

BOLETIM

ItabirAR

Setembro | 2024



UNIFEI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ





O Boletim Mensal Informativo do Monitoramento da Qualidade do Ar em Itabira é fruto de um projeto de extensão entre o Instituto de Ciências Puras e Aplicadas (ICPA) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) *Campus* Itabira e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente com o objetivo de tornar a análise da qualidade do ar, associada aos fatores meteorológicos, facilmente compreensível à população. Dessa forma, estes boletins, se propõem a auxiliar na efetividade da gestão da qualidade do ar na cidade, além de promover o acesso à informação em matéria ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população em Itabira.

Este boletim contém o detalhamento mensal das condições atmosféricas observadas nos últimos 30 dias do mês de setembro de 2024 para o município de Itabira-MG. Todas as análises aqui contidas foram feitas a partir dos dados da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar de Itabira, mantida pela Vale S.A.

Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itabira

RESPONSÁVEIS

Alef Soares Ferreira
Diego José Rodrigues Pimenta
Fernanda Paula Bicalho Pio



Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

RESPONSÁVEIS

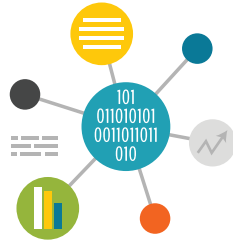
Ana Carolina Vasques Freitas
Caio Miller Henrique Almeida
Edison Aparecido Laurindo
Joelma Eliza Martins
Júlia Marins Rocha
Lahra Villaméa Cotta Patrício
Rose-Marie Belardi
Samuel Corcinio Silva
Tárik Silveira Cordeiro
Thais Sthefani Drumond Vieira



Criação e Diagramação

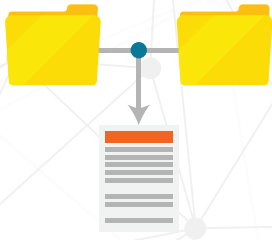
RESPONSÁVEL

Ruimar Costa Freitas



SUMÁRIO

1 - Introdução	06
2 - Índice de Qualidade do Ar	10
3 - Focos Mensais de Queimadas	13
4 - Condições Meteorológicas	14
5 - Análise dos Poluentes Monitorados - $MP_{2,5}$	18
6 - Análise dos Poluentes Monitorados - MP_{10}	24
7 - Análise dos Poluentes Monitorados - PTS	26
8 - Informações Adicionais Tempo Seco e Poluentes Atmosféricos: Origens e Consequências para a Saúde	28
Referências	36



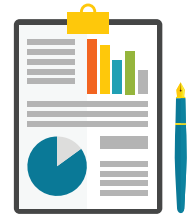
LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estações automáticas de monitoramento do ar (EAMA) em Itabira	07
Figura 2	Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar de Itabira	08
Figura 3	Classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQAR)	10
Figura 4	Focos de queimadas no município e localização das estações de monitoramento	13
Figura 5	Anomalia e precipitação para o mês de setembro	15
Figura 6	Umidade relativa (%) em Itabira para o mês de setembro	16
Figura 7	Rosa dos ventos em Itabira para o mês de setembro	17
Figura 8	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do $\text{MP}_{2,5}$ para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024	19
Figura 9	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA11 em setembro de 2024	20
Figura 10	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA21 em setembro de 2024	21
Figura 11	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA31 em setembro de 2024	22
Figura 12	Rosa de poluentes para o $\text{MP}_{2,5}$ na EAMA41 em setembro de 2024	23
Figura 13	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do MP_{10} para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024	25
Figura 14	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do PTS para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024	27
Figura 15	Foto do centro de Belo Horizonte encoberta por fumaça registrada no mirante do Parque das Mangabeiras	29
Figura 16	Composição química dos gases poluentes primários e secundários	31
Figura 17	Particulado poroso (preto) com metais pesados adsorvidos. Imagem gerada pelos autores com auxílio de IA (Inteligência Artificial).	32
Figura 18	Ilustração mostrando as ações dos materiais particulados no trato respiratório humano. Imagem gerada pelos autores com auxílio de IA.	33



LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Resumo da classificação da qualidade do ar no mês de setembro de 2024	11
Quadro 2	Classificação da qualidade do ar e possíveis efeitos a saúde	12
Quadro 3	Resumo das medições de parâmetro $MP_{2,5}$ para o mês de setembro de 2024	18
Quadro 4	Resumo das medições de parâmetro MP_{10} para o mês de setembro de 2024	24
Quadro 5	Resumo das medições de parâmetro PTS para o mês de setembro de 2024	26



1 INTRODUÇÃO

A Resolução nº 491 de 2018 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define poluente atmosférico como “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

Os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes, enquanto os secundários são formados na atmosfera por meio de reações químicas entre os poluentes emitidos e/ou os constituintes naturalmente presentes na atmosfera. Já as fontes de poluição podem ser classificadas como fixas, móveis ou fugitivas. As fontes fixas, como as indústrias, liberam os poluentes a partir de um local específico, enquanto que as fontes móveis, como os veículos, estão em movimento. Finalmente, as fontes fugitivas são emissões não intencionais provenientes de vazamentos de tubulações e outras liberações involuntárias difíceis de controlar.

Cada local tem suas fontes particulares de poluição e, portanto, os poluentes a serem monitorados devem ser determinados em cada cidade a partir da realização de um inventário de emissões atmosféricas, que nada mais é do que um levantamento para identificar, caracterizar e quantificar as contribuições dos poluentes emitidos por cada uma das fontes emissoras.

A qualidade do ar pode mudar devido às condições meteorológicas, que podem promover uma maior ou menor diluição dos poluentes. Por isso, normalmente, no período de inverno, a qualidade do ar piora com relação a maior parte dos poluentes, pois as condições meteorológicas neste período não são favoráveis para a dispersão dos poluentes.

Itabira possui uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar, implementada e mantida pela Vale S.A. Esta rede é composta de 5 estações, sendo uma Estação Meteorológica (EM11). Cada uma das restantes é denominada de Estação Automática de Monitoramento do Ar (EAMA).

A localização das estações e indicada nos itens a seguir e na Figura 2.

- EAMA11: bairro Vila Paciência, popularmente conhecido como Chacrinha;
- EAMA21: praça do bairro Areão;
- EAMA31: bairro João XXIII;
- EAMA41: bairro São Marcos, dentro da escola estadual PREMEN; e
- EM11: Pousada dos Pinheiros no bairro Campestre.

