplicativos atualmente instalados na FEAM-BH (Atmos 4.6), possibilitando uma integração facilitada com o órgão ambiental e o pleno aproveitamento dos dados gerados pela rede na gestão da qualidade do ar da região.

## 5.5 ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DAS TECNOLOGIAS DOS EQUIPAMENTOS PARA AS ESTAÇÕES DA REDE DE MONITORAMENTO

### 5.5.1 Equipamentos para a Medição da Concentração de Partículas na Atmosfera

#### 5.5.1.1 ANALISADORES

As especificações dos analisadores de concentrações de poluentes atmosféricos e acessórios descritas a seguir, foram elaboradas com base nas tecnologias de medição mais modernas disponíveis no mercado mundial de fabricantes de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar, devendo ser consideradas como requisitos mínimos a serem observados no momento da aquisição dos mesmos.

#### **PARTÍCULAS INALÁVEIS MENORES QUE 10 µm**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de raios  $\beta$  ou microbalança.

**Monitor Beta:** A absorção de raios beta que passam através da matéria depende, sobretudo, da massa analisada. Uma amostra de ar contendo partículas totais em suspensão é forçada a passar por um determinado período através de um filtro limpo a uma vazão controlada. A leitura de absorção de raios beta é feita no início e no fim de cada ciclo de medição, sendo a diferença de leitura proporcional à massa de partículas retidas no material filtrante.

Faixa de Medição: 0 - 0,25 / 0,5 mg/m<sup>3</sup>

Limite Inferior de Detecção: máximo de 10 µg/m<sup>3</sup> para ciclo de 60 minutos

Ciclos de Medição: 30 min / 1 / 3 / 12 / 24 h

Exatidão:  $\pm 10,0$  % da leitura para ciclo de 60 min

Radiação Máxima da Fonte de Raios Beta: 100 µCi

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: serial, padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Acessórios Obrigatórios: Sonda amostradora protegida contra condensação de umidade e padrões para calibração do monitor.

Deverão ser adquiridos juntamente com os equipamentos de amostragem sistemas completos de calibração dos medidores de partículas inaláveis menores que 2.5 µm

**Microbalança:** O princípio de medição utilizado nesse método baseia-se na avaliação contínua da frequência de vibração do conjunto filtrante, o que está diretamente relacionado à massa de partículas depositada sobre um elemento filtrante intercambiável. Então, uma amostra de ar contendo partículas totais em suspensão é forçada a passar através de um elemento filtrante a uma vazão controlada, retraindo as partículas contidas no fluxo de ar. A frequência de vibração de um corpo é igual à raiz quadrada de uma constante (de mola) dividida pela massa desse corpo. A leitura de massa do filtro é feita continuamente pela

variação da frequência de vibração do conjunto filtrante, sendo que quanto maior for a massa de poeira coletada no filtro, menor será a frequência do conjunto.

Faixa de Medição: 0 - 1,0 mg/m<sup>3</sup>

Limite Inferior de Detecção: máximo de 5 µg/m<sup>3</sup> para ciclo de 60 minutos

Ciclos de Medição: 30 min / 1 / 3 / 12 / 24 h

Exatidão: ± 2,0 µg/m<sup>3</sup> para ciclo de 60 min

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: serial, padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 60° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Acessórios Obrigatórios: Sonda amostradora protegida contra condensação de umidade, e padrões para calibração do monitor.

Deverão ser adquiridos juntamente com os equipamentos de amostragem sistemas completos de calibração dos medidores de Partículas Totais em Suspensão. Para os monitores beta são utilizadas placas ou pastilhas de calibração que simulam determinada concentração de partículas, que devem ser providas pelo mesmo fabricante do monitor. Para monitores de microbalança, são providos pelo fabricante elementos filtrantes com massas conhecidas para a calibração do instrumento.

### **PARTÍCULAS INALÁVEIS MENORES QUE 2.5 µm**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de raios β ou microbalança.

O monitoramento de partículas inaláveis menores que 2.5 µm deve ser realizado utilizando os mesmos princípios de medição recomendados para partículas inaláveis menores que 10 µm, ou seja, absorção de raios beta ou microbalança. A diferença entre os instrumentos é que, para a medição de MP<sub>10</sub>, é necessária a instalação de uma sonda com fracionador para triagem da fração fina (< 2.5 µm) das partículas existentes no ar ambiente.

