

PROPOSIÇÃO DO NOVO FATOR DE EMISSÃO PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Elaborado para:

**ASSOCIAÇÃO MINEIRA DA INDÚSTRIA
FLORESTAL - AMIF**



SUMÁRIO

1 - Apresentação	5
2 - O Experimento	7
2.1 - Localidades	7
2.1.1 – Município de Josenópolis	8
2.1.2 - São Gonçalo do Abaeté	12
2.1.3 – Paraopeba	16
2.2 – Etapas	20
2.2.1 - Modelagem	20
2.2.2 - Monitoramento	22
2.2.3 - Análise Físico-química	24
3. Resultados e Análises	26
3.1 - Monitoramento	27
3.1.1 - Análise Físico-química	29
3.2 - Modelagem	38
3.2.1 - Josenópolis	38
3.2.1 – Análise	39
.....	41
3.2.2 – São Gonçalo do Abaeté	43
3.2.2.1 – Análise	43
3.2.3 – Paraopeba	47
3.2.3.1 Análise	47
3.2.4- Síntese da Análise	49
4. Proposta do Novo Fator de Emissão	52
5. Considerações Finais	53
6 - Referências Bibliográficas	55

LISTADE FIGURAS

Figura 1 – Localidades Selecionadas para o Estudo de Novo Fator de Emissão.....	8
Figura 2 - Localização da UPC Município de Josenópolis - MG.....	9
Figura 3 – Mapa Hipsométrico do Município de Josenópolis- MG.....	10
Figura 4 – Rosa dos Ventos – Estação Salinas- MG	11
Figura 5 - Localização da UPC Município de São Gonçalo do Abaeté- MG.....	13
Figura 6 – Mapa Hipsométrico do Município de São Gonçalo do Abaeté- MG.....	14
Figura 7 – Rosa dos Ventos – Estação Três Marias- MG	15
Figura 8 - Localização da UPC Município de Paraopeba- MG	17
Figura 9 – Mapa Hipsométrico do Município de Paropeba- MG.....	18
Figura 10 – Rosa dos Ventos – Estação Pompéu- MG.....	19
Figura 11 - Organograma da Metodologia Empregada no Modelo Matemático AERMOD.....	22
Figura 12 – Esquema e Imagem de um Amostrador de Grande Volume – AGV.....	23
Figura 13 - Pluma da Modelagem UPC Município de Josenópolis – 24H – Fator Emissão: 5,74kg/t.....	41
Figura 14 - Pluma da Modelagem UPC Município de Josenópolis – 24H – Fator Emissão: 66,4kg/t.....	42
Figura 15 - Pluma da Modelagem UPC Município de São Gonçalo do Abaeté – 24H – Fator Emissão: 34,3kg/t.....	45
Figura 16 - Pluma da Modelagem UPC Município de São Gonçalo do Abaeté – 24H – Fator Emissão: 66,4kg/t.....	46
Figura 17 – UPC's Identificadas na área de Estudo.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese dos Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar – Máximas por Mês - µg/m ³	28
Tabela 2 – Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Primeiro Trimestre	31
Tabela 3 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Segundo Trimestre	32
Tabela 4 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Terceiro Trimestre	34
Tabela 5 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Quarto Trimestre	34
Tabela 6 – Síntese dos Valores de Concentração de Referência para Qualidade do Ar	37
Tabela 7 - Síntese Resultado da Modelagem com os Novos Valores para FE	50
Tabela 8 – Síntese da Proposição de Novo Fator de Emissão	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma Josenópolis - MG	12
Gráfico 2 - Histograma São Gonçalo do Abaeté – MG.....	16
Gráfico 3 - Histograma do Município de Paraopeba – MG.....	20

1 - Apresentação

O presente relatório técnico apresenta a proposição de novos valores para o Fator de Emissão aplicado à produção de Carvão Vegetal no estado de Minas Gerais.

O Fator de Emissão, FE, representa uma variável chave para se estabelecer o inventário de emissões de determinada atividade. São expressos em forma de razão de volume de poluente emitido para atmosfera por volume de produto produzido, geralmente expressos na grandeza de quilos por tonelada (kg/t.).

Os valores aqui propostos resultam de longo experimento prático, definidos por meio de estudo cuja metodologia foi proposta pela Associação Mineira da Indústria Florestal – AMIF, inicialmente por meio de um pré-projeto, submetido à análise técnica da Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR, da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.

Em resposta, a FEAM, por meio do documento “*Relatório Técnico GESAR nº07/2020*”, endossa a necessidade de revisar o valor 66,4kg de material particulado emitido por tonelada de carvão produzido. Conforme apresentado pelo setor em 2019, o fator de emissão vigente encontrava-se superestimando, entendendo-se que o fator foi estimado na época com dados disponíveis para tal para que cumprisse os prazos que já estavam em curso na época para a elaboração dos Estudos de Dispersão Atmosférica dos empreendimentos de carvão vegetal no Estado.

Assim, o citado relatório apresenta as etapas necessárias à avaliação de um novo Fator de Emissão pautado na calibração reversa do modelo matemático Aermod. Além disso, ainda define os demais instrumentos de suporte:

- “Realizar o monitoramento da qualidade do ar por meio de amostradores de grande volume (HiVol), em 06 (seis) pontos, por um período de 01 (um) ano, distribuídos em três localidades distintas no Estado. Essas localidades deverão ser escolhidas com base nos resultados obtidos em Estudos de

Dispersão Atmosférica já elaborados e outros critérios técnicos específicos pertinentes ao objetivo do estudo.

- Realizar análise laboratorial, quantitativa e qualitativa, a fim de determinar as características físico-químicas do material particulado coletado nos amostradores de grande volume (Hi-Vol). Essas análises irão representar o comportamento dos resultados obtidos no período úmido e seco do ano.
- Definir aproximadamente a parcela de contribuição oriunda dos fornos de carbonização no total de poluentes encontrados nos pontos de monitoramento, bem como a fração aerodinâmica mais representativa para as emissões da atividade em questão.
- “Considerar os resultados de concentração obtidos no monitoramento como receptores discretos para calibração do modelo.”

Com base neste manifesto, a AMIF e o Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais, SINDIFER, em parceria com as empresas Melhorar Soluções Sustentáveis, Grupo Aqua Brasil e com o Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, UFV, apresentou em fevereiro de 2021 o Projeto “Proposição do Novo Fator de Emissão Para a Produção de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais” contendo todo o detalhamento metodológico pautado em 3 eixos: Modelagem Matemática, Monitoramento da Qualidade do Ar e Análise Físico-química do Material Particulado.

Conforme mencionado, todos os históricos das discussões motivadas a partir da publicação da Deliberação Normativa COPAM Nº 227 DE 29/08/2018, encontram-se registrado nos documentos citados, bem como o processo coletivo de construção metodológica. A FEAM se manteve tecnicamente atuante em todas as etapas, portanto o foco do presente relatório será no último tópico das considerações do “*Relatório Técnico GESAR nº07/2020*”:

- “Desenvolver fundamentação técnica científica, por meio dos resultados obtidos nas etapas anteriores, para proposição de um novo valor para o Fator de Emissão correspondente à atividade de produção de carvão no Estado de Minas Gerais”.

A seguir será apresentado um detalhamento da condução dos experimentos com foco nas localidades e seus respectivos resultados.

Ressalta-se que todos os documentos citados, planilhas de resultados, memorial de cálculo, relatórios de amostragem, projetos do Aermod, arquivos meteorológicos, bem como toda e qualquer parte constituinte do processo de desenvolvimento deste estudo, serão disponibilizados em formato digital, anexos ao presente relatório.

2 - O Experimento

2.1 - Localidades

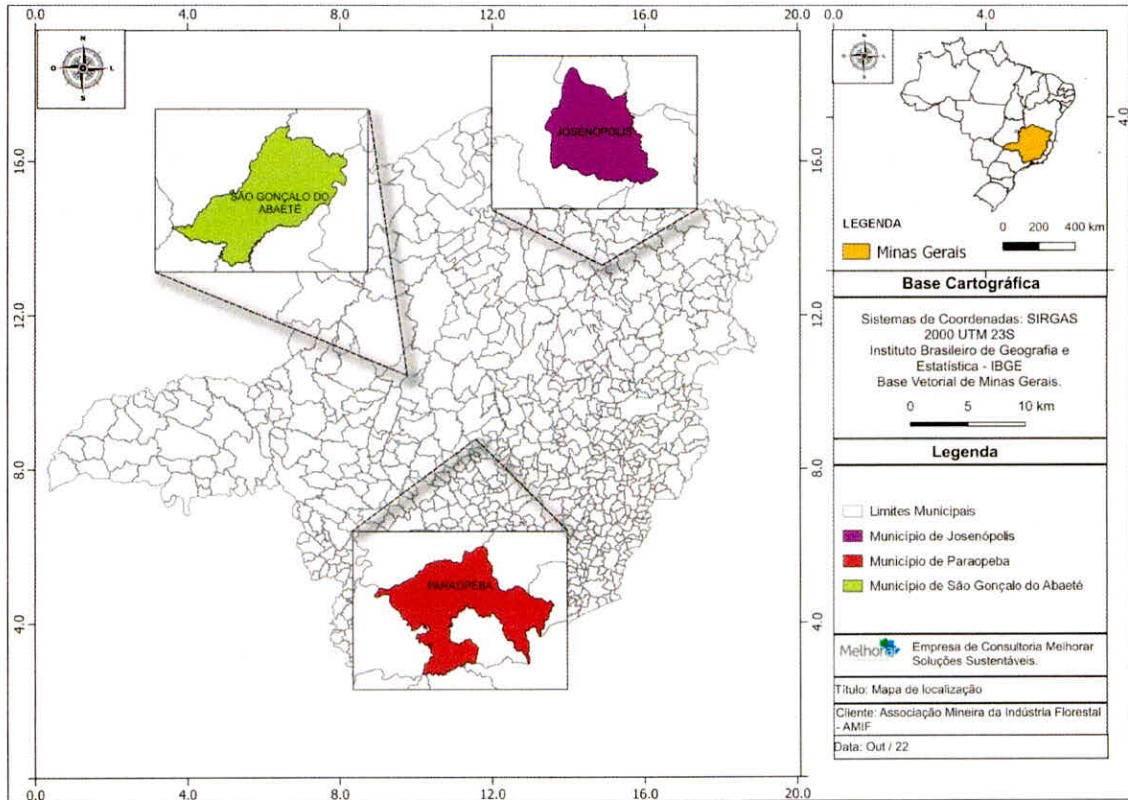
Conforme metodologia construída em conjunto com a FEAM, determinou-se que o estudo deveria contemplar 3 localidades. Foram escolhidas com base em critérios de representatividade da produção de carvão no Estado, buscou-se representar os principais tipos de fornos existentes.

Foram priorizadas regiões onde o impacto advindo da produção de carvão pudesse ser evidenciado em condições com as mínimas interferências de outros tipos de atividades minerárias e industriais.

O experimento foi então realizado nos municípios de Josenópolis, São Gonçalo do Abaeté e Paraopeba, representando 3 regiões do estado e destacando fornos dos tipos circular e retangular, distribuídos da seguinte forma:

- Josenópolis: Fornos Circulares;
- São Gonçalo do Abaeté: Fornos Circulares e Fornos Retangulares;
- Paraopeba: Fornos Retangulares.

Figura 1 – Localidades Selecionadas para o Estudo de Novo Fator de Emissão

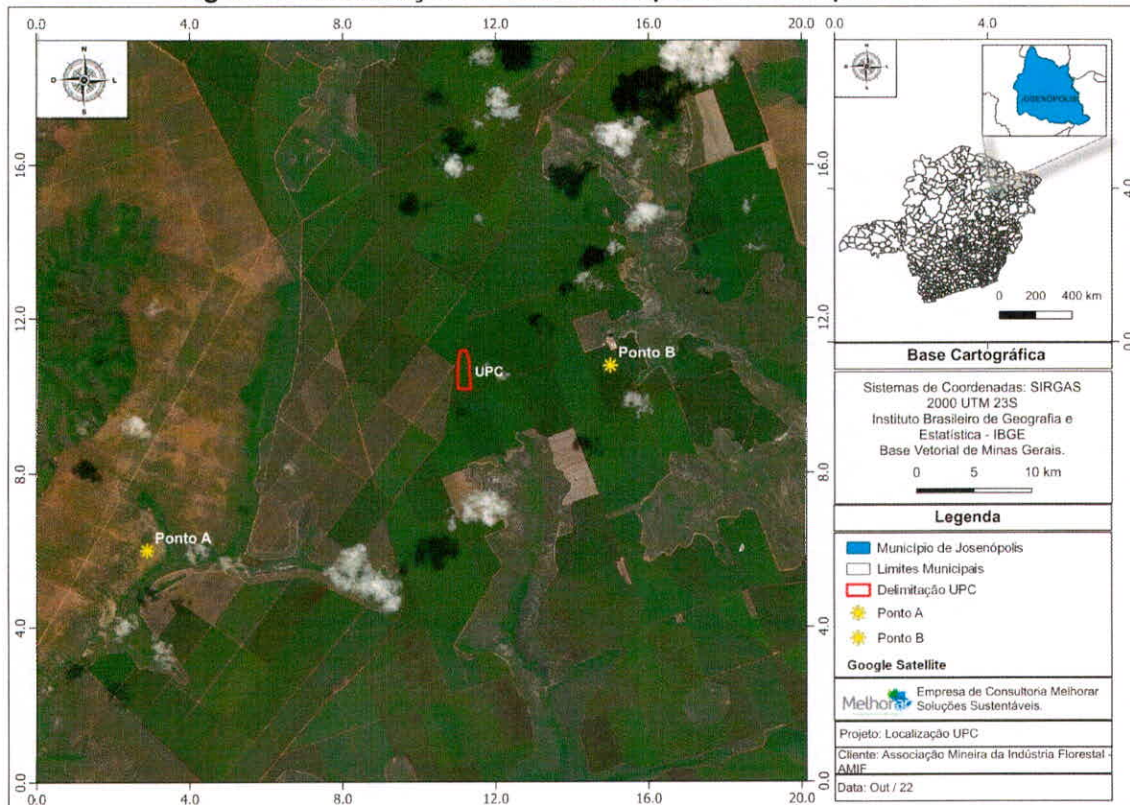


Fonte: Autores, 2022.