Figura 1. Estações automáticas de monitoramento do ar (EAMA) em Itabira



Fonte: Autores deste trabalho

A localização das estações é apresentada na Figura 2. O monitoramento é contínuo, com geração de médias horárias durante 24h por dia, por meio dos amostradores em tempo real da *Rupprecht & Patashnick Série 1400a*. Estes amostradores são aprovados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*U.S. Environmental Protection Agency - USEPA*) para o monitoramento de material particulado.

Figura 2. Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar em Itabira



Fonte: Autores deste trabalho

Em Itabira são monitorados os seguintes poluentes:

- **PTS** Partículas totais em suspensão que representam a soma de todo o material particulado com diâmetro inferior a 50 μm ;
- **MP₁₀** Partículas inaláveis grossas com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 10 μm ;
- **MP_{2,5}** Partículas respiráveis finas com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 2,5 μm .

O material particulado é constituído de partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, entre outros (BRASIL, 2018). Ao ser inalado, esse material pode se acumular nas vias respiratórias e intensificar os problemas respiratórios, podendo este efeito ser ainda agravado dependendo da composição química do material inalado (FREITAS e SOLCI, 2009). No caso do material particulado com diâmetro aerodinâmico médio inferior a 2,5 μm (MP_{2,5}), devido à pequena dimensão destas partículas, elas podem penetrar profundamente no sistema respiratório e atingir os alvéolos pulmonares, sendo esta uma região do organismo onde os mecanismos de expulsão dos poluentes não são eficientes (FREITAS e SOLCI, 2009).

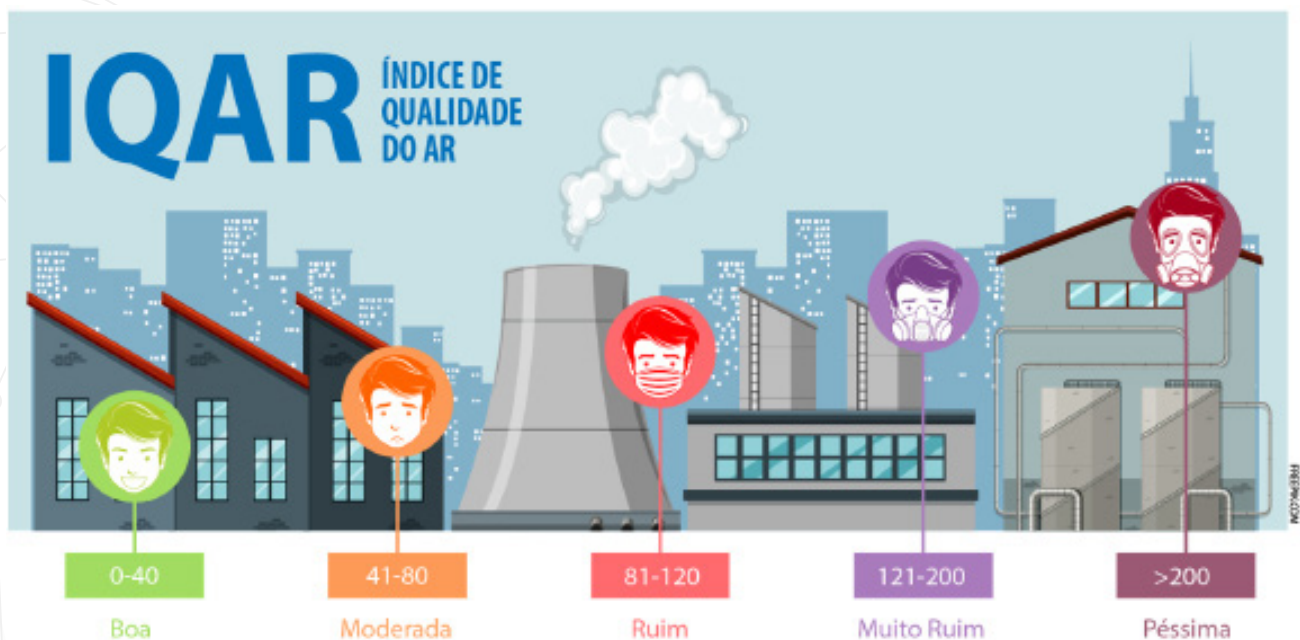
O tempo de permanência do material particulado no ar depende do diâmetro da partícula; quanto menor o diâmetro, maior o tempo de permanência. Assim, as partículas grossas visíveis a olho nu (com diâmetro médio acima de 100 μm) tendem a sedimentar rapidamente próximo a fonte emissora e, por isso, são denominadas de partículas sedimentáveis (PS). Estas partículas, de modo geral, não causam problemas para o sistema respiratório, pois não são inaláveis, mas causam incômodos constantes à população por conta da sujeira. Assim, deve-se ressaltar, que a rede de monitoramento de Itabira atualmente mede as partículas que estão em suspensão no ar (PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}), seguindo a Resolução CONAMA nº491 de 2018 e a Deliberação Normativa CODEMA nº 2 de 2022. Estas partículas são invisíveis a olho nu, mas causam a dispersão da luz, podendo este efeito ser visto na atmosfera em termos de redução da visibilidade. Quanto maior o diâmetro da partícula, maior será a dispersão da luz.

ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR



O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) consiste em uma equação matemática, definida pela Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, e representa um “valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde” (BRASIL, 2018). Este índice simplifica a interpretação dos dados de concentração dos poluentes atmosféricos monitorados e avalia a qualidade do ar em diferentes categorias, que são associadas aos seus efeitos sobre a saúde. A partir do cálculo do IQAr para cada poluente é atribuída uma classificação que compreende as seguintes categorias: Boa, Moderada, Ruim, Muito Ruim e Péssima; sendo cada uma delas relacionada a uma cor e uma faixa de valores, conforme a Figura 3. Embora o índice seja calculado para cada poluente, a classificação final é determinada pelo índice mais elevado, que representa a pior situação.

Figura 3. Classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQAR)



Foram adotados neste boletim critérios de representatividade temporal utilizando a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Isto é necessário, pois quando estes critérios não são atendidos significa que ocorreram falhas na medição, comprometendo, assim, a interpretação do resultado obtido a partir do cálculo do índice. No caso das médias das últimas 24 horas de medições é necessário que se tenha 2/3 das médias horárias válidas.