Acessórios Obrigatórios: Sonda amostradora com fracionador para partículas menores que 2.5 µm protegida contra condensação de umidade, e padrões para calibração do monitor.

#### **5.5.1.2 EQUIPAMENTOS AUXILIARES**

### **RACK DE SUPORTE DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO**

É recomendada a utilização de rack para a instalação adequada de um ou mais monitores no interior de uma estação, racionalizando o espaço interno da mesma, facilitando a montagem e a manutenção dos aparelhos de medição e ainda oferecendo proteção adicional aos mesmos.

## **5.5.2 Equipamentos para a Medição de Condições Meteorológicas**

### DIREÇÃO DO VENTO

Princípio de Medição Recomendado: biruta (vane) com pás balanceadas

Faixa de Medição: 0 - 360°

Limite Inferior de Detecção: 0,5 m/s (ponto de partida)

Exatidão:  $\pm 5^\circ$  para velocidade acima de 3 m/s

Temperatura de Operação: 0 - 50 °C

Acessório Obrigatório: torre basculante ou telescópica para fixação do anemômetro (mesma acima)

### VELOCIDADE DO VENTO

Princípio de Medição Recomendado: anemômetro de conchas

Faixa de Medição: 0 - 45 m/s

Limite Inferior de Detecção: 0,5 m/s (ponto de partida)

Exatidão:  $\pm 0,25$  m/s para faixa de 0,5 a 5 m/s e  $\pm 2\%$  FS para velocidade acima de 5 m/s

Temperatura de Operação: 0 - 50° C

Acessório Obrigatório: torre basculante ou telescópica para fixação do anemômetro

Altura de Medição: 10 m acima do solo

### TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

Princípio de Medição Recomendado: termistor e sensor capacitivo

Faixa de Medição: -20 a 50 °C e 0 a 100%

Exatidão:  $\pm 0,35$  °C e  $\pm 3\%$

Acessório Obrigatório: base de sustentação e abrigo para o sensor

Altura de Medição: 3 m e 10 m acima do solo

### PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Princípio de Medição Recomendado: pluviômetro de gangorra;

Faixa de Medição: 0 - 100 mm/h;

Exatidão:  $\pm 1\%$  da leitura;

Acessório Obrigatório: base de sustentação do pluviômetro.

### PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Princípio de Medição Recomendado: transdutor estável de pressão;

Faixa de Medição: 26 a 32" Hg;

Exatidão:  $\pm 0,04$  Hg ( $\pm 1,35$  mb) ou  $\pm 0,125\%$  FS;

Temperatura: - 40 °C a + 50 °C;

Montagem: Montado a 1,50 m de altura em torre telescópica

### RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL

Princípio de Medição Recomendado: piranômetro (espectro na faixa de 400 a 1.100 nm)

Faixa de Medição: 0 – 1.400 W/m<sup>2</sup>

Exatidão: ± 5% FS

Acessório Obrigatório: base de sustentação do piranômetro.

### **5.5.3 Equipamentos para a Aquisição e Telemetria de Dados de Qualidade do Ar e Meteorologia**

Os dados gerados nas estações de medição pelos monitores contínuos de qualidade do ar e meteorologia, tomados como médias horárias, deverão ser localmente (na estação) armazenados temporariamente por um período mínimo de 30 dias e permitir a telemetria dos dados em memória para o Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA) e, simultaneamente, para a FEAM.

Sugere-se a instalação de um centro supervisório compartilhado pelas empresas Belocal e Ical. Desta maneira, os dados gerados por todas as estações que irão compor a RAMQAM-SJL serão compartilhados por ambas as empresas.

Para tanto, cada estação de monitoramento deverá dispor de sistemas de aquisição de dados compatíveis com o tipo e número de sinais gerados pelos monitores de qualidade do ar e meteorologia instalados, e sistema de comunicação digital quase simultânea com o CSMQA e o CVQA.

Os dados coletados nas estações de monitoramento poderão ser enviados ao CSMQA e ao CVQA por diferentes tecnologias, destacando-se:

- ☐ GSM (GPRS);
- ☐ Linha telefônica convencional discada;
- ☐ Internet (linha convencional + ADSL);
- ☐ Rádio;
- ☐ Redes locais (fibra ótica, wireless, etc.).