2.1.1 – Município de Josenópolis

A Unidade de Produção de Carvão, UPC, escolhida localiza-se na mesorregião Norte de Minas Gerais, nas coordenadas UTM 752694,00 E / 8182290,00 S. Os pontos de monitoramento analisados estão a 5,19 Km para o Ponto A e a 2,12 Km para o Ponto B em relação à UPC.

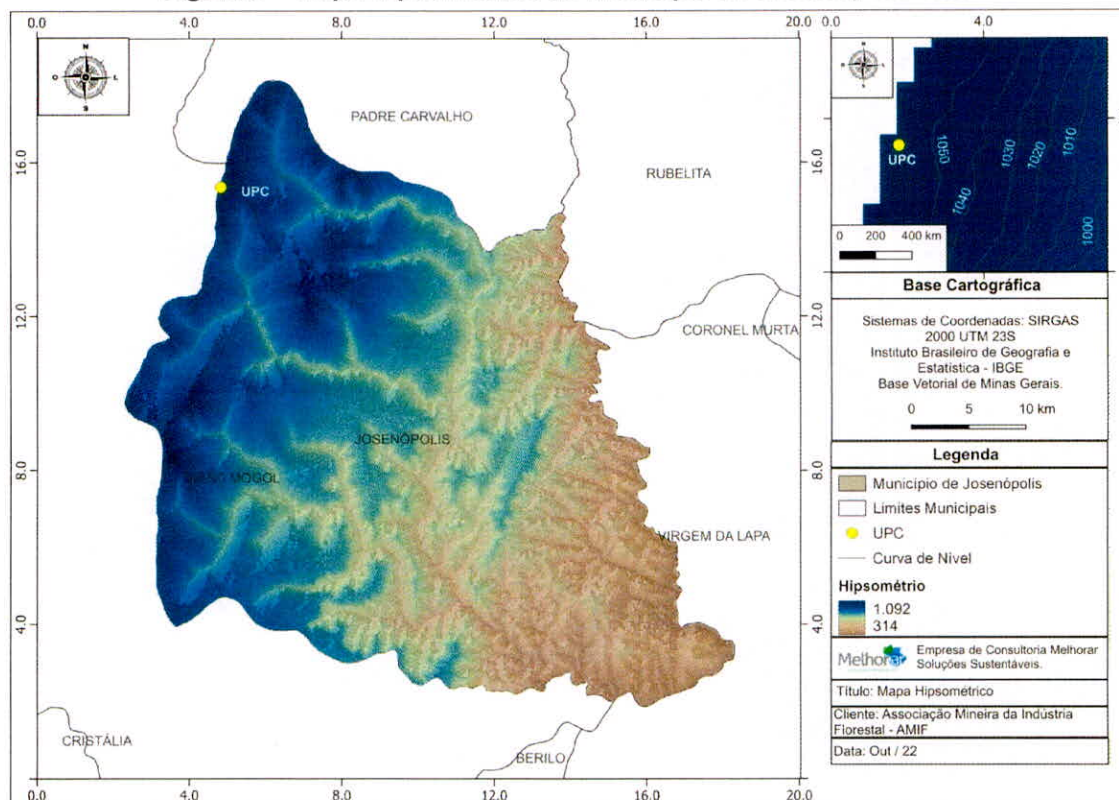
Figura 2 - Localização da UPC Município de Josenópolis - MG



Fonte: Autores, 2022.

No aspecto geomorfológico, a região de Josenópolis pertence ao Grupo Macaúbas. Ela apresenta um relevo predominantemente montanhoso com cotas altimétricas que variam de 1090 metros no divisor de águas entre os córregos Mumbuca e da Piteira, coincidindo com a região das chapadas e decrescendo até as margens do Rio Vacari, a cerca de 400 metros de altitude. (Castro, 2019).

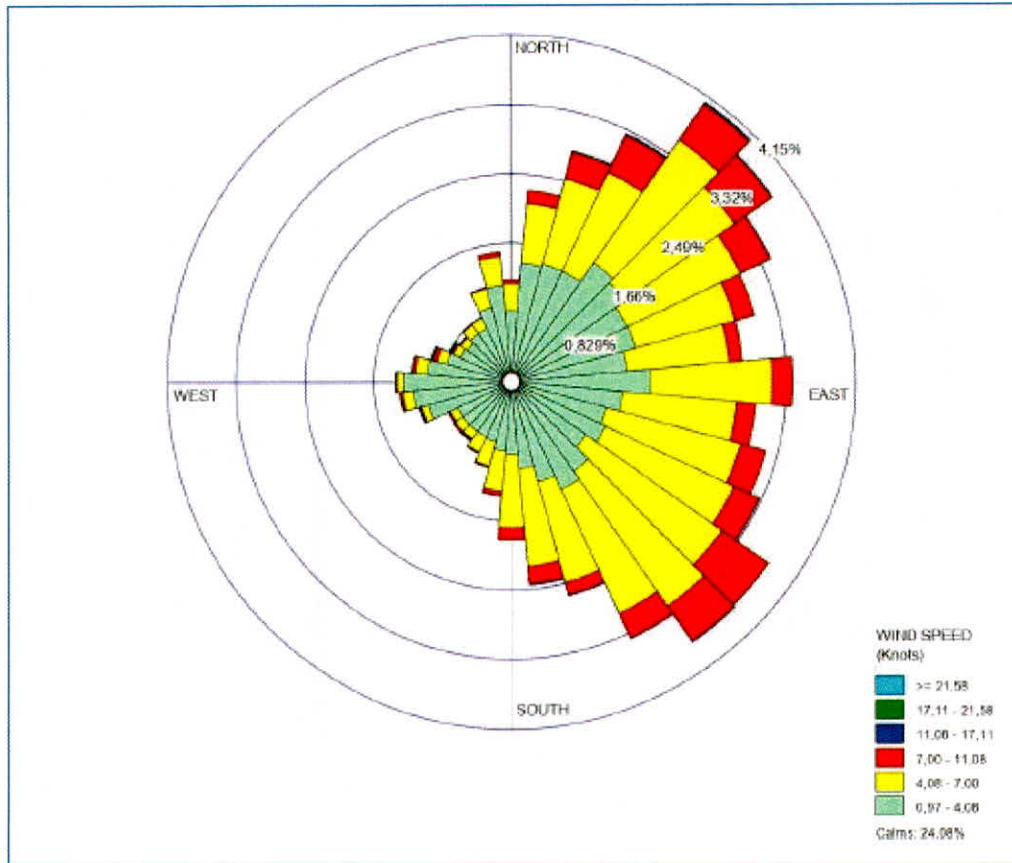
Figura 3 – Mapa Hipsométrico do Município de Josenópolis- MG



Fonte: Autores, 2022.

Abaixo, a figura 4 retrata a rosa-dos-ventos correspondente a estação meteorológica, utilizada para esta região, localizada na cidade de Salinas / MG. É notável a predominância do vento que varia nas direções leste – sudeste. Os ventos calmos contabilizaram em 24%.

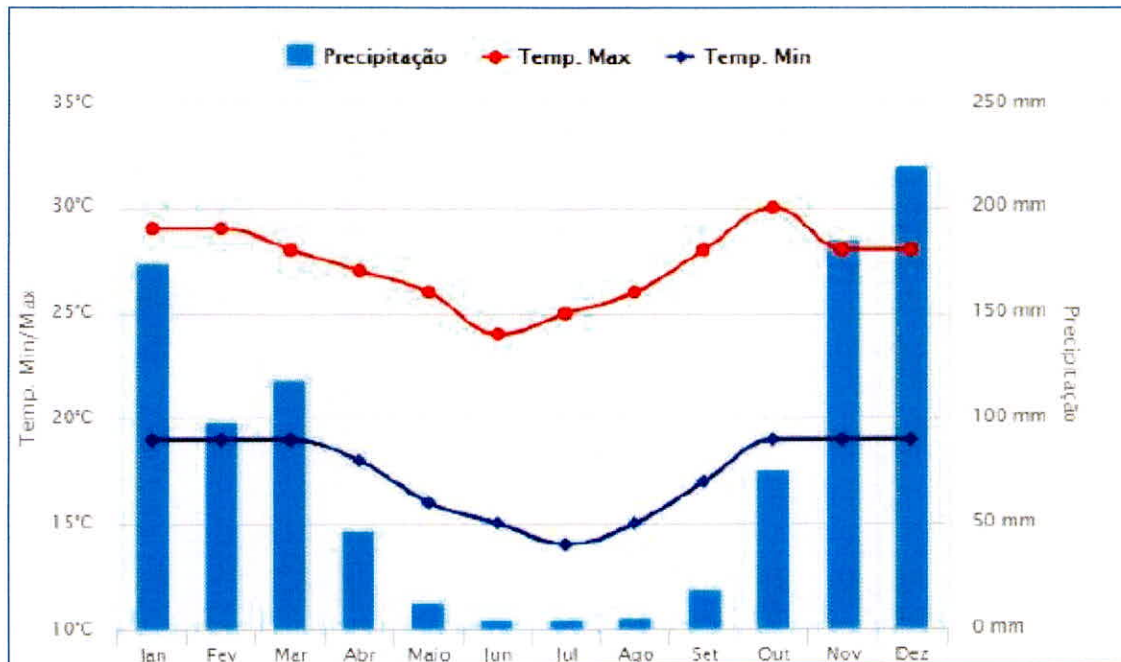
Figura 4 – Rosa dos Ventos – Estação Salinas- MG



Fonte: AERMET, 2018.

De acordo com o Climatempo (2019), a estação mais quente permanece com temperaturas máximas de 30°C, com média anual de precipitação acima de 200 mm e temperaturas mínimas de 15°C, com precipitação média abaixo de 50 mm. A estação mais fria do ano ocorre durante os meses de junho, julho e agosto. O período mais seco do ano é marcado com média de 14°C. O período mais chuvoso do ano é entre outubro a março. O histograma de temperatura e de precipitação do município de Josenópolis (MG) pode ser visualizado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Histograma Josenópolis - MG



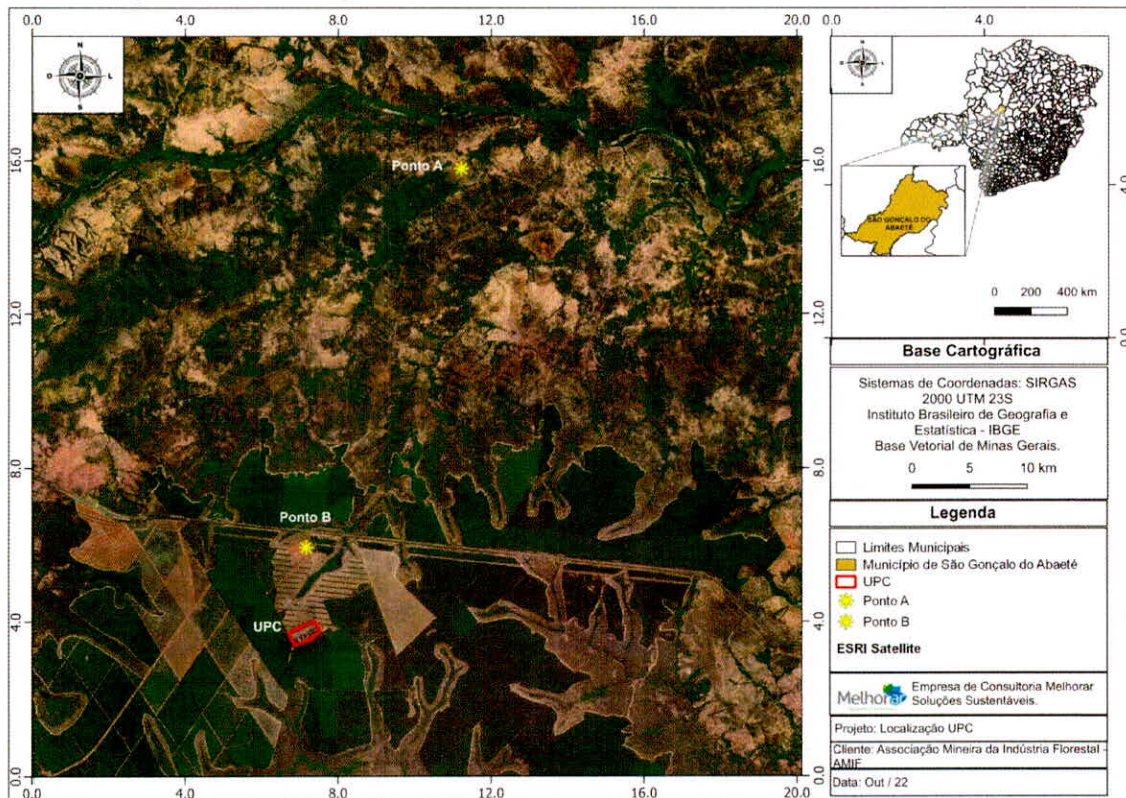
Fonte: Climatempo, 2019.