A seguir, apresenta-se um Quadro Resumo (Quadro 1) dos resultados para o IQAR final obtidos por meio do cálculo do índice a partir dos dois poluentes monitorados (MP_{10} e $MP_{2,5}$) no mês de setembro de 2024. Este resumo apresenta, em termos percentuais, o número de períodos de 24 horas em que a qualidade do ar apresentou classificação “boa”, “moderada”, “ruim”, “muito ruim” ou “péssima”. No caso de falhas na medição, esta porcentagem é classificada no Quadro Resumo como “Sem representatividade mensal”, quando mais de uma estação não atender o critério de representatividade temporal em um ou mais parâmetros.

Quadro 1. Resumo da classificação da qualidade do ar no mês de setembro de 2024

Quadro Resumo IQAR		
Índice	Qualidade	Resumo do Período (%)
0-40	N1 Boa	30,26
41-80	N2 Moderada	61,99
81-120	N3 Ruim	5,59
121-200	N4 Muito Ruim	0
>200	N5 Péssima	0
sem representatividade mensal		2,15

Observa-se que 30,26% das medições do mês de setembro resultaram em uma qualidade do ar considerada como BOA, 61,99% como MODERADA, 5,59% como RUIM e 2,15% dos valores não tiveram representatividade mensal.

Os possíveis efeitos à saúde, associados a cada categoria do índice, são descritos a seguir.

Índice	Qualidade	Possíveis efeitos a saúde
0-40	N1 Boa	
41-80	N2 Moderada	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
81-120	N3 Ruim	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
121-200	N4 Muito Ruim	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
>200	N5 Péssima	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

3

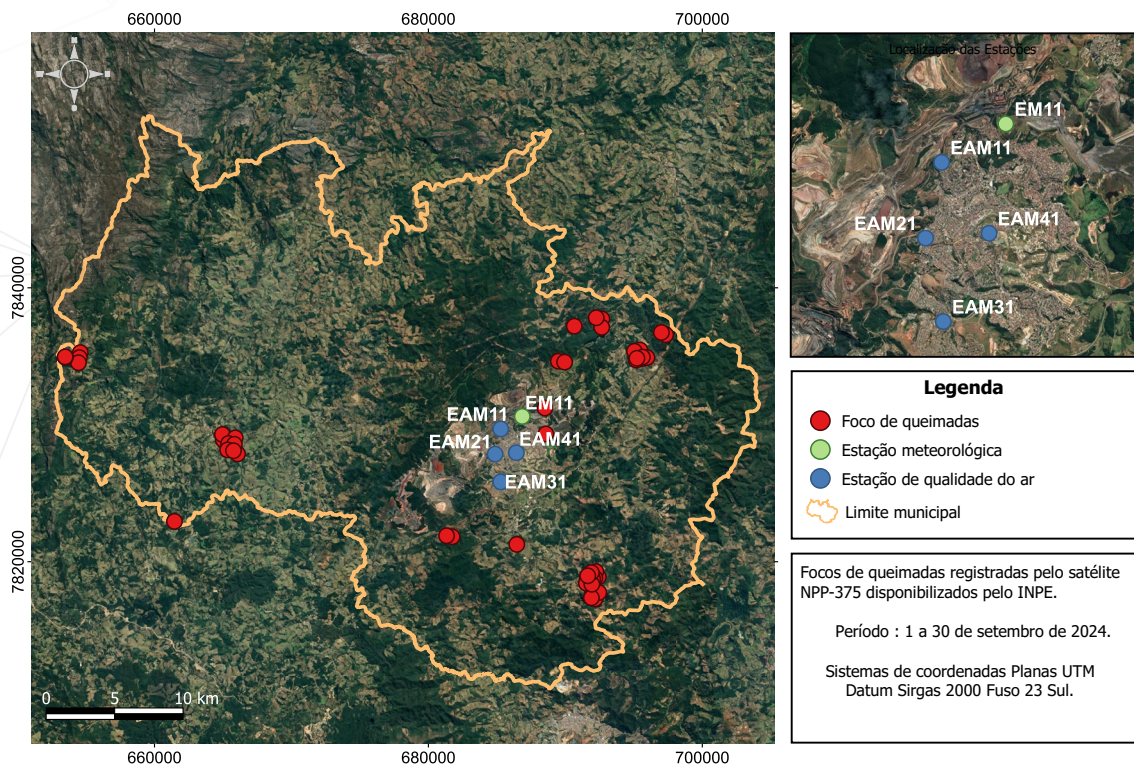
FOCOS MENSAIS DE QUEIMADAS



De acordo com os dados do monitoramento de focos de queimadas do Programa Queimadas do INPE (www.inpe.br/queimadas) no mês de setembro de 2024 houve a detecção de 48 focos de queimada dentro da área do município (Figura 4).

O Programa Queimadas do INPE utiliza cerca de 200 imagens por dia, recebidas de dez satélites diferentes. Contudo, para a finalidade deste boletim, foram utilizadas as imagens do satélite NPP-375.

Figura 4. Focos de queimadas no município e localização das estações de monitoramento.



Fonte: Autores deste trabalho

Cabe ressaltar que os satélites detectam focos maiores, sendo assim, o mapa apresentado na Figura 4 não contempla os focos menores, principalmente aqueles que ocorrem em área urbana.



4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

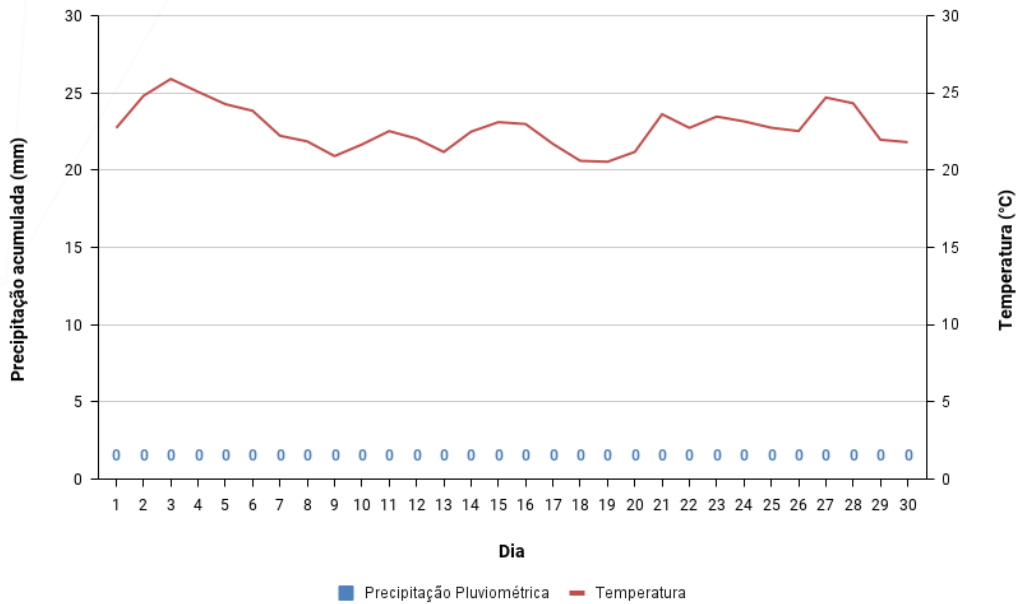
É importante estar ciente das condições meteorológicas, pois elas podem alterar a qualidade do ar, mesmo quando a emissão de poluentes é constante (GOMES, 2012). De acordo com a classificação climática de Köppen, Itabira se classifica como Cwa (KÖPPEN, 2022). Essa classificação se caracteriza por: climas úmidos de latitudes médias com invernos amenos e secos, e verões longos, muito quentes e úmidos.