#### **5.5.3.1 SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TELEMETRIA DE DADOS**

##### **REQUISITOS DAS ESTAÇÕES REMOTAS**

Sistema de Aquisição de Dados: constituído de datalogger com entradas analógicas e/ou digitais (número de entradas variável de acordo com o número de sinais de cada estação), com intervalo de aquisição de dados máximo de 10 s, cálculo interno e armazenamento automático de médias horárias para cada parâmetro registrado; entradas lógicas para aquisição e registro de estado dos monitores (alarmes de falhas de funcionamento e calibração); capacidade de armazenamento das médias horárias medidas nos últimos 30 dias ou mais; dispositivo para comunicação com CSMQA e CVQA (modem, GPRS, placa de rede, etc.); 127 V, 60 Hz.

No Break Estabilizado: para alimentação contínua do Sistema de Aquisição de Dados; 127 V, 60 Hz, 1.000 VA; com autonomia mínima de 30 minutos com 100 % da carga.

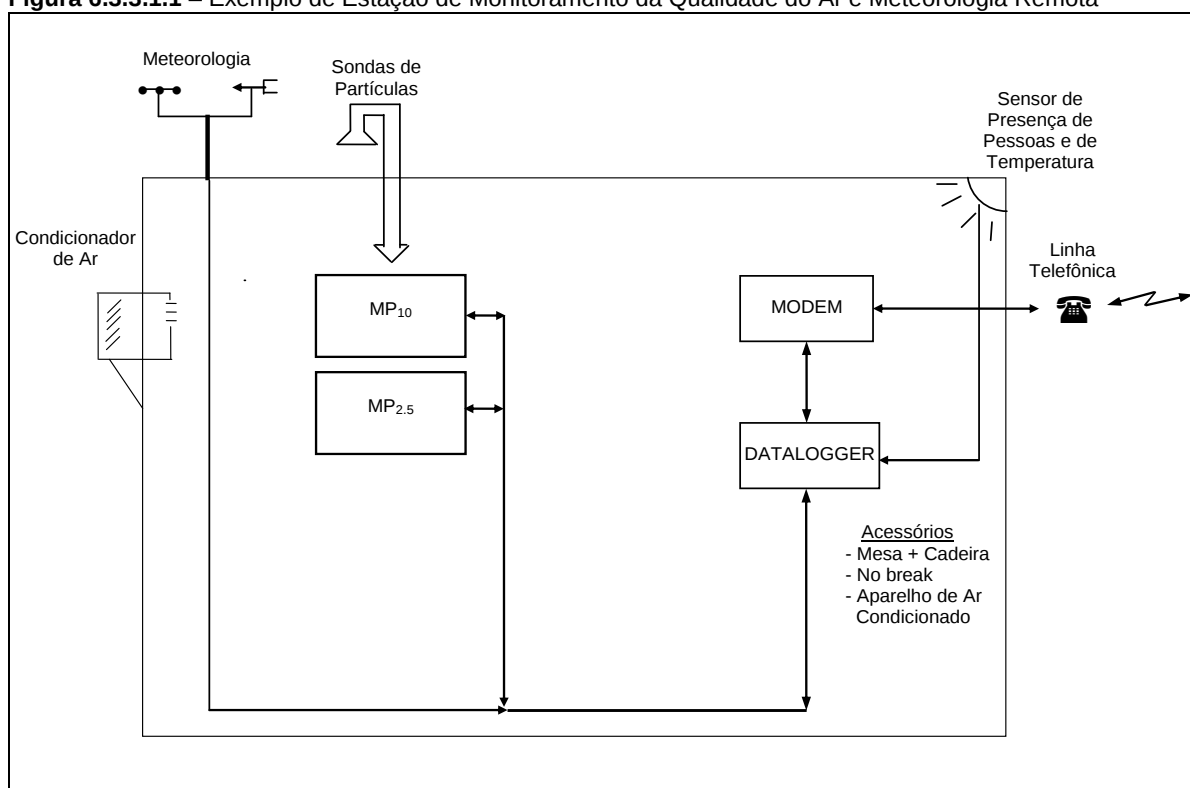
Linha Telefônica: terminal de linha telefônica fixa para conexão e telemetria de dados até o CSMQA e o CVQA, usando ligações discadas com modem ou conexão de internet com modem ADSL. A linha telefônica pode ser substituída por outro meio que possibilite a

comunicação de dados com as estações, como exemplos, rede local, rádio ou telefonia celular (GSM/GPRS).