Cabe ressaltar que o inverno é marcado por frequentes entradas de frentes frias, que são responsáveis pela queda de temperatura. Nessas situações é comum a altura da camada de mistura estar mais baixa, dificultando a dispersão dos poluentes em função do fenômeno de inversão térmica.

2.1.2 - São Gonçalo do Abaeté

A UPC está na mesorregião Nordeste do Estado de Minas Gerais, com coordenadas UTM 459760,00 E / 7993240,00 O. Os pontos de monitoramento analisados estão a 7,11 Km para o Ponto A e a 1,25 Km para o Ponto B em relação à UPC.

Figura 5 - Localização da UPC Município de São Gonçalo do Abaeté- MG



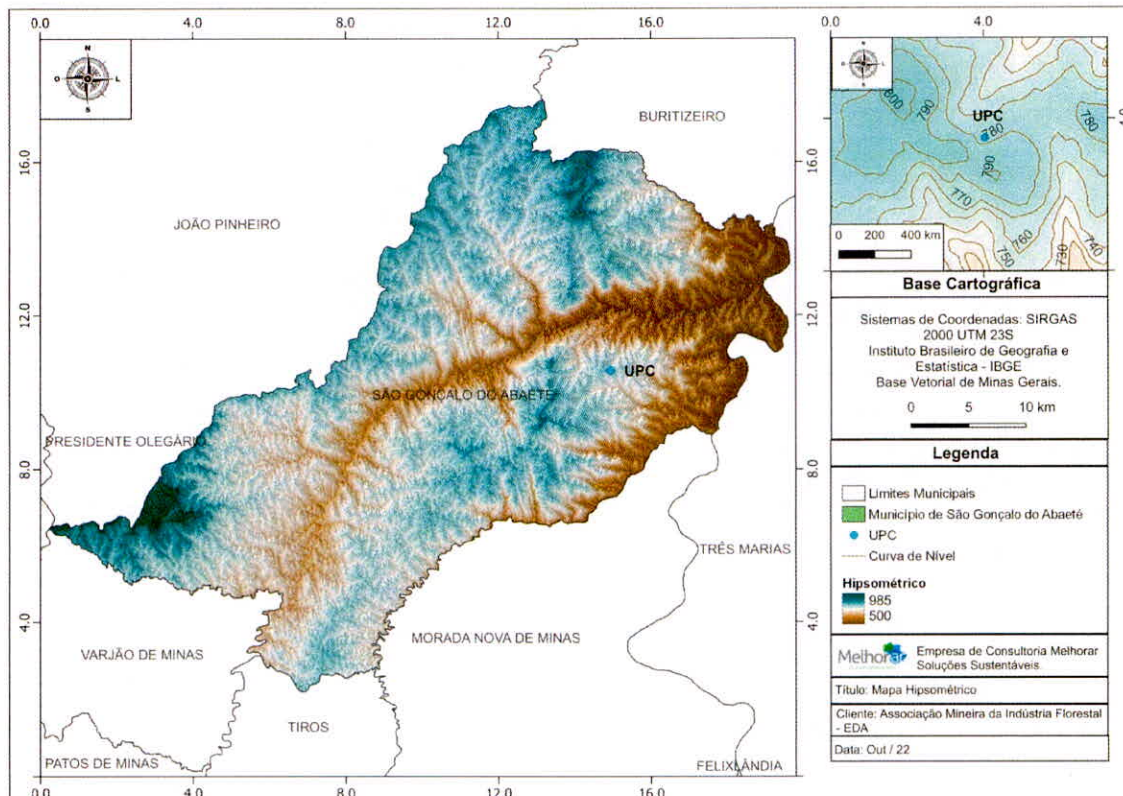
Fonte: Autores, 2022.

A região de São Gonçalo do Abaeté é compreendida em uma única morfoestrutura correspondente à Bacia Sedimentar do São Francisco, correspondendo a afloramentos da Formação Mata de Corda e Grupo Areado.

A morfoestrutura do Planalto do São Francisco apresenta neste trecho dois compartimentos morfoesculturais distintos, uma superfície preservada e outra dissecada. Uma delas é a unidade formada por superfícies tabulares (chapadas com coberturas sedimentares, predominantemente arenosas), delimitadas geralmente por rebordos erosivos bem marcados, recobertos por cerrado e veredas.

Por outro lado, as áreas dissecadas e deprimidas correspondem ao afloramento e compreendem o piso regional do relevo, que é afetado por rios que correm em direção ao São Francisco. Apresentam conglomerados aflorados a partir de 600 metros, dando lugar a uma morfologia de relevo residual com vertentes convexas e retilíneas (Oliveira; Rodrigues, 2007). (Oliveira & Rodrigues, 2007)

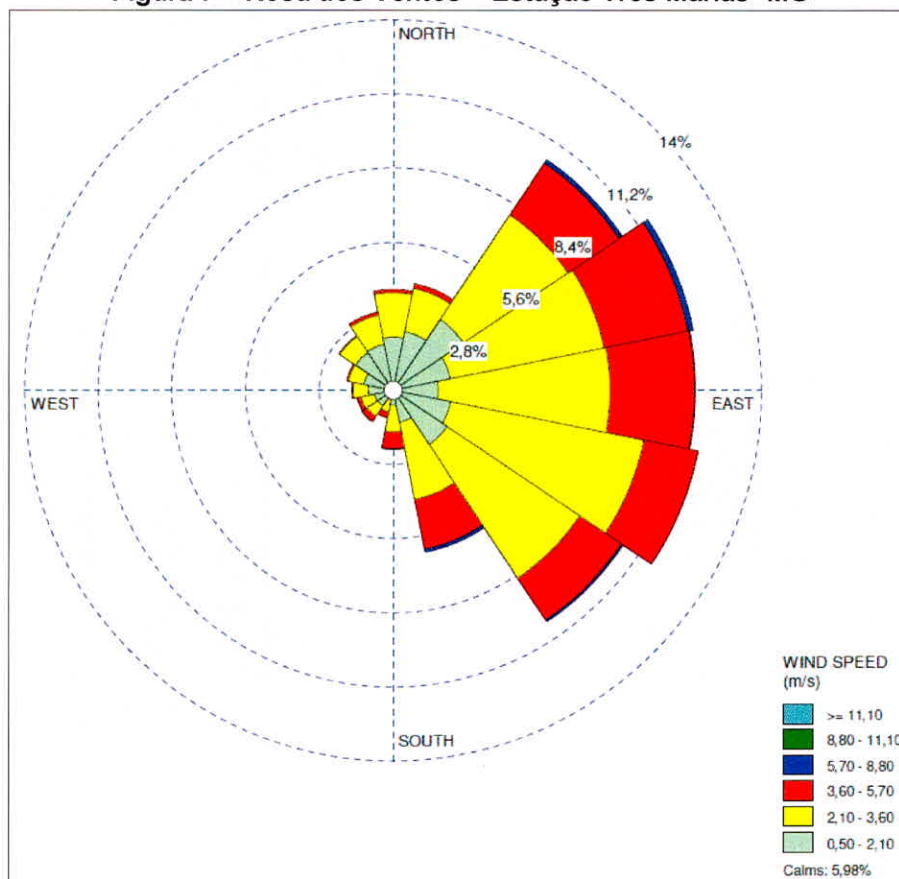
Figura 6 – Mapa Hipsométrico do Município de São Gonçalo do Abaeté- MG



Fonte: Autores, 2022.

O município de São Gonçalo do Abaeté/MG possui vento predominante de leste-sudeste. Essa referência foi importante para conhecer o vento mais atuante na região de uma forma climatológica. A figura 7 retrata a rosa-dos-ventos para a cidade de Três Marias/MG. É notável a predominância do vento que vem da direção leste-sudeste, oriundo de sistemas de alta pressão que se situam no Oceano Atlântico. Os ventos calmos contabilizaram em 5,98%.

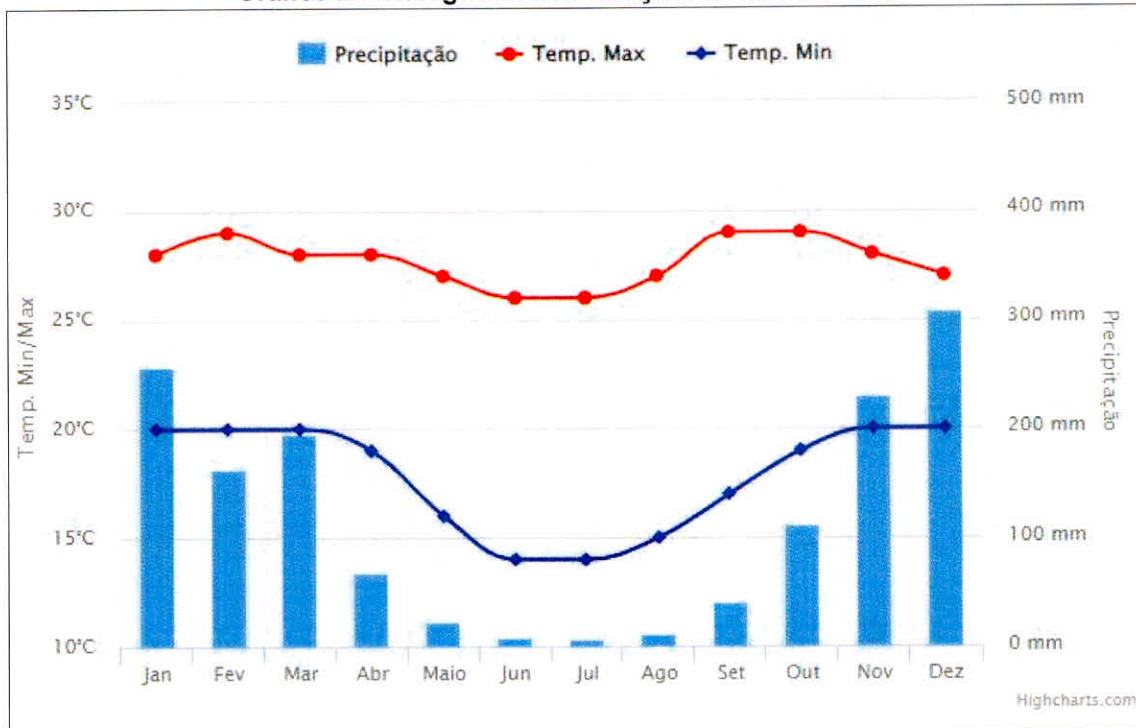
Figura 7 – Rosa dos Ventos – Estação Três Marias- MG



Fonte: AERMET, 2018.

De acordo com o Climatedo (2019), a estação mais quente permanece com temperaturas máximas de 30°C, com média anual de precipitação acima de 400 mm e temperaturas mínimas de 15°C, com precipitação média abaixo de 100 mm. A estação mais fria do ano ocorre nos meses de junho e julho, que representa o período mais seco do ano, com média de 14°C. O período mais chuvoso do ano é entre outubro e fevereiro.