Anomalias na precipitação, por exemplo, podem afetar os dados da qualidade do ar, e assim, a emissão de particulados precisa ser analisada considerando a ocorrência ou não de chuva, uma vez que esta promove a remoção de poluentes na atmosfera.

Já as altas temperaturas, predominantes no verão, facilitam a instabilidade da atmosfera e os movimentos verticais ascendentes (por fatores convectivos), elevando os poluentes emitidos e dispersando-os (VICENTINI, 2011). Por outro lado, durante o inverno, a temperatura mais baixa favorece a estabilidade da atmosfera e os poluentes tendem a se manterem próximos à superfície, piorando a qualidade do ar. A radiação solar, mais intensa durante o verão, também influencia a qualidade do ar, pois favorece a formação de poluentes secundários (VICENTINI, 2011).

A Figura 5 apresenta a precipitação diária e a temperatura em Itabira para o mês de setembro por meio dos dados da estação meteorológica da rede de monitoramento da qualidade do ar (EM11). O total acumulado de chuva neste período foi de 0 mm. A temperatura média para o mês foi de 22,8 °C e a velocidade média do vento foi igual a 3,4 m/s.

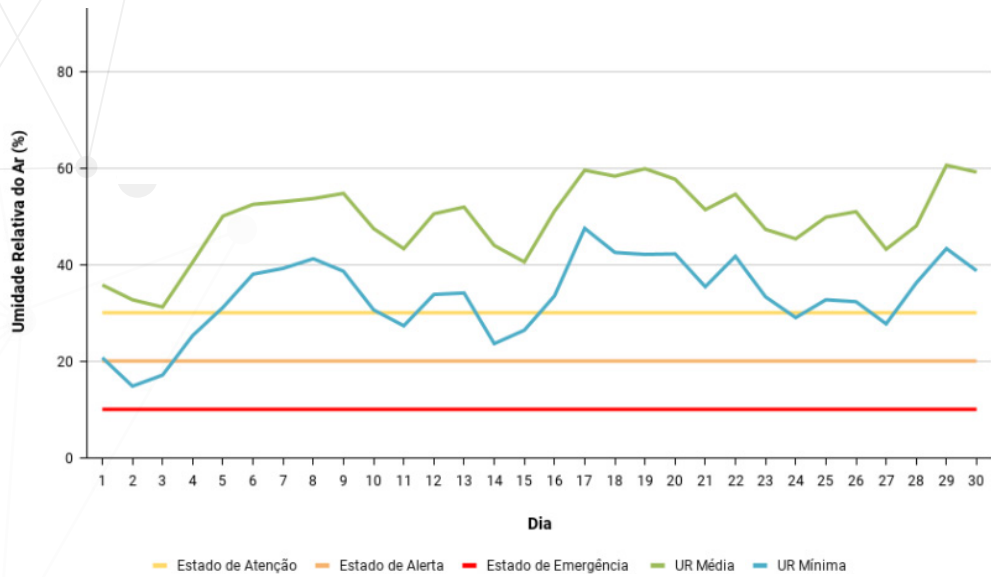
Figura 5. Precipitação diária (mm) e temperatura (°C) em Itabira para o mês de setembro



Fonte: Autores deste trabalho

A umidade relativa do ar média foi de 49,3% e a variação diária está representada na Figura 6, onde se pode verificar que o menor valor da umidade relativa (UR) mínima diária em todo o período ocorreu no dia 02/09 (14,8%), valor inferior ao Estado de Alerta (20%), de acordo com as faixas críticas consideradas pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Salienta-se que, quanto menor o valor de umidade relativa, pior a qualidade do ar.

Figura 6. Umidade relativa (%) em Itabira para o mês de setembro.