Sensores de Temperatura Interna da Estação e Presença de Pessoas: os sinais coletados por estes sensores devem ser transmitidos através do datalogger ao CSMQA, o qual deve dispor de alarme de aviso ao operador quando limites pré-estabelecidos destes parâmetros forem atingidos ou quando houver a presença de pessoas na estação.

A Figura 6.3.3.1.1 ilustra o exemplo esquemático de configuração para uma estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia. Nesta figura é apresentada uma configuração típica da RAMQAM-SJL, incluindo analisadores de partículas e sensores meteorológicos.

**Figura 6.3.3.1.1 – Exemplo de Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia Remota**



## **REQUISITOS DO CENTRO SUPERVISÓRIO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR**

Microcomputador 1: tipo PC, dedicado exclusivamente à conexão sistemática com as estações de monitoramento da rede via linha discada, rádio, internet, rede local ou outro meio de comunicação para aquisição de dados gerados, validação automática de dados, transmissão automática dos dados válidos recebidos ao banco de dados e retransmissão até o CVQA (FEAM); processador I5 ou posterior; HD 500 GB; monitor colorido 19" SVGA; 5 GB memória RAM; modem (se utilizada comunicação por modem); placa de rede padrão Ethernet 1Gbps; sistema operacional Windows 7 ou posterior; 127 V, 60 Hz; software para aquisição de dados das estações, envio de dados para o CVQA (FEAM), validação primária e inserção automática dos mesmos no banco de dados da RAMQAM-SJL.

Microcomputador 2: tipo PC, processador I5 ou posterior; HD 500 GB; monitor colorido 19" SVGA; 3 GB memória RAM, placa de rede padrão Ethernet 1Gbps, sistema operacional Windows 7 ou posterior, 127 V, 60 Hz. Este computador será utilizado para a pós-validação manual de dados gerados pela rede, análise estatística de informações monitoradas pela rede, modelagem matemática da dispersão de poluentes na atmosfera, geração de relatórios de qualidade do ar, construção de campos de ventos, reconstrução do campo de poluentes, gestão de fontes emissoras de poluentes atmosféricos, dentre outras. Recomenda-se o uso de um aplicativo de mercado, dotado das funcionalidades citadas e de outras de interesse da Ical e da Belocal para esta finalidade.

No Break Estabilizado: para alimentação contínua dos 2 Microcomputadores do Centro Supervisório; 127 V, 60 Hz, 2 kVA; com autonomia mínima de 30 minutos.

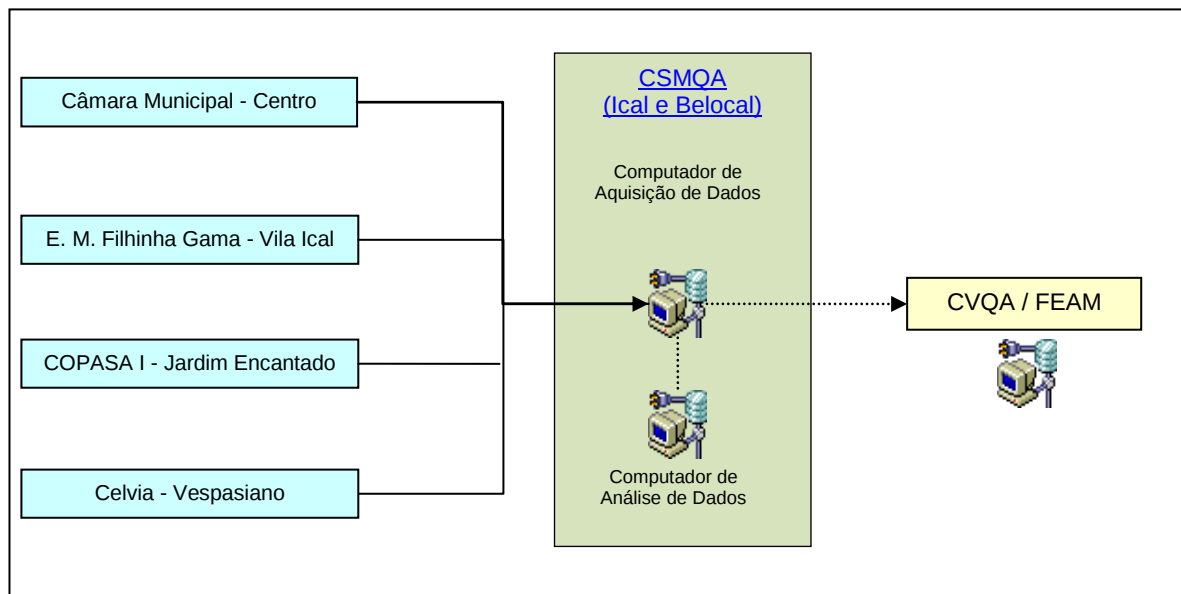
Banco de Dados: o CSMQA, compartilhado pelas empresas, deverá utilizar o banco de dados corporativo acessível pela rede local instalada, ou outro banco específico para o aplicativo de gestão e coleta de dados, de forma a garantir o armazenamento adequado do volume de informações a ser gerado continuamente pela RAMQAM-SJL.