Gráfico 2 - Histograma São Gonçalo do Abaeté – MG

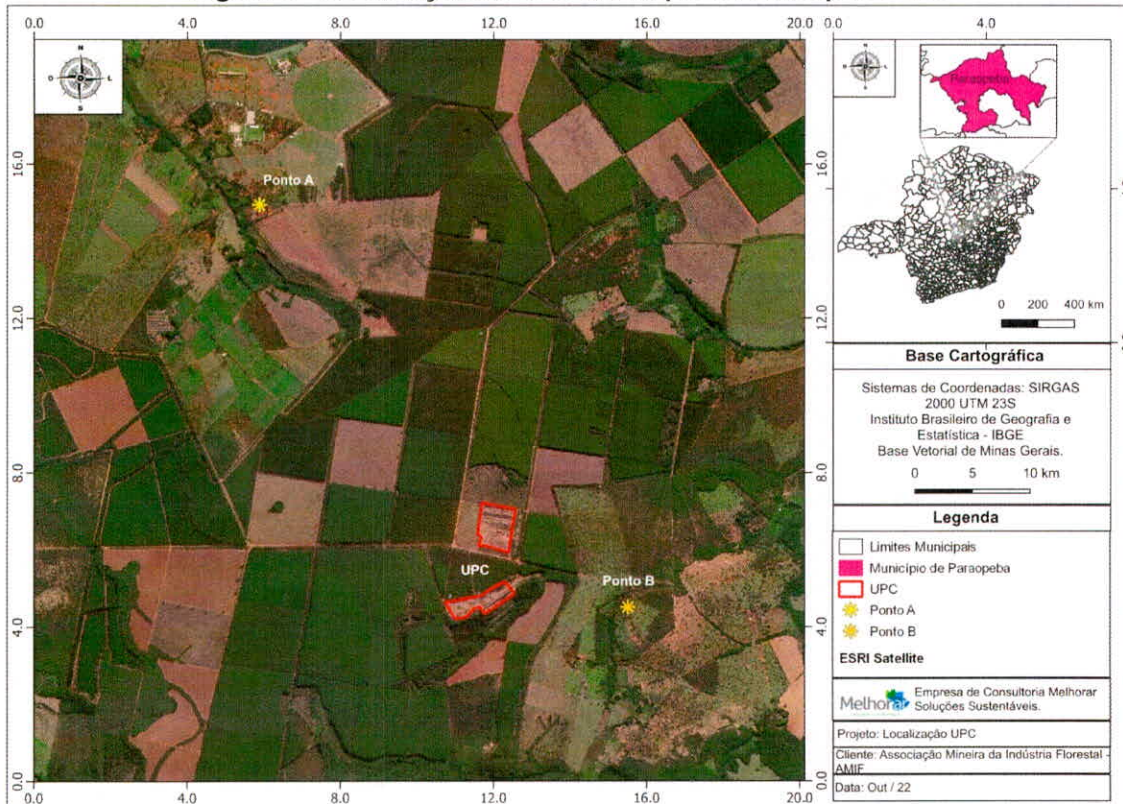


Fonte: Climatempo, 2019.

2.1.3 – Paraopeba

A UPC está na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com coordenadas UTM 552035,00 E / 7865910,00 O. Os pontos de monitoramento analisados estão a 3,19 Km para o Ponto A e a 1,04 Km para o Ponto B em relação a UPC.

Figura 8 - Localização da UPC Município de Paraopeba- MG



Fonte: Autores, 2022.

Essa morfologia é resultante do contexto geotectônico no qual a bacia se encontra inserida. A bacia do Paraopeba está a S-SE do cráton do São Francisco e a SO do Quadrilátero Ferrífero

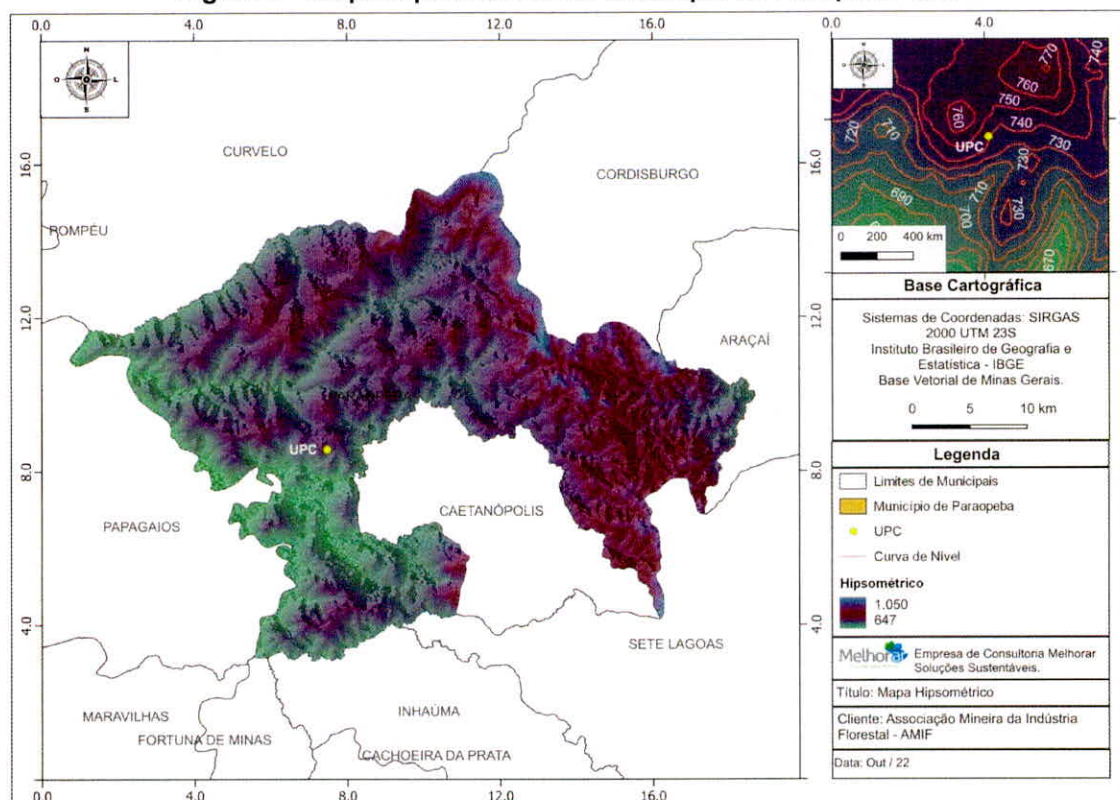
Em conformidade com a compartimentação geológica, o relevo da bacia se caracteriza também por suas formas contrastantes. Possui topografia predominantemente acidentada e elevada, com altitudes que podem superar os 1600 m. Do trecho médio à foz, predominam extensas áreas planas ou suavemente onduladas com colinas suaves e baixa altitude.

A bacia do Paraopeba pode ser compartimentada entre diferentes unidades geomorfológicas: Planaltos Dissecados do Centro-Sul e Leste de Minas, Depressão Sanfranciscana, Planalto do São Francisco e Quadrilátero Ferrífero. Os Planaltos Dissecados do Centro-Sul e Leste de Minas se caracterizam pela presença de um conjunto de cristas, correspondentes aos sistemas serranos regionais, colinas e vales encaixados relativos à dissecação produzida sobre as

rochas granitognássicas do Embasamento Cristalino ou xistos do Grupo Nova Lima. Suas altitudes frequentemente ultrapassam a cota dos 1000 m.

A Depressão Sanfranciscana encontra-se em superfícies tabulares, em patamares dissecados e em topos residuais correspondentes a uma superfície de aplainamento atribuída ao Terciário Superior. Os patamares são esculpados sobre ardósias e siltitos da Formação Paraopeba, são escalonados e por vezes apresentam vertentes íngremes, sendo encontrados nos municípios de Paraopeba, Caetanópolis e Curvelo (Barros; Junior, 2018).

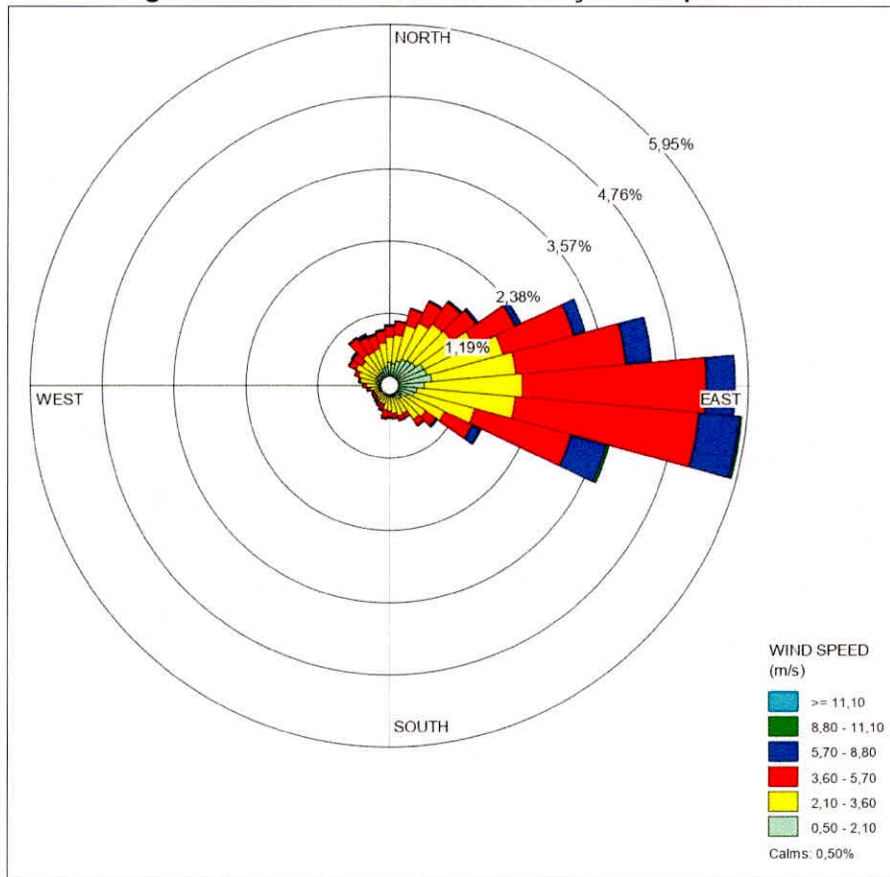
Figura 9 – Mapa Hipsométrico do Município de Paraopeba- MG



Fonte: Autores, 2022.

A figura 10 retrata a rosa-dos-ventos para a cidade de Pompéu / MG. É notável a predominância do vento na direção leste. Os ventos calmos contabilizaram em 0,50%.

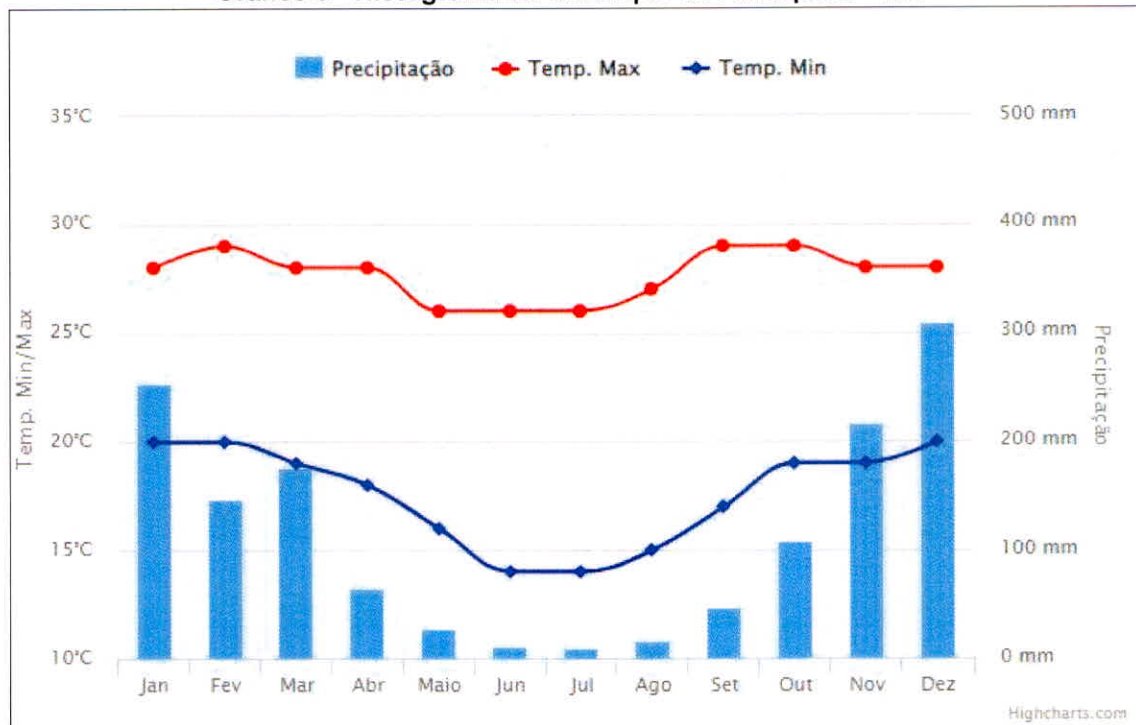
Figura 10 – Rosa dos Ventos – Estação Pompéu- MG



Fonte: AERMET, 2018.

De acordo com o Climatempo (2019), a estação mais quente permanece com temperaturas máximas de 29°C, com média anual de precipitação acima de 390 mm e temperaturas mínimas de 14°C, com precipitação média abaixo de 100 mm. A estação mais fria do ano ocorre durante os meses de junho e julho, que apresenta o período mais seco do ano, com média de 14°C. O período mais chuvoso do ano é entre dezembro e janeiro.

Gráfico 3 - Histograma do Município de Paraopeba – MG



Fonte: Climatempo, 2019.

2.2 – Etapas

Definidas as localidades e os seus respectivos pontos de monitoramento, cada uma delas foi analisada isoladamente, considerando os resultados obtidos em cada uma das três etapas do estudo, descritas a seguir.