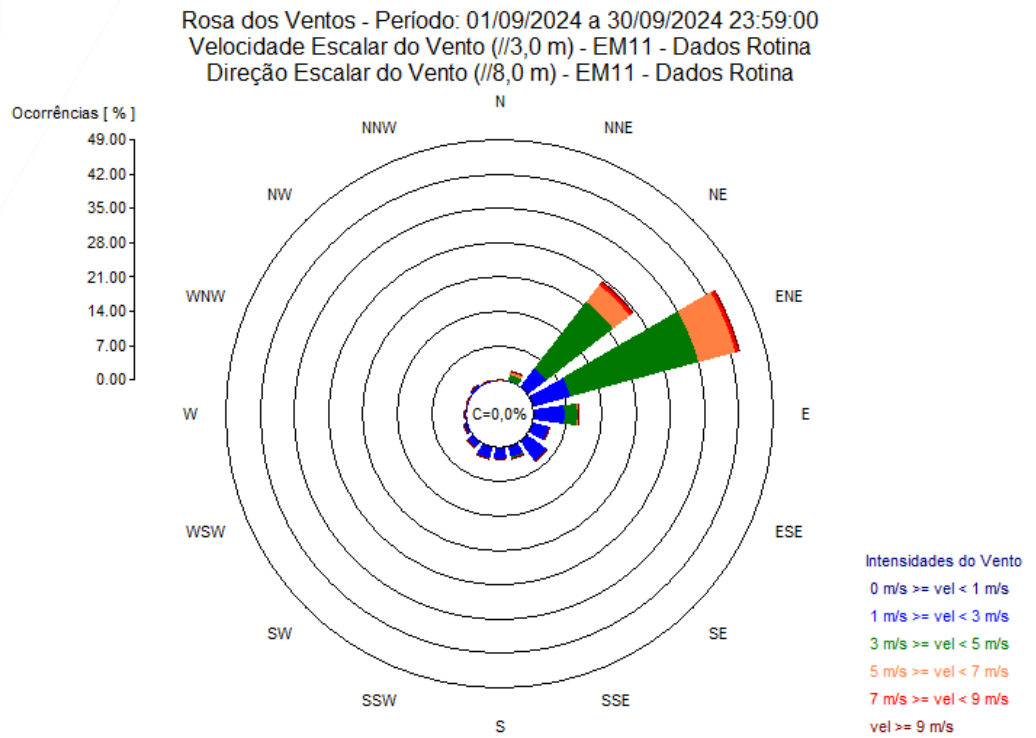
Fonte: Autores deste trabalho

A partir dos dados horários de direção e velocidade escalar do vento, obtidos por meio da EM11, é possível obter o mapa da rosa dos ventos que apresenta a direção predominante do vento em Itabira para o mês de setembro (Figura 7).

No mapa de rosa dos ventos os pontos cardeais são: Norte (N), Sul (S), Leste (E), Oeste (W). Os pontos colaterais ficam entre os pontos cardeais e são: Nordeste (NE), entre o Norte e o Leste; Sudeste (SE), entre o Sul e o Leste; Sudoeste (SW), entre o Sul e o Oeste; Noroeste (NW), entre o Norte e o Oeste. Finalmente, os pontos subcolaterais estão entre os pontos cardeais e os pontos colaterais e são: NNE: nor-nordeste - entre o norte (N) e o nordeste (NE); ENE: lés-nordeste - entre o leste (E) e o nordeste (NE); ESE: lés-sudeste - entre o leste (E) e o sudeste (SE); SSE: sul-sudeste - entre o sul (S) e o sudeste (SE); SSW: sul-sudoeste - entre o sul (S) e o sudoeste (SW); WSW: oés-sudoeste - entre o oeste (W) e o sudoeste (SW); WNW: oés-noroeste - entre o oeste (W) e o noroeste (NW); NNW: nor-noroeste - entre o norte (N) e o noroeste (NW).

Conforme pode-se notar na Figura 7, as direções predominantes dos ventos neste período foram lés-nordeste (ENE) e nordeste (NE). Para o mês de setembro, a estação meteorológica EM11 registrou velocidades horárias do vento variando entre 0,5 m/s, com 3 ocorrências (a primeira em 03/09 e a última em 16/09), e 7,8 m/s no dia 25/09.

Figura 7. Rosa dos ventos em Itabira para o mês de setembro de 2024.



Fonte: Autores deste trabalho



5 ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - MP_{2,5}

O parâmetro MP_{2,5} apresentou valor máximo de 67,8 µg/m³ no dia 04/09 na EAMA31 e valor mínimo de 11,5 µg/m³ na EAMA41 no dia 30/09. No Quadro 3, apresenta-se um resumo dos valores das medições para o parâmetro MP_{2,5} no período analisado. As maiores concentrações do poluente foram registradas no dia 04/09, enquanto as menores ocorreram nos dias 29 e 30/09. É importante frisar que a cidade de Itabira não recebe chuvas desde o dia 12 de abril (4,7 mm), totalizando 170 dias sem chuvas até o fechamento deste boletim, o que contribui para a piora na qualidade do ar. Soma-se a isso o fato de que no dia 04 foram registrados em Itabira 7 focos de queimadas, além do corredor de fumaça das queimadas da Amazônia que se estabeleceu no Brasil, de acordo com o INPE (2024).

Quadro 3. Resumo das medições do parâmetro MP_{2,5} para o mês de setembro de 2024.

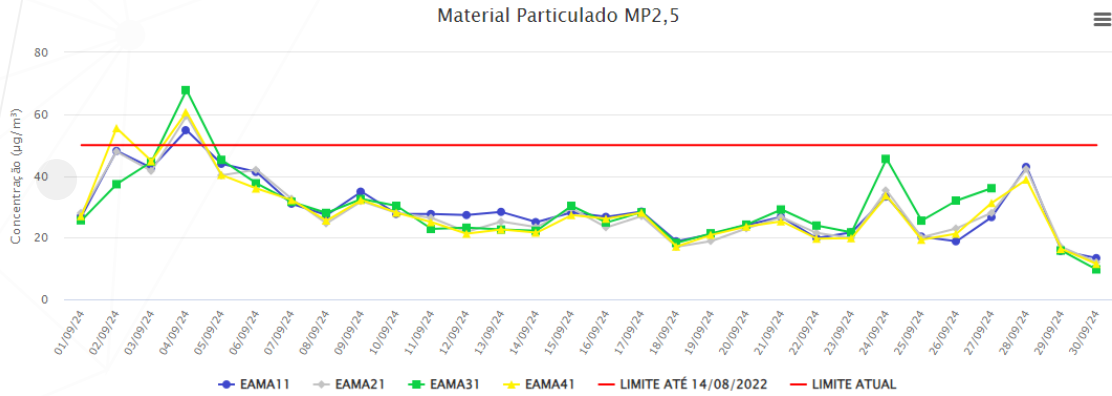
Estação	Valor Limite (µg/m ³)	Mínimo		Máximo		Média Aritmética (µg/m ³)
		Valor (µg/m ³)	Data	Valor (µg/m ³)	Data	
EAMA11 Chacrinha	50	13,4	30/09	54,8	04/09	29,1
EAMA21 Areão		12,0	30/09	59,4	04/09	28,6
EAMA31 João XXIII		15,8	29/09	67,8	04/09	30,3
EAMA41 PREMEN		11,5	30/09	60,7	04/09	28,4

Fonte: Autores deste trabalho

A média da concentração diária de MP_{2,5} durante o mês de setembro é apresentada na Figura 8. Considerando os valores do padrão de qua-

idade do ar estabelecidos para o município de Itabira (DN CODEMA nº 2/2022), houve extrapolação em todas as estações no dia 04/09.

Figura 8. Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do $\text{MP}_{2,5}$ para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024.