#### 5.5.3.2 FLUXO DE DADOS

Conforme mencionado anteriormente, recomenda-se que a RAMQAM-SJL seja dotada de Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA) compartilhado pelas empresas Belocal e Ical, que receberá 24 horas por dia, via telemetria, todos os resultados gerados pelos instrumentos de medição. Simultaneamente, os dados de qualidade do ar e meteorologia medidos pela RAMQAM-SJL, poderão ser enviados via telemetria para o CVQA localizado na FEAM, sendo então incorporados aos demais dados do monitoramento ambiental gerenciados por este órgão ambiental. Diariamente, os dados gerados pela rede no dia anterior serão validados no CSMQA e reenviados ao CVQA para eventualmente substituir os dados brutos anteriormente enviados automaticamente.

O diagrama esquemático de fluxo de dados entre as estações de qualidade do ar, CSMQA e CVQA é apresentado na Figura 5.5.3.2.1.

**Figura 5.5.3.2.1** – Diagrama Esquemático do Fluxo de Informações da Rede Automática de Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa



## 6. SÍNTESE

O presente estudo teve como objetivos principais a quantificação do potencial de alteração da qualidade do ar das emissões atmosféricas decorrentes das atividades desenvolvidas nas empresas Belocal e Ical, a revisão do arranjo das estações atualmente existentes em São José da Lapa e o dimensionamento da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa (RAMQAM-SJL).

A avaliação do potencial de alteração da qualidade do ar e a revisão do arranjo e modernização da rede de monitoramento da qualidade do ar sintetizam ações de conhecimento e monitoramento que implicam no melhor entendimento sobre a dinâmica das emissões atmosféricas e qualidade do ar da região de São José da Lapa. Para a construção do conhecimento acerca dos impactos atmosféricos, foram analisados os efeitos das emissões atmosféricas da Ical em sinergia com as emissões da Belocal, com base em dados de produção dos anos de 2010 e 2011.

A partir dos resultados obtidos através do estudo do cenário de emissões atmosféricas, realizado com o auxílio de técnicas de modelagem matemática das condições meteorológicas (WRF) e da dispersão de poluentes na atmosfera (AERMOD) para a região de São José da Lapa, concluiu-se que as atividades produtivas da Ical e da Belocal apresentam potencial de produzir significativas alterações na qualidade do ar da região estudada para partículas.

Desta forma, faz-se necessário um aprimoramento do acompanhamento sistemático dos níveis de partículas na qualidade do ar na área de influência direta do empreendimento, notadamente nas áreas habitadas suscetíveis aos maiores impactos em termos de concentrações de partículas na atmosfera.

O projeto da Rede de Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de São José da Lapa (RAMQAM-SJL) foi realizado considerando as características atuais das estações de monitoramento, a necessidade de cobrir a área de influência dos empreendimentos e o atendimento da nota técnica da FEAM NT 02/2011.