2.2.1 - Modelagem

A modelagem matemática se apresenta como ponto central do presente estudo, que tem como objetivo definir parâmetros para o cumprimento do artigo 4º da Deliberação Normativa COPAM nº 227/2018, que estabelece a obrigatoriedade da realização de estudo de Dispersão das Emissões Atmosféricas pelas Unidades de Produção de Carvão Vegetal - UPC's:

“Art. 4º – A UPC, ainda que licenciada, deverá realizar o estudo de dispersão das emissões atmosféricas, conforme os seguintes prazos definidos, segundo os portes estabelecidos pela Deliberação Normativa Copam nº 217, de 2017:

I – para empreendimentos enquadrados como Porte Pequeno: 25 (vinte e cinco) meses;

II – para empreendimentos enquadrados como Porte Médio: 20 (vinte) meses;

III – para empreendimentos enquadrados como Porte Grande: 15 (quinze) meses.

§ 1º – Os estudos referidos no caput deverão ser realizados conforme Termo de Referência específico disponibilizado pela Feam.

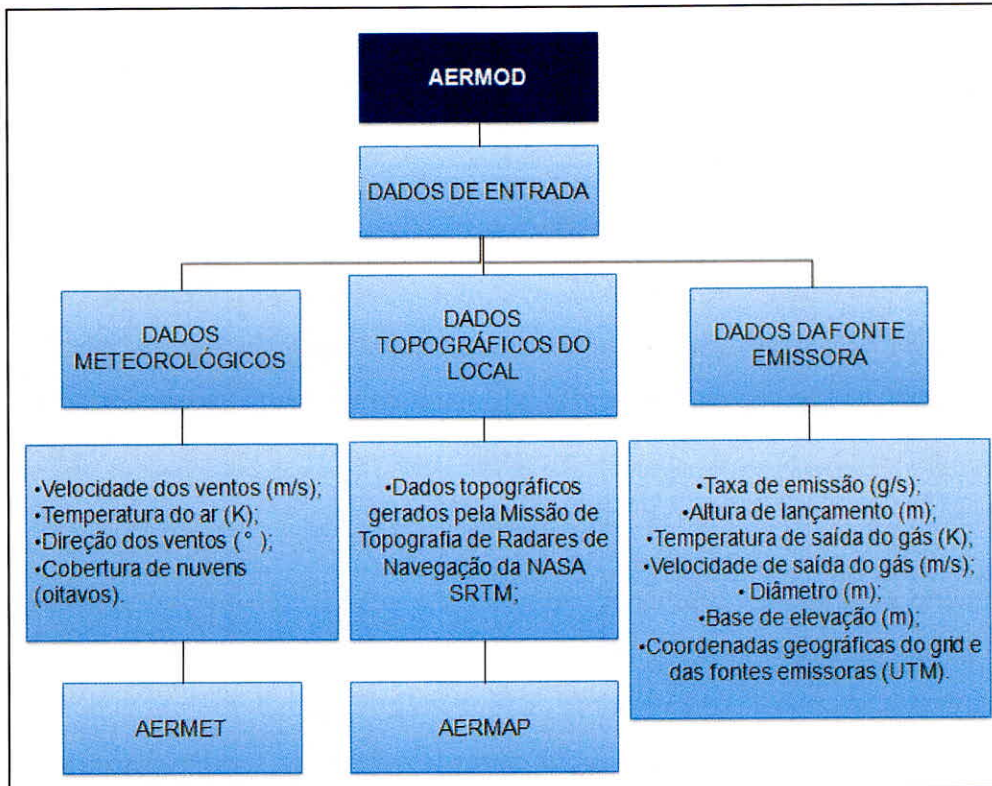
§ 2º – Os estudos referidos no caput deverão ser protocolados na Feam, órgão responsável pela validação dos resultados e por determinar medidas de controle e monitoramento a serem adotados pela UPC.”

As análises partem dos resultados obtidos por meio dos Estudos de Dispersão Atmosféricas previamente elaborados, considerando o valor de Fator de Emissão Vigente (66,4 kg/t.). Observa-se também as orientações da Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR, por meio da Nota Técnica nº 01/2019, que estabelece diretrizes para elaboração de estudos desta natureza.

O Estudos de Dispersão Atmosférica foi pautado em quatro etapas principais, resumidamente descritas a seguir:

- Inventário de Fontes Emissoras: Abrange a caracterização física da fonte a ser avaliada (altura, diâmetro, etc.) e a caracterização das taxas de emissões;
- Caracterização Meteorológica: Foram avaliadas as condições meteorológicas predominantes na região, as quais irão influenciar a dispersão dos poluentes atmosféricos emitidos pelo empreendimento;
- Caracterização Física da Região: O relevo da área de estudo, associado ao uso e a ocupação do solo, também influenciam na dispersão de poluentes;
- Modelagem de Dispersão: Simulação de cenários de comportamento da dispersão das partículas na atmosfera.

Figura 11 - Organograma da Metodologia Empregada no Modelo Matemático AERMOD



Fonte: Autores, 2022.

Este recurso então passa a atuar como ferramenta para aferir a existência e qual seria o distanciamento entre os cenários de qualidade do ar, apontados pelo modelo, e os cenários obtidos por meio do monitoramento da qualidade do ar, realizado conforme metodologia apresentada na seção subsequente.

2.2.2 - Monitoramento

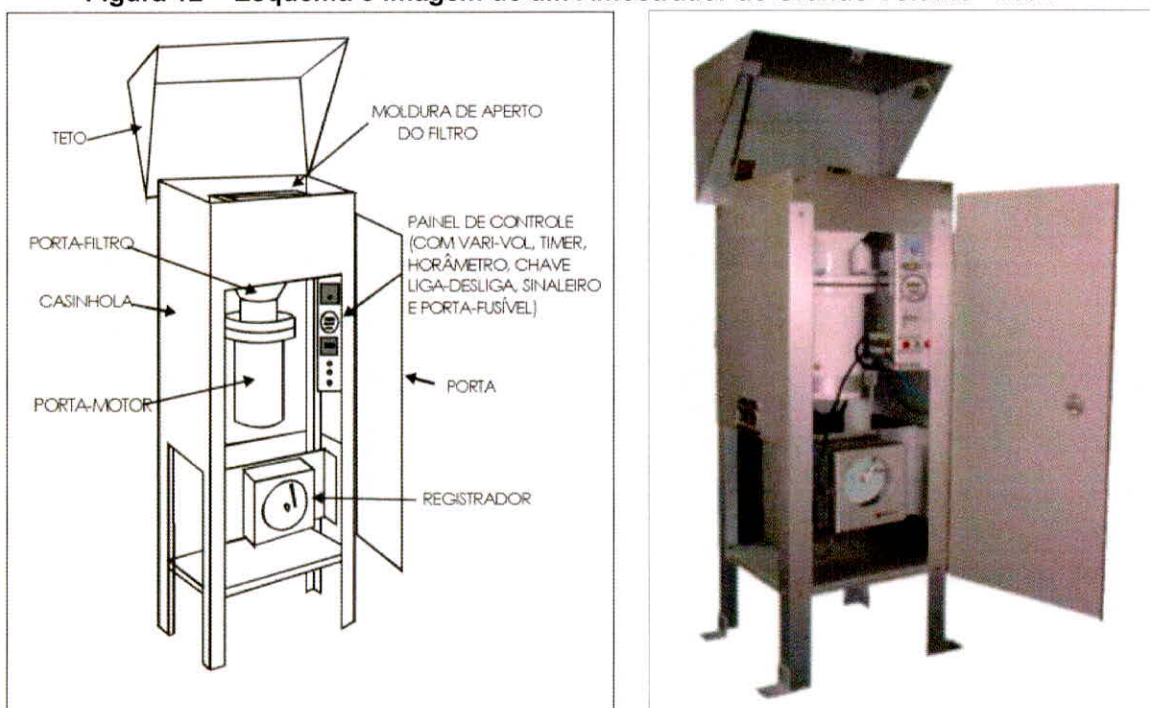
O monitoramento da qualidade do ar se apresenta como segundo pilar deste estudo, que tem como objetivo fornecer uma realidade acerca do cenário da qualidade do ar nas regiões estudadas.

Conforme apresentado anteriormente, cada uma das 3 localidades tiveram seus valores de concentração de material particulado aferidos por meio de equipamentos amostradores de grande volume (AGV), também conhecidos como *hi-vol*, para a medição de Partículas Totais em Suspensão (PTS). Respeitando a periodicidade de 6 em 6 dias, em conformidade com as determinações do INMETRO, na NBR – 9547.

Todo o detalhamento da campanha, bem como os certificados de calibração dos equipamentos encontram-se nos relatórios desenvolvidos pelo Grupo Aqua Brasil e serão disponibilizados digitalmente, juntamente com todos os demais arquivos que compõe o presente estudo.

O funcionamento do Amostrador de Grande Volume consiste no processo de aspiração do ar atmosférico que tem sua passagem através de um filtro, retendo o material particulado posteriormente quantificado. A concentração de Material Particulado é obtida por meio da razão entre a massa de material coletada no filtro, obtidos por pesagem anterior e posterior ao processo de amostragem, e o volume de ar amostrado.

Figura 12 – Esquema e Imagem de um Amostrador de Grande Volume – AGV



Fonte: Energética, 2019.

Entendendo que a qualidade do ar é resultante de diversos agentes que atuam como fontes emissoras de poluentes em determinada região, buscou-se então elucidar qual seria a parcela do material particulado obtida nos filtros que poderiam advir das atividades de produção de carvão, assim foram empregados métodos de análise Físico-química detalhas a seguir.

2.2.3 - Análise Físico-química

Para identificar e determinar a composição relativa dos principais poluentes de interesse presentes nas emissões de fornos de carbonização utilizou-se de metodologia analítica baseada nas técnicas de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrômetro de Massas (CG-EM) e Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA) para análises dos principais poluentes orgânicos e inorgânicos, respectivamente, presentes atmosfera, conforme descrito no “Proposição do Novo Fator de Emissão Para a Produção de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais”.

Essas análises permitem não somente identificar, quanto determinar a composição relativa dos principais constituintes dos produtos orgânicos condensáveis emitidos pelos fornos.

A técnica de CG-EM permite uma identificação e uma quantificação dos principais constituintes orgânicos, nos quais se encontram os materiais condensáveis emitidos pelos fornos. Aliados à técnica de EAA, que permite a quantificação e identificação dos principais componentes inorgânicos, geralmente óxidos metálicos, que por estarem dispersos no ar e ou fazerem parte do ambiente onde estão os fornos, fazem também parte das amostras a serem coletadas.

Os dois conjuntos de dados (denominados compostos orgânicos voláteis e compostos metálicos inorgânicos) serviram como base para construir a estimativa de quanto do material coletado pelos amostradores poderia estar relacionado à atividade de interesse. Além disso, identificou-se a parcela que poderia ser desconsiderada por entender que não possui, quimicamente, relação com as emissões dos fornos de carvão.

A metodologia empregada pode ser descrita da seguinte forma:

A. Recepção e tratamento dos filtros contendo as amostras:

Antes de serem submetidos à análise, os filtros foram identificados, pesados antes e após a secagem em estufa de circulação forçada para remoção da água residual e determinação do teor de água presente em cada amostra. As amostras foram homogeneizadas e divididas para as análises dos compostos orgânicos voláteis e compostos inorgânicos.

O filtro analisado corresponde sempre ao de maior concentração do trimestre para cada ponto amostrado. As demais amostras foram armazenadas para posteriores análises, caso necessário.

B. Processos de análises dos Compostos Orgânicos Condensáveis e Compostos Metálicos Inorgânicos:

Os filtros contendo materiais orgânicos foram submetidos a processos de extração com diferentes solventes orgânicos, resultando numa fase líquida, preparada para as análises no CG-EM.

As amostras destinadas à análise da fração inorgânica não solubilizada na etapa anterior foram encaminhadas para o processo de digestão em meio ácido, resultando numa fase líquida para as análises no espectrômetro de absorção atômica. Os processos de análises orgânica e inorgânica foram em triplicata.

C. Tratamento dos dados obtidos nas análises dos Compostos Orgânicos Condensáveis (COC) e Compostos Metálicos Inorgânicos (CMI):

Os dados de análise dos compostos orgânicos são obtidos na forma de “cromatogramas”, enquanto os dados de análises dos compostos inorgânicos são obtidos na forma de espectros. Os dados foram convertidos em tabelas onde será expressa a composição percentual de cada amostra, com foco nos principais constituintes de cada grupo de compostos, apresentadas na seção “Resultados”, deste relatório.

Esse método permitiu eleger quais são os compostos mais relevantes de cada grupo, uma informação que embasou a estimativa do índice.

As análises indicaram que um determinado percentual de material inorgânico, encontrado nos filtros de monitoramento, não possui relação com o processo de produção de carvão vegetal, e que poderia ser deduzido da massa total obtida nos filtros do monitoramento da qualidade do ar.

Os filtros analisados foram selecionados seguindo o critério de maior massa obtida por mês em cada um dos pontos (A e B) das 3 localidades, resultando assim no cenário de referência para qualidade do ar de cada região.

Tomando como referência as concentrações obtidas nos filtros e a posterior dedução dos inorgânicos não advindos do carvão, estabeleceu-se então o cenário de qualidade do ar, ao qual a modelagem matemática deveria apontar, mediante os ajustes necessários no Fator de Emissão.

A seguir serão apresentados os valores obtidos nas etapas de Monitoramento e Análise Físico-química, os quais foram analisados sob a perspectiva da modelagem ajustada, ou calibrada reversamente a partir de um receptor discreto (pontos monitorados), e a então a obtenção de novos valores para o FE correspondente em cada uma das localidades.