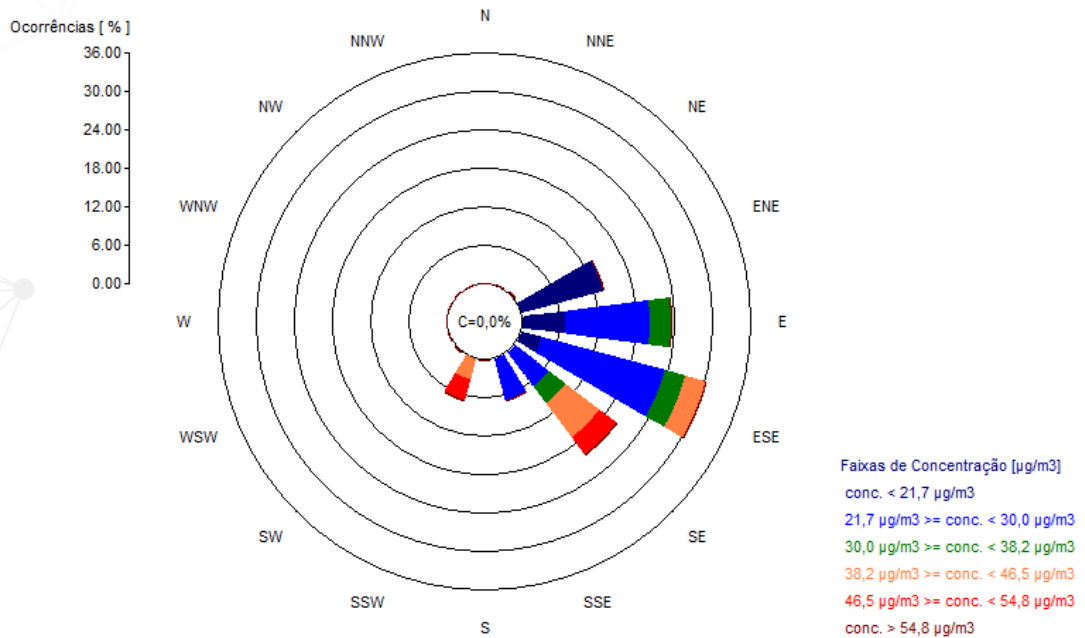
Fonte: Autores deste trabalho

Nas figuras a seguir (Figs. 9 a 12) são apresentadas as rosas de poluentes para o parâmetro $\text{MP}_{2,5}$ considerando os dados de direção e velocidade escalar do vento registrados em cada estação de monitoramento da qualidade do ar.

Na EAMA11 (Figura 9) as maiores concentrações de $MP_{2,5}$, com maiores frequências, estiveram associadas às direções lés-sudeste (ESE) e sudeste (SE); sendo que a direção lés-sudeste foi a que obteve a maior frequência no mês, atingindo o valor de 30%.

Figura 9. Rosa de poluentes para o $MP_{2,5}$ na EAMA11 em setembro.

Rosa de Poluentes - Período: 01/09/2024 a 30/09/2024 23:59:00
 Partículas Inaláveis <2.5 μ m [μ g/m³] (Médias de Simples) - EAMA11 - Dados Rotina
 Direção Escalar do Vento (Médias de Simples) - EAMA11 - Dados Rotina

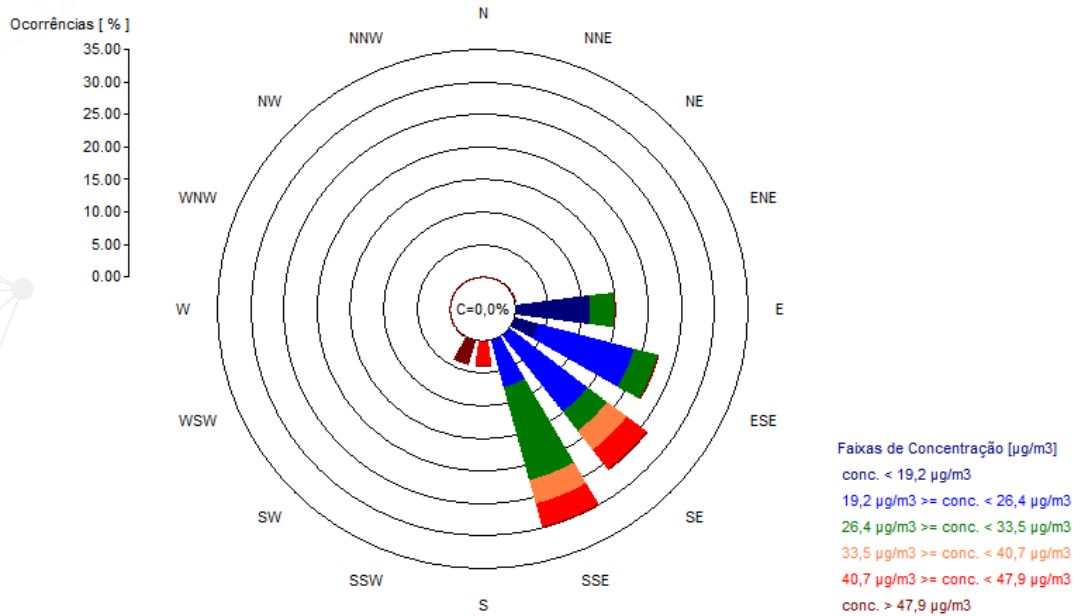


Fonte: Autores deste trabalho

Na EAMA21 (Figura 10) as maiores concentrações de $MP_{2,5}$, com maiores frequências de vento, estiveram associadas às direções sul-sudeste (SSE) e sudeste (SE), sendo que a direção SSE obteve a maior frequência no mês, atingindo o valor de 30%.

Figura 10. Rosa de poluentes para o $MP_{2,5}$ na EAMA21 em setembro.

Rosa de Poluentes - Período: 01/09/2024 a 30/09/2024 23:59:00
 Partículas Inaláveis <2.5 μ m [μ g/m³] (Médias de Simples) - EAMA21 - Dados Rotina
 Direção Escalar do Vento (Médias de Simples) - EAMA21 - Dados Rotina