As metodologias automatizadas de monitoramento são indicadas para a composição da RAMQAM-SJL por produzirem resultados padronizados e confiáveis de hora em hora, 24 horas por dia e 7 dias por semana, proporcionando o conhecimento adequado da qualidade do ar e das condições meteorológicas a todo momento, permitindo ainda a rápida detecção de eventos de qualidade do ar e possibilitando a tomada de ações imediatas de prevenção do agravamento do problema, protegendo o ambiente e a população. Com a implantação da RAMQAM-SJL será possível acompanhar tendências e sazonalidades de curto e longo prazo relativos à meteorologia e qualidade do ar, possibilitando a adoção de medidas adicionais preventivas de controle da emissão de poluentes em épocas mais propícias a ocorrência de eventos indesejáveis de qualidade do ar.

Para o dimensionamento da nova rede, foram mapeados diversos pontos na região de estudo para avaliar, com a aplicação da metodologia de figuras de mérito e esferas de influências, a sua eficiência de cobertura. Os locais mapeados foram analisados, também, em relação a alguns critérios essenciais para tornar o monitoramento representativo, tais como segurança, disponibilidade de energia elétrica, comunicação com a rede de telefonia e afastamento de potenciais fontes poluidoras interferentes.

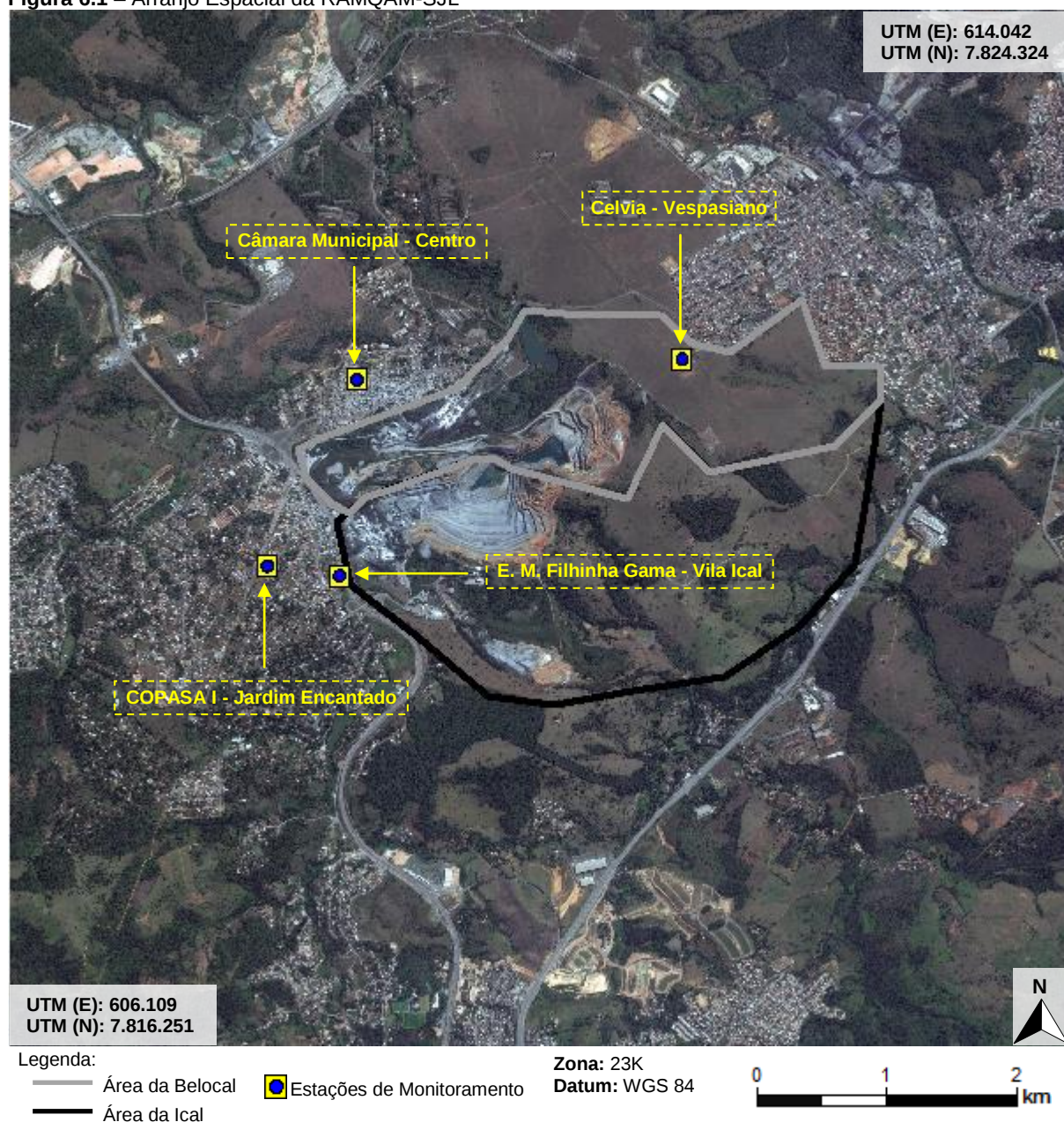
Dentre os locais candidatos a sediarem uma estação de monitoramento da qualidade do ar selecionados em visita de campo e analisados no estudo, foram escolhidos os pontos que