3. Resultados e Análises

Os resultados a seguir foram obtidos nas duas últimas etapas do estudo descritas acima (Monitoramento e Análise Físico-química do Material Particulado) e tem por finalidade subsidiar as análises dos resultados obtidos na etapa de modelagem matemática.

Os detalhamentos de cada uma das etapas encontram-se documentadas nos arquivos digitais, disponibilizados em conjunto com presente relatório. Cabe destacar que durante todas as etapas a FEAM, por meio de cooperação técnica, participou efetivamente da análise de resultados e da definição dos passos subsequentes:

3.1 - Monitoramento

A tabela a seguir apresenta o resumo da campanha de monitoramento, que foi realizada durante o período de um ano, respeitando a frequência de 6 em 6 dias, resultando na média de 4 medições por mês em cada um dos pontos.

No entanto, os resultados serão apresentados de forma sintética com foco apenas nos máximos valores obtidos por mês, sendo um estudo baseado em condições conservadoras, os valores correspondentes aos piores cenários foram utilizados como referência tanto para análise Físico-química, quanto para orientar os ajustes necessários ao Fator de Emissão.

Tabela 1 - Síntese dos Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar – Máximas por Mês - µg/m³

	Josenópolis		São Gonçalo do Abaeté		Paraopeba	
	Ponto A	Ponto B	Ponto A	Ponto B	Ponto A	Ponto B
mar/21	70,16	46,85	78,85	705,47	91,96	191,18
abr/21	58,1	31,4	213,04	647,88	195,45	389,52
mai/21	42,68	72,08	101,7	584,74	294,59	358,91
jun/21	130,8	80,21	64,29	692,04	301,63	514,29
jul/21	66,09	45,91	74,99	615,5	546,91	924,09
ago/21	64,64	39,59	88,45	667,14	271,97	502,55
set/21	133,7	68,99	294,77	480,22	224,73	337,51
out/21	126,6	59,54	86,88	201,15	275,63	190,91
nov/21	43,58	31,35	71,65	244,37	979,19	1171,94
dez/21	24,3	18,96	88,05	337,61	63,58	42,27
jan/22	18,52	27,54	31,06	286,13	222,95	247,13
fev/22	40,14	17,14	82,35	306,52	119,61	147,45
mar/22	46,61	18,6	93,97	262,67	104,39	628,86

Fonte: Autores, 2022.

Na tabela 1, valores destacados em vermelho, representam a máxima obtida no ano, valor assumido como baliza para definição do fator de emissão, visto que o estudo tem foco no período anual.

Cabe destacar que embora a máxima obtida no ano tenha sido utilizada como referência final, diversos experimentos foram realizados a cada trimestre a fim de validar o método de ajuste do Fator de Emissão.

Os valores apresentados acima passaram por abatimentos referentes à distinção da massa de poluentes advinda de fontes incompatíveis com os fornos de carvão, conforme seção abaixo.

3.1.1 - Análise Físico-química

A seguir são apresentadas as tabelas com os resultados obtidos, após análise Físico-química do material particulado.

Após a submissão dos filtros aos métodos de Espectrômetro de Massas (CG-EM) e Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA) para classificação dos principais poluentes orgânicos e inorgânicos, convencionou-se que a parcela correspondente a "Inorgânicos não vindos do carvão" seria incompatível com as emissões da atividade de produção de carvão, portanto corresponde ao percentual a ser abatido da massa bruta dos filtros obtidos no monitoramento da qualidade do ar.

As análises foram feitas por trimestre, sempre considerando o filtro com maior massa de cada mês, conforme os resultados da análise físico-química do material particulado apresentados abaixo nas tabelas 2, 3, 4 e 5.

Cabe ressaltar que além dos pontos eleitos para representar a qualidade do ar de cada região, foram analisados filtros de referência, coletados em uma campanha de 24 horas, para cada trimestre no interior da UPC, a fim de se obter filtros com compostos majoritariamente advindos dos fornos e fornecer um perfil claro dos poluentes de interesse.

Essas medições encontram-se detalhadas no material completo deste estudo (em formato digital), por ter sido utilizado equipamentos instalados no interior de cada UPC, os resultados foram utilizados apenas como valores de referência nas etapas de análises físico-químico, e não foram considerados pra classificar a qualidade do ar.

Tabela 2 – Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Primeiro Trimestre

Coleta	Localidade	Amostra	Massa (g)	Inorgânicos Totais	Fuligem	Inorgânicos do Carvão %	Abatimento	
Ponto A	Abril	Josénopolis	42953	0,1056	52,37	1,34	41,41	10,96
		Paraopeba	41986	0,0733	35,54	46,43	15,17	20,37
		SGA	41794	0,1804	16,49	47,02	7,24	9,25
	Maio	Josénopolis	44096	0,0426	45,88	3,42	33,94	11,94
		Paraopeba	44404	0,1144	21,76	48,91	12,18	9,58
		SGA	42828	0,1200	16,52	39,67	7,34	9,18
	Junho	Josénopolis	44099	0,5988	38,64	16,70	32,71	5,93
		Paraopeba	44107	0,8169	41,49	25,65	20,82	20,67
		SGA	44109	0,4720	15,21	33,92	7,09	8,12
Ponto B	Abril	Josénopolis	42225	0,2933	46,89	2,47	35,52	11,37
		Paraopeba	41799	0,4092	43,39	13,12	33,23	10,16
		SGA	42826	0,2454	33,67	5,19	27,57	6,10
	Maio	Josénopolis	44097	0,9720	65,24	8,11	54,24	11,00
		Paraopeba	44405	0,8826	32,14	40,38	22,91	9,23
		SGA	42830	1,0472	56,16	3,29	47,23	8,93
	Junho	Josénopolis	44116	0,1700	34,48	10,59	25,46	9,02
		Paraopeba	44108	0,1168	50,47	33,48	36,91	13,56
		SGA	44126	0,0855	55,40	3,67	46,97	8,43

Fonte: UFV, 2022.

Tabela 3 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Segundo Trimestre

Coleta	Localidade	Amostra	Massa Filtro (g)	Fuligem	Inorgânicos vindos do Carvão	Inorgânicos não vindos do Carvão %	Orgânicos vindos do Carvão	Orgânicos não identificados	
Ponto A	Josénopolis	45289	0,105 3	7,48	50,80	16,24	20,55	4,93	
	Julho	Paraopeba	45296	1,483 4	30,33	2,46	14,65	36,03	16,53
		SGA	45300	0,960 5	81,37	4,39	11,13	3,03	0,81
	Josénopolis	46695	0,092 4	2,62	24,78	15,98	50,50	6,12	
	Agosto	Paraopeba	46701	0,823 1	53,03	4,77	7,11	22,02	13,08
		SGA	46705	1,026 6	58,74	5,08	8,33	20,36	7,49
	Josénopolis	47629	0,175 4	40,88	32,33	6,02	20,01	0,76	
	Setembro	Paraopeba	47633	0,539 0	55,38	7,98	18,74	14,85	3,05
		SGA	47637	0,773 1	50,46	6,89	4,42	26,63	11,6
Ponto B	Josénopolis	43303	0,071 1	1,30	38,59	15,39	38,47	6,25	
	Julho	Paraopeba	45311	0,770 1	57,63	5,41	8,71	20,20	8,05
		SGA	46722	0,102 8	0,80	16,02	6,16	58,33	18,69

MSS_RT_CONSULT_TEC_N°07_FE_CARVAO_AMIF

Rua São Paulo n° 893, Sl. 1108 - Centro - Belo Horizonte / MG

(31) 98722-6084 / 98522-5121

www.melhorarss.com.br

	Josénopolis	46711	0,058 0	2,02	49,96	14,42	28,94	4,66
Agosto	Paraopeba	46716	0,458 8	56,85	11,21	9,19	15,74	7,01
	SGA	46721	0,121 0	40,07	34,24	6,70	17,28	1,71
	Josénopolis	47643	0,091 1	1,65	24,73	9,97	63,65	0
Setembro	Paraopeba	47647	0,322 7	57,21	13,55	11,38	15,24	2,62
	SGA	47653	0,470 2	59,71	10,12	8,90	18,27	3,00

Fonte: UFV, 2022.

Tabela 4 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Terceiro Trimestre

Coleta	Localidade	Amostra	Massa	Fuligem	Inorgânicos	Inorgânicos	Orgânicos	Orgânicos	Componentes	
			Filtro		vindos	não	vindos	não		
			(g)		do Carvão	vindos do Carvão	do Carvão	identificados	do filtro sem amostra	
			%							
Ponto A		Josépolis	48885	0,1790	63,19	22,17	14,63	0,00	0	0,00
	Outubro	Paraopeba	48908	0,3410	51,46	23,78	19,12	5,64	0	14,98
		SGA	48914	0,1186	55,23	32,35	3,37	9,05	0	0,72
	Novembro	Josépolis	49934	0,0589	12,57	52,26	8,98	26,19	0	1,61
		Paraopeba	49956	1,5573	85,28	6,96	5,38	2,38	0	6,30
		SGA	49961	0,1059	30,64	43,64	4,13	21,59	0	1,79
	Dezembro	Josépolis	50511	0,0263	0,20	70,17	6,95	22,68	0,00	7,42
		Paraopeba	50532	0,0810	0,42	77,63	16,47	5,48	0	21,25
		SGA	50537	0,1026	0,33	48,18	4,17	47,32	0	10,29
Ponto B		Josépolis	48902	0,0982	38,04	33,76	18,80	9,40	0	0,68
	Outubro	Paraopeba	48890	0,2804	52,89	19,86	9,71	17,54	0	2,45
		SGA	48896	0,2593	31,25	18,04	7,14	43,58	0	0,00
	Novembro	Josépolis	49949	0,0393	20,14	62,50	4,98	12,38	0	1,67
		Paraopeba	49938	1,6313	88,03	3,28	0,48	8,21	0	0,18
		SGA	49945	0,4243	70,85	10,69	6,72	11,74	0,3	0,00
	Dezembro	Josépolis	50526	0,0260	0,50	61,22	9,05	29,23	0	0,84
		Paraopeba	50519	0,0683	0,72	49,14	10,72	39,42	0	9,03
		SGA	50520	0,6084	72,60	5,12	3,38	18,90	0,00	0,00

Tabela 5 - Resultados da Análise Físico-química do Material Particulado – Quarto Trimestre

Fonte: UFV, 2022.

	Coleta	Localidade	Amostra	Massa	Fuligem	Inorgânicos vindos	Inorgânicos não	Orgânicos vindos	Orgânicos não
				Filtro (g)		do Carvão	vindos do Carvão %	do Carvão	identificados
Ponto A		Josépolis	51523	0,0328	12,41	58,85	13,48	14,95	0,30
	Janeiro	Paraopeba	51536	0,3581	38,97	45,03	3,45	10,04	2,51
		SGA	51515	0,0478	0,34	55,52	4,58	31,91	7,65
			Josépolis	Sede	0,0566	1,03	62,24	5,31	30,99
	Fevereiro	Paraopeba	59622	0,1822	32,40	47,81	5,47	12,33	1,99
		SGA		0,1223	0,84	66,32	5,46	27,38	0
			Josépolis	60359	0,0385	8,35	67,29	16,00	8,36
	Março	Paraopeba	61012	1,0940	10,72	6,44	5,59	65,98	11,28
		SGA	60357-17	0,1787	0,43	45,43	2,82	46,09	5,23
		Josépolis	51533	0,0448	24,16	34,59	22,16	18,28	0,81
Ponto B	Janeiro	Paraopeba	51525	0,3801	62,61	15,88	6,26	14,78	0,47
		SGA	51512	0,6256	19,70	17,87	1,95	60,48	0
			Josépolis	59267	0,0262	14,43	44,52	18,05	20,30
	Fevereiro	Paraopeba	59625	0,2086	8,95	26,66	7,57	48,43	8,39
		SGA	59187	0,5067	19,86	12,74	1,54	65,86	0
			Josépolis	60360	0,0255	0,96	55,46	18,16	21,62
	Março	Paraopeba	61003	0,5757	68,21	13,64	5,50	11,98	0,67
		SGA	59379	0,4179	40,94	16,73	6,70	34,91	0,72
			Josépolis	51533	0,0448	24,16	34,59	22,16	18,28

Fonte: UFV, 2022.

Por fim, segue a planilha síntese, apresentado os valores obtidos na qualidade do ar com a dedução da parcela não atribuída a emissão dos fornos de carvão. Portanto a tabela abaixo contém os valores utilizados para calibração do modelo e, conseqüentemente, para a obtenção dos valores propostos para novo Fator de Emissão do Estado de Minas Gerais.