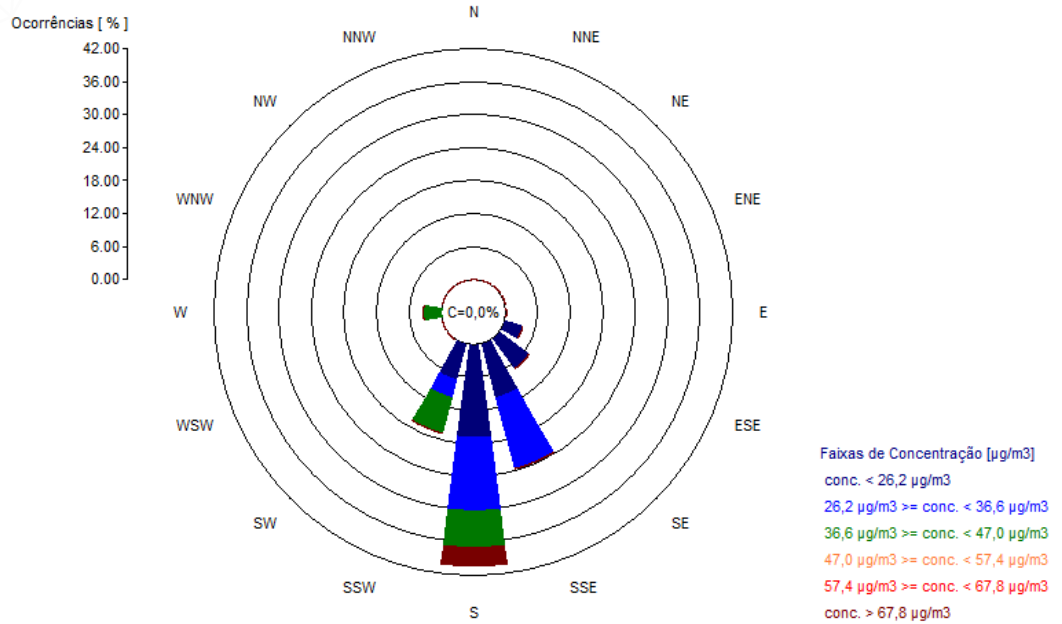


Fonte: Autores deste trabalho

Na EAMA31 (Figura 11) as maiores concentrações de $MP_{2,5}$ estiveram associadas às direções sul (S) e sul-sudeste (SSE), sendo que a direção sul foi a que obteve a maior frequência no mês, atingindo o valor de 40%.

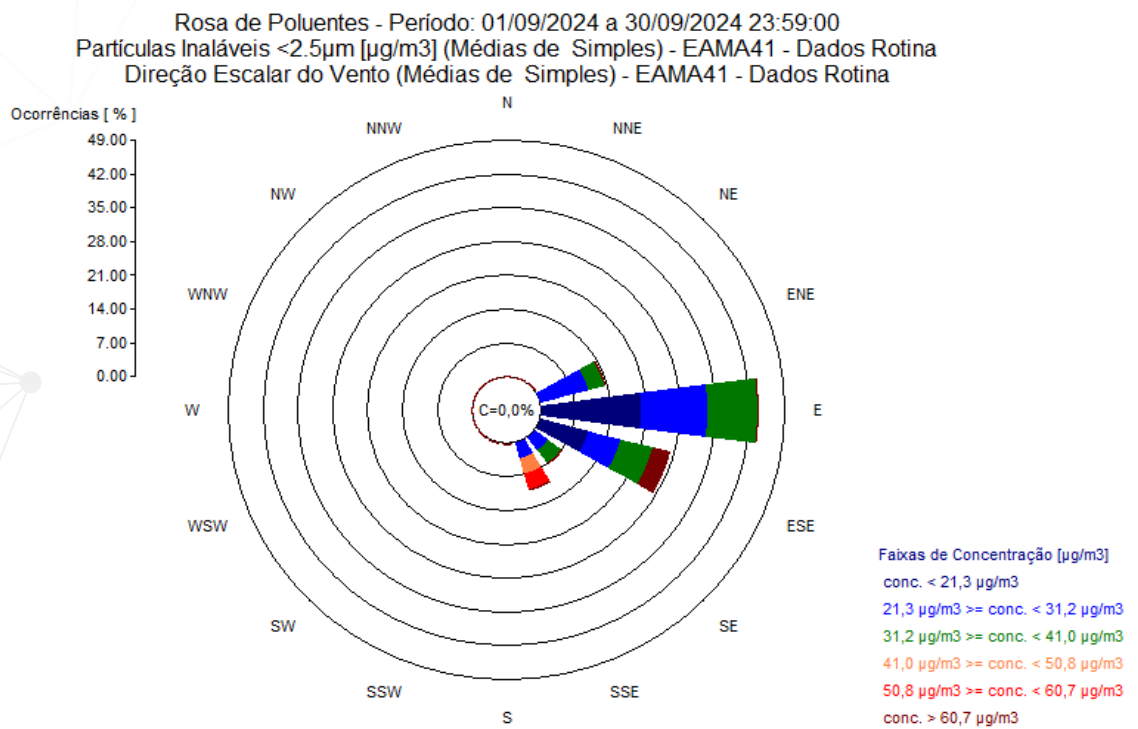
Figura 11. Rosa de poluentes para o $MP_{2,5}$ na EAMA31 em setembro.

Rosa de Poluentes - Período: 01/09/2024 a 30/09/2024 23:59:00
 Partículas Inaláveis <2.5 μ m [μ g/m³] (Médias de Simples) - EAMA31 - Dados Rotina
 Direção Escalar do Vento (Médias de Simples) - EAMA31 - Dados Rotina



Por fim, na EAMA 41 (Figura 12) as maiores concentrações de $MP_{2,5}$, estiveram associadas às direções leste (E) e lés-sudeste (ESE), sendo a direção leste a que obteve maior frequência no mês, atingindo o valor de 44%.

Figura 12. Rosa de poluentes para o $MP_{2,5}$ na EAMA41 em setembro.



Fonte: Autores deste trabalho



6 ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - MP₁₀

No mês de setembro de 2024, o parâmetro MP₁₀ apresentou maior registro na EAMA11, sendo o valor máximo observado de 119,7 µg/m³ no dia 02/09. A menor concentração para o período foi registrada na EAMA41, sendo igual a 29,0 µg/m³ no dia 30/09. No Quadro 4 apresenta-se um resumo dos valores das medições para o parâmetro MP₁₀ no período analisado. As maiores concentrações do poluente foram registradas nos dias 02 e 04/09, já as menores concentrações ocorreram nos dias 29 e 30/09. Ressalta-se que no dia 02 a umidade relativa atingiu o menor valor no mês.