priorizam as áreas habitadas mais susceptíveis aos potenciais efeitos das emissões decorrentes das atividades das empresas Belocal e Ical, tais como as comunidades de Vila Ical, Cachoeira, Centro, Jardim Encantado, Granjas Reunidas São Vicente. A região de Celvia foi escolhida para representar uma zona de baseline.

Também foi considerado na definição da RAMQAM-SJL o desejo da comunidade de instalar uma estação de monitoramento da qualidade do ar na Escola Filhinha Gama. Com base nesse pré-requisito, a Escola Filhinha Gama foi utilizada na composição da RAMQAM-SJL, apesar desse local ser suscetível à interferência local das emissões da rodovia MG-424, que passa às margens da escola. A adoção da escola como integrante da RAMQAM-SJL foi referendada pela FEAM e as empresas Ical e Belocal.

Dessa forma, A Figura 6.1 e Tabela 6.1 apresentam o arranjo da RAMQAM-SJL e sua configuração em termos de parâmetros monitorados, respectivamente.

**Figura 6.1** – Arranjo Espacial da RAMQAM-SJL



**Tabela 6.1** – Configuração Proposta para a RAMQAM –SJL

| Estação                         | Qualidade do Ar  |                   | Meteorologia |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------|------------------|-------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|
|                                 | MP <sub>10</sub> | MP <sub>2,5</sub> | DV           | VV | TA | PP | RS | UR | PA |
| Câmara Municipal - Centro       | X                | X                 |              |    |    |    |    |    |    |
| E. M. Filhinha Gama - Vila Ical | X                | X                 |              |    |    |    |    |    |    |
| COPASA I - Jardim Encantado     | X                | X                 | X            | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| Celvia - Vespasiano             | X                | X                 | X            | X  | X  | X  | X  | X  | X  |

Legenda:

MP<sub>10</sub> material particulado menor que 10 µm

MP<sub>2,5</sub> material particulado menor que 2,5 µm

DV direção do vento

VV velocidade do vento

TA temperatura do ar

PP precipitação pluviométrica

RS radiação solar

UR umidade relativa do ar

PA pressão atmosférica

Por fim, vale ressaltar que, apesar da RAMQAM-SJL ter sido projetada para monitorar as áreas habitadas de São José da Lapa com maior potencial de influência das emissões atmosféricas da Ical e Belocal, não significa que as concentrações de poluentes a serem mensuradas nas estações que comporão essa rede serão de exclusiva responsabilidade dessas empresas. Como a atmosfera não tem fronteiras, a qualidade do ar é formada por diversos contribuintes situados nas proximidades, na região metropolitana de Belo Horizonte e até em outros continentes, por fontes naturais e antropogênicas. Desta forma, dependendo das condições meteorológicas incidentes e das emissões de poluentes na Ical e Belocal, em certos momentos essas empresas poderão até não ter qualquer influência nas concentrações lidas em determinadas estações de medição. Em outros momentos, uma ou as duas empresas em conjunto poderão responder por uma parcela significativa das concentrações de poluentes mensuradas em determinado local. Desta forma, é preciso analisar cada cenário à luz de todas as variáveis relevantes envolvidas, de forma a apontar ou excluir responsabilidades de acordo com cada evento ou contexto, tornando a gestão atmosférica mais assertiva e eficaz.