Tabela 6 – Síntese dos Valores de Concentração de Referência para Qualidade do Ar

JOSENÓPOLIS												
Ponto	Concentrações após abatimentos - $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Josenópolis											
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto A	51,73	37,58	123,04	55,36	54,31	125,65	107,79	39,67	22,61	16,02	38,01	39,15
Ponto B	27,83	64,15	72,98	38,84	33,88	62,11	48,35	29,79	17,24	21,44	14,05	15,22
SGA												
Ponto	Concentrações após abatimentos - $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - SGA											
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto A	200,04	92,62	58,87	70,37	82,52	268,23	83,95	68,69	84,38	29,64	77,85	91,32
Ponto B	587,95	531,06	635,85	546,99	611,57	458,99	152,95	227,95	326,20	280,55	301,80	245,07
PARAOPEBA												
Ponto	Concentrações após abatimentos - $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Paraopeba											
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto A	175,59	72,18	301,63	499,27	246,98	199,16	222,93	926,51	53,11	215,26	113,07	98,55
Ponto B	290,48	106,90	444,55	788,71	466,82	274,26	172,37	1166,31	37,74	231,65	136,29	594,27

Fonte: Autores, 2022.

3.2 - Modelagem

De posse dos valores de referência da qualidade do ar (expressos pela concentração monitorada deduzida a parcela de inorgânicos não advindos do carvão) foram realizados diversos experimentos para que o Fator de Emissão utilizado possibilitasse que os resultados da modelagem coincidisse com os valores em destaque na tabela acima, destacados em vermelho.

Cada localidade foi analisada individualmente, considerando o ponto de maior concentração de cada delas, e os Fatores de Emissão foram ajustados por meio da seguinte fórmula:

$$FE_0 \times C_{ref} / CM_0 = FE_A$$

Onde:

FE_0 = Fator de Emissão Inicial = 66,4 kg/ton

C_{Ref} = Concentração de referência obtida no corpo receptor por meio de monitoramento e abatimento de valores obtidos na análise físico-química;

CM_0 = Concentração obtida no corpo receptor por meio de modelagem utilizando o fator de emissão vigente (FE_0)

FE_A = Fator de Emissão ajustado, valor proposto como novo fator de emissão.

Utilizando esse método obteve-se os seguintes resultados para cada região:

3.2.1 - Josenópolis

FE_0 = 66,4 kg/ton

C_{Ref} = 125,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pior cenário, referente ao mês de setembro, ponto A)

CM_0 = 1452,18 (Valor obtido no ponto A por meio de modelagem utilizando o FE_0)

$FE_A = 5,74$

3.2.1 – Análise

Em Josenópolis, o monitoramento da qualidade ar apontou que os resultados para o mês de setembro, obtidos no ponto “A”, representariam o pior cenário da qualidade ar para região durante o período monitorado (Abril de 2021 a Março de 2022), com concentração inicial de 133,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Após dedução da parcela composta por poluentes não advindos de carvão, o valor de referência para calibração do modelo foi de 125,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Utilizando o método descrito acima, obteve-se Fator de Emissão de 5,74 kg/t. que aplicado ao modelo matemático, resultou o valor de concentração idêntico ao valor adotado como referência (125,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), com precisão de duas casas decimais, para o Ponto A.

Portanto, mediante a análise do histórico completo das medições de qualidade ar da região (campanha anual), pode-se afirmar que o mesmo apresenta resultados consistentes e demonstram coerência com as variações sazonais do local. Assim, conseqüentemente, o valor de Fator de Emissão, obtido por meio dos três métodos empregados, configura-se tecnicamente válido para o uso em Estudos de Dispersão Atmosféricas, aplicados a atividade de produção de carvão por meio de fornos com produção menor ou igual a 8 toneladas por forno em cada ciclo de produção

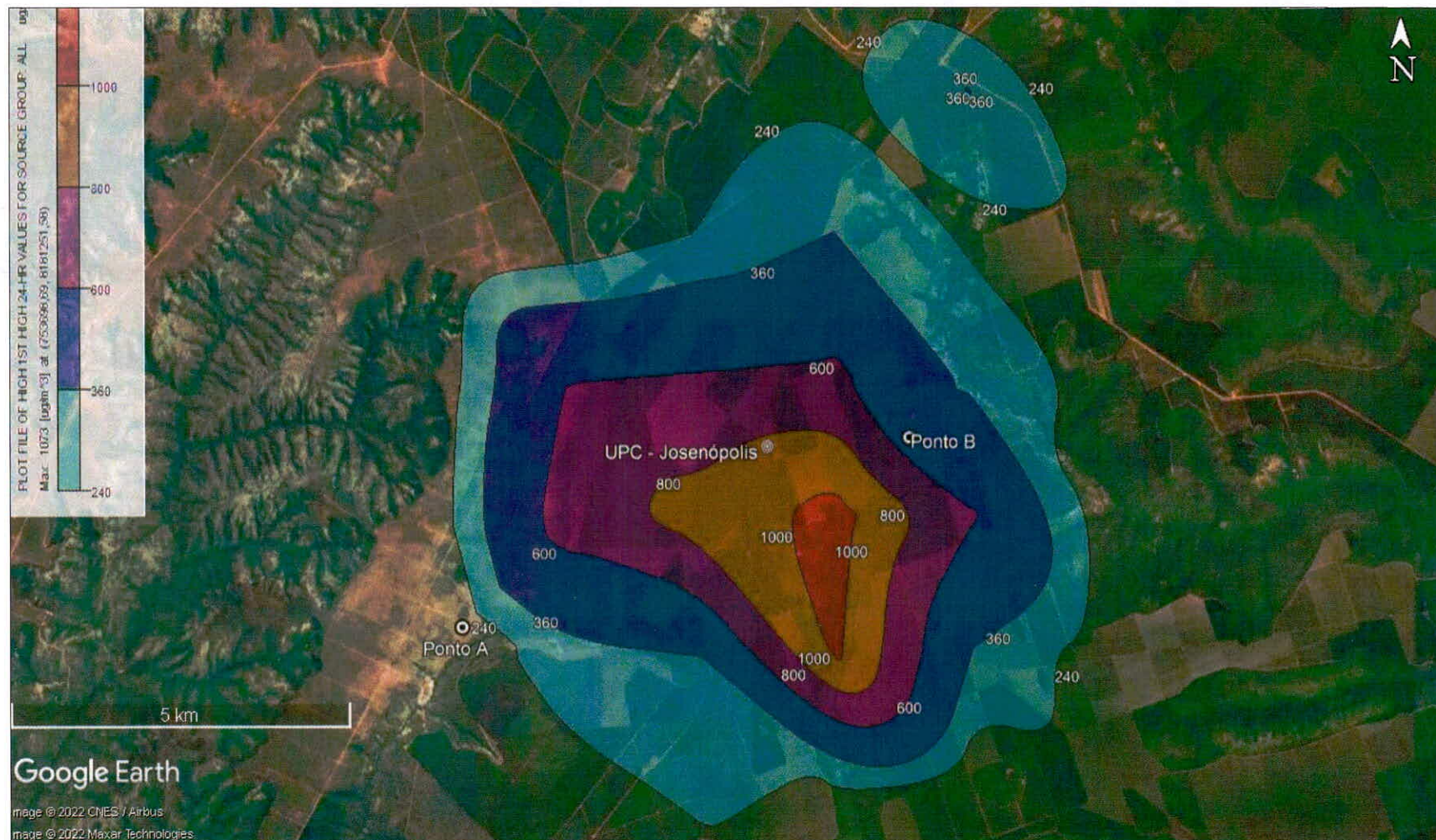
Cabe ressaltar que a proposição do Fator de Emissão de 5,74 kg/t. para os fornos com de menor porte produtivo representa aproximadamente de 9% do FE atualmente adotado.

Sua proposição está pautada em um experimento prático que demonstrou sucesso nas três etapas metodológicas empregadas e que possuem relação direta com fatores locacionais dentre outras inúmeras variáveis inerentes à complexidade de cada etapa, e portando poderia ser adotado em situações com fornos similares cuja produção não ultrapasse 8 toneladas de carvão por ciclo.

Para efeito de comparação, a seguir são apresentadas as plumas das simulações da dispersão atmosférica, primeiramente os resultados obtidos com FE de 5,74 kg/t. e posteriormente com o FE de 66,4 kg/t. Torna-se claro uma redução significativa da ordem de grandeza ao compararmos as máximas obtidas em cada um deles, passando de 11.879 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1073 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

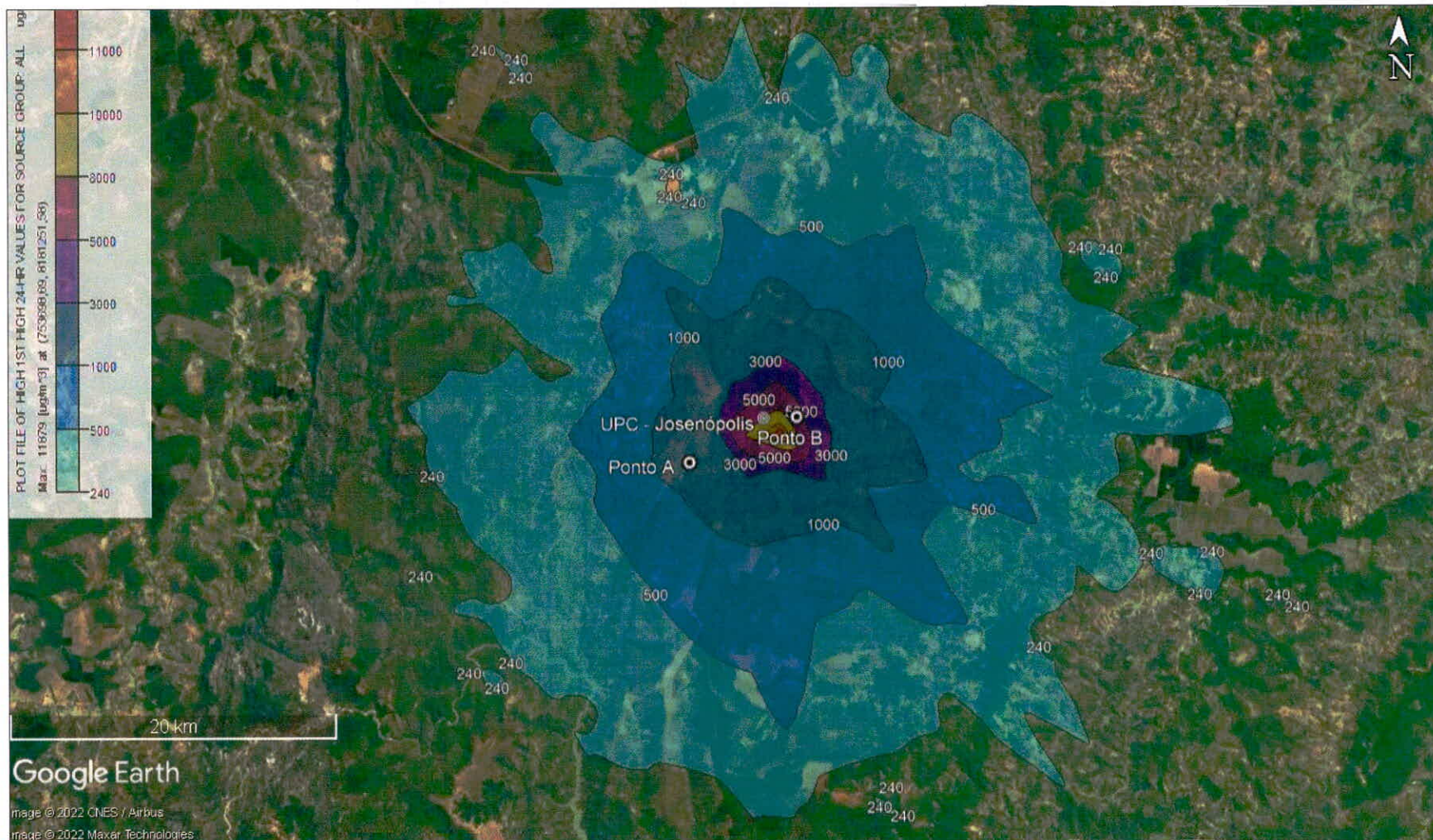
A aplicação do novo FE demonstra que o Estudo de Dispersão Atmosférica não só passa apresentar resultados dentro de uma ordem de grandeza mais coerente com o impacto observado para atividade em questão, como também traz mais proximidade com a realidade, ao verificarmos uma redução significativa do raio do impacto possivelmente provocado pelas atividades de uma UPC.

Figura 13 - Pluma da Modelagem UPC Município de Josenópolis – 24H – Fator Emissão: 5,74kg/t



Fonte: AERMOD, 2022.

Figura 14 - Pluma da Modelagem UPC Município de Josenópolis – 24H – Fator Emissão: 66,4kg/t



Fonte: AERMOD, 2022.

3.2.2 – São Gonçalo do Abaeté

$FE_0 = 66,4 \text{ kg/ton}$

$C_{Ref} = 635,85 \mu\text{g/m}^3$ (pior cenário, referente ao mês de setembro ponto B)

$CM_0 = 1227,82$ (Valor obtido no ponto B por meio de modelagem utilizando o F_0)

$FE_A = 34,39$

3.2.2.1 – Análise

Em São Gonçalo do Abaeté, o monitoramento da qualidade ar apontou que os resultados para o mês de junho, obtidos no ponto “B”, representaria o pior cenário da qualidade ar para região durante o período monitorado (Abril de 2021 a Março de 2022), com concentração inicial de $692,04 \mu\text{g/m}^3$. Após dedução da parcela composta por poluentes não advindos de carvão, o valor de referência para calibração do modelo foi de $635,85 \mu\text{g/m}^3$.

Aplicando o método descrito acima, obteve-se Fator de Emissão $34,39 \text{ kg/t.}$, que aplicado ao modelo matemático, resultou no ponto A o valor de concentração idêntico ao valor adotado como referência ($635,85 \mu\text{g/m}^3$), com precisão de duas casas decimais.

Portanto, mediante a análise do histórico completo das medições de qualidade ar da região (campanha anual), pode-se afirmar que o mesmo apresenta resultados consistentes e demonstram coerência com as variações sazonais do local.

Assim, conseqüentemente, o valor de Fator de Emissão, obtidos por meio dos três métodos empregados, configura-se tecnicamente válido para o uso em Estudos de Dispersão Atmosférica aplicados a atividade de produção de carvão, por meio de fornos com produção superior a 8 toneladas de carvão por forno em cada ciclo de produção.

Com base no experimento para essa localidade, propõe-se o Fator de Emissão de 34,39 kg/t. para os fornos de maior capacidade produtiva, esse representa aproximadamente de 52% do FE atualmente adotado.

Neste caso, sua proposição está pautada em uma lógica conservadora em se adotar esse fator sempre que houver forno com maior capacidade produtiva, pois, mais uma vez, o valor proposto possui embasamento em um experimento prático, que demonstrou sucesso nas três etapas metodológicas empregadas, e portando poderia ser adotado em situações com fornos similares cuja produção seja superior 8 toneladas de carvão por ciclo.

Para efeito de comparação, a seguir são apresentadas as plumas das simulações da dispersão atmosférica, primeiramente os resultados obtidos com FE de 34,3 kg/t. e posteriormente com o FE de 66,4 kg/t. Torna-se claro uma redução significativa da ordem de grandeza, ao compararmos a máximas obtidas em cada um deles, passando de 1553 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 352 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aplicação do novo FE demonstra que o Estudo de Dispersão Atmosférica não só passa a apresentar resultados dentro de uma ordem de grandeza mais coerente com o impacto observado para atividade em questão, como também traz mais proximidade com a realidade ao verificarmos uma redução significativa do raio do impacto provocado pelas atividades de uma UPC.

Figura 15 - Pluma da Modelagem UPC Município de São Gonçalo do Abaeté – 24H – Fator Emissão: 34,3kg/t



Fonte: AERMOD, 2022.

Figura 16 - Pluma da Modelagem UPC Município de São Gonçalo do Abaeté – 24H – Fator Emissão: 66,4kg/t



Fonte: AERMOD, 2022.

3.2.3 – Paraopeba

$FE_0 = 66,4 \text{ kg/ton}$

$C_{Ref} = 1166,31 \mu\text{g/m}^3$ (pior cenário, referente ao mês de junho ponto B)

$CM_0 = 116,3$ (Valor obtido no ponto B por meio de modelagem utilizando o F_0)

$FE_A = 465,6$

3.2.3.1 Análise

Em Paraopeba, o monitoramento da qualidade ar, contrariando as tendências das duas localidades anteriores, apontou resultados superiores ao simulados na modelagem com FE de 66,4 kg/t, o que consequente gerou a elevação do FE em aproximadamente 700%, chegando a um valor de 465,6 kg/ton.

Partindo do pressuposto que o presente estudo tem como motivação o entendimento que o FE vigente já gera resultados superestimados, torna-se evidente que o experimento de Paraopeba se apresenta como um ponto fora da curva ao indicar que quase meia tonelada de material particulado seria lançada a atmosfera para cada tonelada de carvão produzido, ou seja, 50% de perda, o que tornaria questionável a viabilidade econômica da atividade se o FE de 465,6 kg/t. fosse uma realidade.

Portanto, mediante a análise do histórico completo das mediações de qualidade ar da região (campanha anual), pode se afirmar que o mesmo apresenta resultados extremamente elevados, se comparamos com resultados comumente obtidos para qualidade do ar no Estado em diversos cenários.

Dessa forma, esses resultados demonstraram que:

- A localidade escolhida sofreu interferência de outras fontes locais, próximas aos locais de monitoramento. Uma análise campo posterior identificou a presença de pequenas carvoarias (não passíveis de licenciamento) no entorno dos pontos de monitoramento e que não foram

consideradas nas etapas iniciais do estudo para a escolha da localidade dos receptores discretos.

- Paraopeba apresentou menores percentuais de abatimento na etapa de análise físico-química, em comparação com outras duas localidades, o que indica contaminação da amostragem por fontes similares ao processo de carbonização.
- Valores obtidos no ponto B, maiores do que no ponto A, ponto localizado em quadrante contrário à direção preferencial do vento em relação à posição da UPC. Isso significa que durante a maior parte do ano uma concentração significativa de poluentes está presente na atmosfera antes de interagir com as atividades produtivas em questão.
- E por fim, foi verificado que em março de 2022, em campanha específica para obtenção da caracterização das emissões dos fornos os resultados obtidos no ponto B superam valores de concentração no interior da própria UPC. Tal fato torna evidente a contaminação da amostragem por interferências locais (contato direto com fontes emissoras) e, portanto invalida o monitoramento como capaz de fornecer um cenário adequado para qualidade do ar na região.

Após diversas análises de resultados e visita de campo, conclui-se que tecnicamente a localidade de Paraopeba não apresenta resultados capazes de embasar a proposição de um Fator de Emissão para a produção de carvão vegetal, em grande parte por fornecer resultados contaminados por processos de emissão observados em áreas de influência direta ao ponto de monitoramento escolhido conforme imagem abaixo:

Figura 17 – UPC's Identificadas na área de Estudo



Fonte: Autores, 2022.

Destaca-se, porém, que a mesma metodologia de calibração reversa foi aplicada nessas condições, o que comprovou a eficiência do método nas três situações e em distintas ordens de grandezas.

3.2.4- Síntese da Análise

A seguir apresenta-se tabela síntese dos resultados da modelagem matemática, obtidos com os fatores propostos em cada experimento.

Tabela 7 - Síntese Resultado da Modelagem com os Novos Valores para FE

Município	Josenópolis	SGA	Paraopeba
Máxima 24 hs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1073,4	351,8	756,6
Máxima 24 hs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Resultados anteriores utilizando o FE = 66,4	11879	1594	930 / 2652*
Ponto A	175,1	32,2	59,3
Ponto B	494,2	297,7	152,1
Núcleo Pop. mais próximo	Padre Carvalho	Três Marias	Caetanópolis
Atinge população acima do padrão ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$)?	Não	Não	Não
Análise	Valores mais condizentes com os maiores (500 até máximo) ao redor da empresa, máximo 5 km.	Valores mais condizentes com os maiores (240 até máximo) ao redor da empresa, máximo 2,5 km.	Valores mais condizentes com os maiores (240 até máximo) ao redor da empresa, máximo 1,5 km.

Fonte: Autores, 2022.

Para Paraopeba, o Estudo de Dispersão Atmosférica, apresentado inicialmente, utilizava metodologia de inventário distinta dos demais, cujo resultado apresentava a máxima concentração para o período de 24h de 2652 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O mesmo foi revisado para adequação de metodologia e para permitir uma comparação direta entre os resultados dos dois estudos. Após adequação metodológica, a máxima concentração para o período de 24h passou a ser de 930 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4. Proposta do Novo Fator de Emissão

Diante dos argumentos técnicos apresentados, submete-se à FEAM a análise da proposição do novo fator de emissão conforme síntese na tabela abaixo.

Tabela 8 – Síntese da Proposição de Novo Fator de Emissão

Município	Josenópolis	S.G. do Abaeté	Paraopeba
Método	Fator de emissão ajustado conforme maior valor amostrado por um ano entre os pontos A e B de cada região, com o desconto do valor não proveniente do carvão, conforme análise química (Inorgânicos não carvão).		
Tipo de fornos	324 Circular	90 Circular JG/16 Retangular 26 mts	25 fornos 190/ 12 fornos 390
Fator (Período Anual)	5,745	34,386	465,572
Proposição Válida?	NÃO	SIM	NÃO
Justificativa	Menor valor obtido, descartado para manutenção de um cenário conservador.	Valor balizado a partir de resultados tecnicamente coerentes nas 3 etapas do estudo, com base no pior cenário da qualidade do ar para os 3 anos analisados. Representa, de forma coerente, a produção de carvão em fornos circulares e retangulares. Dentre os cenários possíveis, o valor de 34,4 mantém-se conservador em relação à estimativa do impactado causado pela atividade.	A etapa de monitoramento não se demonstrou tecnicamente representativa, análises complementares indicam fortes indícios de interferência local nos pontos escolhidos para amostragem.

FE=34,4.

Proposta de FE

5. Considerações Finais

Considerando a consistência técnica de todas as etapas que constituem o presente estudo, bem como a atuante participação da FEAM no desenvolvimento prático e metodológico deste, encaminhamos para avaliação e eventuais providências necessárias para a adoção do novo valor para o Fator de Emissão, aplicáveis ao cumprimento da Deliberação Normativa COPAM Nº 227 DE 29/08/2018.

Destaca-se que o presente aponta para a adoção do valor de 34,3 quilos de material particulado emitidos para cada tonelada de carvão produzido. Tal proposição justifica-se pelas seguintes razões:

- O experimento de São Gonçalo da Abaeté demonstrou resultados coerentes em todas as etapas do estudo.
- A UPC em questão possui os dois principais tipos de fornos utilizados na produção de carvão no estado de Minas Gerais, portanto poderia representar de forma geral o impacto da produção de carvão em fornos retangulares e circulares.
- Dentre os 3 experimentos, verificou-se que maior valor (obtido no experimento de Paraopeba) demonstrou problemas de interferência local, superestimando os resultados, e portanto foi classificado como não recomendável sua utilização, bem como o menor valor obtido (obtido em Josenópolis), que embora tenha apresentado coerência durante todas as etapas do experimento, resultou em um fator de ordem de grandeza muito inferior aos demais, e portanto por ordem de precaução e afim de evitar subestimar as emissões da atividade em questão, também foi classificado como não recomendável sua adoção.

Desta forma, o valor intermediário, dentre os 3 experimentos, configura-se como o cenário ideal para apontar um FE para a produção de carvão no

Estado de Minas Gerais, capaz de gerar, de forma conservadora Estudos de Dispersão Atmosférica conservadores, representativos e coerentes.

Na oportunidade, sugerimos que os apontamentos aqui registrados motivem a revisão da nota técnica FEAM – DQGA – GESAR – NT 01/2019 intitulada “ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA A ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA PARA EMPREENDIMENTOS DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, que orienta o cumprimento do artigo 4º da referida Deliberação, considerando não apenas a atualização do valor único do Fator de Emissão, mas também avaliar a necessidade de um maior detalhamento metodológico no âmbito das orientações para o desenvolvimento dos Estudos de Dispersão Atmosférica, aplicados a atividade de produção de carvão vegetal no estado de Minas Gerais.

6 - Referências Bibliográficas

ABNT, N. 9547.-A. (1997). *Materia Particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande Volume.*

AMIF, (2021) Associação Mineira da Indústria Florestal - SINDIFER, Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais. *Proposição do Novo Fator de Emissão Para a Produção de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais.*

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - Ibama. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. **RESOLUÇÕES DO CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012.** 2. ed. Brasília 2012.

Barros, L. F. P, & Junior, A. P.M (2018). Reconstituição de Eventos Geomorfologicos bo Quadrilátero Ferrífero/MG a partir de Registros Depositionais Fluviais: A Bacia do Rio Paraopeba, *Quaternary and Environmental Geoscience.*

Castro, M. P. (2019). *Evolução do Grupo Macaúbas e Formação Salinas no Orógeno Araçuaí Central, MG*

Deliberação Normativa COPAM n°227 de 29 de Agosto de 2018.

ENERGÉTICA. AGV PTS. Disponível em:
<http://www.energetica.ind.br/pdf/Manual_PTS_Rev_06.pdfhttp://www.energetica.ind.br/pdf/Manual_PTS_Rev_06.pdf> Acesso em 22/02/2018.

FEAM, (2020), Fundação Estadual do Meio Ambiente - **RELATÓRIO TÉCNICO GESAR N° 07/2020, Avaliação do Pré-Projeto da Associação Mineira da Indústria Florestal para determinação de estimativa de fator de emissão para a produção de carvão vegetal e demais solicitações - Artigo 4° - Deliberação Normativa COPAM n° 227/2018.**

MMA, Ministério do Meio Ambiente. *Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.* Acesso em 01 de fevereiro de 2019. Disponível em Resolução n°491, de 19 de novembro de 2018: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>.

Oliveira, P. C., & Rodrigues, S. C. (2007). *Cartografia do Relevo: Um Estudo Aplicado na Região Oeste de Minas Gerais*. Uberlândia / MG: Revista Brasileira de Geomorfologia.

US EPA, O. Particulate Matter (PM) Basics. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>>. Acesso em: 29/6/2020.

SEMAD, (2019), Fundação Estadual do Meio Ambiente - Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental - Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões, *Orientações Técnicas para a Elaboração de um Estudo de Dispersão Atmosférica para Empreendimentos de Produção de Carvão Vegetal*.