## **7. EQUIPE TÉCNICA**

Luiz Cláudio D. Santolim

Coordenador Técnico  
Mestre em Engenharia Ambiental  
Engenheiro Mecânico  
CREA: ES 4.531/D

Flávio Curbani

Mestre em Engenharia Ambiental  
Engenheiro de Segurança do Trabalho  
Engenheiro Mecânico  
CREA: ES 7.864/D

Julius César Zamprogno Mergulhão

Engenheiro Ambiental  
CREA: ES 29.613/D

## 8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acessado em 16 de Dezembro de 2011.

BRASIL, **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981**. [Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências]. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BRASIL, **Resolução CONAMA 05/1989, de 15 de junho de 1989**. [Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR]. Publicada no Diário Oficial da União em 30/08/1989.

BRASIL, **Resolução CONAMA 03/90, de 28 de junho de 1990**. [Estabelece padrões de qualidade do ar e critérios para elaboração de planos de emergência nos casos de episódios críticos de poluição do ar]. Publicado no Diário Oficial da União em 22 set 1990.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. **Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone**. Journal of Climate, v. 15, p. 2377-2394, 2002.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. **The South Atlantic Convergence Zone: persistence, intensity, form, extreme precipitation and relationships with intraseasonal activity**. J. Climate, 17, p. 88-108, 2004.

DAVID, F.N. **Tables of the Ordinates and Probability Integral of the Distribution of the Correlation Coefficient in Small Samples**. London: Biometrika Office, 1938.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Dados de Relevô em SRTM**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>>. Acessado em 27 de Dezembro de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

KODAMA, Y. M. **Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones**. Journal of Meteorological Society of Japan, 70, p. 813–835, 1992.

KODAMA, Y. M. **Large-scale common features of subtropical convergence zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating STCZs**. Journal of Meteorological Society of Japan, 71, p. 581–610, 1993.

LANGSTAFF, J., C. SEIGNEUR and M. K. LIU: “**Design of an Optimum Air Pollution Network for Exposure Assessments**.” Atmospheric Environment. 21, 1393-1410, 1987.

LIEBMANN, B.; JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. **Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of São Paulo, Brazil**. J. Climate, 14, p. 208–218, 2001.

MINUZZI, R., B., SEDIYAM, A., G., C., BARBOSA, E., M., MELO, J., C., F., J. **Climatologia do Comportamento do Período Chuvoso da Região Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 22, nº3, 338-344, 2007.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul ZCAS sobre a America do Sul**, Ano de Obtenção: 1994. Dissertação de Mestrado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Brasil, 1994.

REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA (REDEMET). **Consulta de Mensagens Meteorológicas**. Mensagem do tipo METAR para o Aeroporto Internacional Tancredo Neves (SBCF). Disponível em: <[http://www.redemet.aer.mil.br/consulta\\_msg/](http://www.redemet.aer.mil.br/consulta_msg/)>. Acesso em novembro de 2011.

SANTOLIM, L. C. D. **Rede Otimizada de Monitoramento da Qualidade do Ar Para a Região da Grande Vitória**. 1991. Dissertação de Mestrado – Centro Tecnológico, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1991.

SATYAMURTI, P.; NOBRE, C.; SILVA DIAS, P. L. **South America. Meteorology of the Southern Hemisphere**, D. J. Karoly and D. G. Vincent, Eds., Amer. Meteor. Soc., p. 119–139, 1998.

SISTEMA DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS (SIMGE). **Mapas climáticos**. Disponível em: <[http://www.simge.mg.gov.br/monitoramento/mapas\\_climaticos.html](http://www.simge.mg.gov.br/monitoramento/mapas_climaticos.html)>. Acessado em 16 de Dezembro de 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **User's Guide For The AMS/EPA Regulatory Model**. Office of Air Quality Planning and Standards. Emissions Monitoring and Analysis Division. Research Triangle Park, North Carolina, USA. 2004.

VIANELLO, R. L., ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

WEATHER RESEARCH AND FORECASTING (WRF). **Modeling System User's Guide Version 3.3**. Mesoscale & Microscale Meteorology Division, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA. Disponível em: <<http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/>>. Acesso em novembro de 2011.