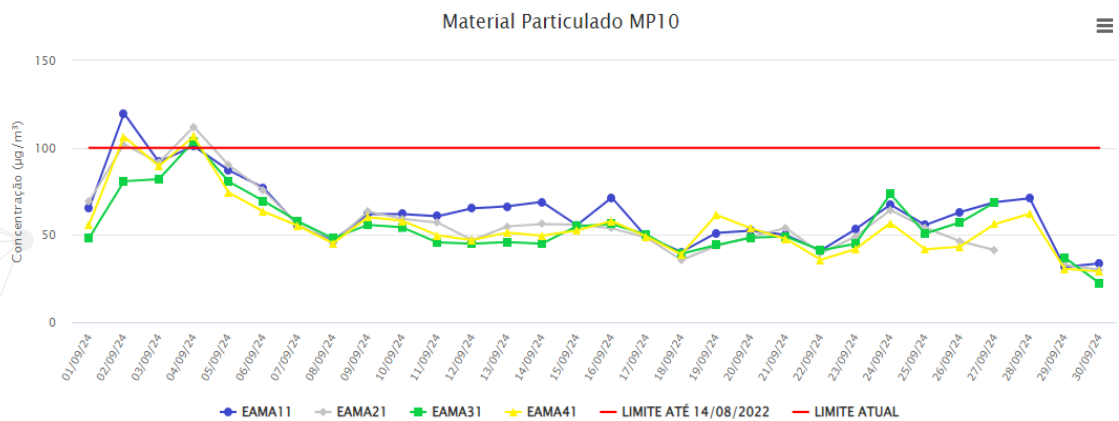
Quadro 4. Resumo das medições do parâmetro MP₁₀ para o mês de setembro de 2024.

Estação	Valor Limite (µg/m ³)	Mínimo		Máximo		Média Aritmética (µg/m ³)
		Valor (µg/m ³)	Data	Valor (µg/m ³)	Data	
EAMA11 Chacrinha	100	31,6	29/09	119,7	02/09	62,8
EAMA21 Areão		30,0	30/09	112,0	04/09	58,5
EAMA31 João XXIII		37,1	29/09	103,7	04/09	56,4
EAMA41 PREMEN		29,0	30/09	106,5	04/09	55,7

Fonte: Autores deste trabalho

A concentração média diária de MP_{10} durante o mês de setembro é apresentada na Figura 13, onde a linha vermelha representa o padrão de qualidade do ar intermediário adotado no município. Considerando os valores do padrão de qualidade do ar estabelecidos para o município de Itabira (DN CODE-MA nº 2/2022) houve extrapolação nos dias 02 e 04/09. Segundo Informativo da empresa Vale, disponível no Portal ItabirAR (https://meioambiente.itabira.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Comunicado_Vale_Qualidade_do_Ar?cdLocal=2&arquivo={ABE60BDC-B5AA-BBDA-77DD-E2B53D7AAAC1}.pdf#search=comunicado%20vale%20qualidade%20do%20ar), a fumaça proveniente dos incêndios na região e em todo o Estado de Minas Gerais, contribuíram para esse cenário.

Figura 13. Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do MP_{10} para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024.



Fonte: Autores deste trabalho



7 ANÁLISE DOS POLUENTES MONITORADOS - PTS

No mês de setembro de 2024, o parâmetro PTS apresentou valor máximo de 180,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 23/09 na EAMA31. Já a menor concentração para o período foi registrada na EAMA21, sendo igual a 41,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 29/09. As maiores concentrações do poluente foram registradas nos dias 02 e 23/09, já as menores concentrações ocorreram no dia 29/09. No Quadro 5 apresenta-se um resumo dos valores das medições para o parâmetro PTS no período analisado.

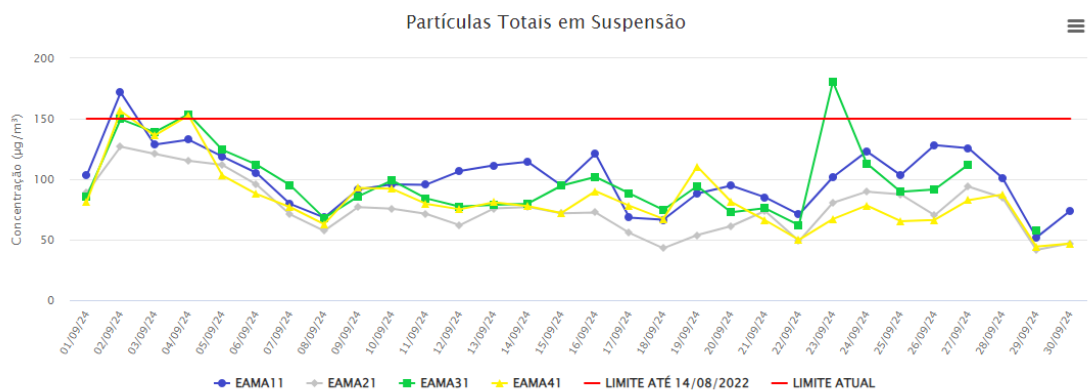
Quadro 5. Resumo das medições do parâmetro PTS para o mês de setembro de 2024.

Estação	Valor Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mínimo		Máximo		Média Aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data	
EAMA11 Chacrinha	150	51,8	29/09	171,7	02/09	100,7
EAMA21 Areão		41,6	29/09	126,9	02/09	76,7
EAMA31 João XXIII		57,4	29/09	180,6	23/09	97,9
EAMA41 PREMEN		44,2	29/09	156,4	02/09	83,6

Fonte: Autores deste trabalho

Na Figura 14 são apresentadas as médias diárias para o parâmetro PTS registradas no período em análise. Considerando os valores do padrão de qualidade do ar estabelecidos para o município de Itabira (DN CODEMA nº 2/2022), houve extrapolação nos dias 02 e 23/09. Em relação ao dia 23/09, segundo Informativo da empresa Vale, disponível no Portal ItabirAR (https://meioambiente.itabira.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Comunicacao_Vale_23_09_2024?cdLocal=2&arquivo={A18AECCB-DD5E-17EA-ED-D8-E88C7E64EDB5}.pdf#search=comunica%C3%A7%C3%A3o%20vale%2023/09/2024), houve uma medição na EAMA31 no dia 23/09 às 21h30 de 2.329 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ devido a fragmentos de fuligem de queimadas encontrados na sonda de amostragem, afetando a medição realizada.

Figura 14. Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do PTS para as 4 estações de monitoramento em Itabira no mês de setembro de 2024.



Fonte: Autores deste trabalho

8

TEMPO SECO E POLUENTES ATMOSFÉRICOS: ORIGENS E CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE

Autoria desta seção: Profa. Dra. Rose-Marie Belardi e Prof. Dr. Edison Aparecido Laurindo

Neste ano, o Brasil tem enfrentado uma série de desastres ambientais severos, resultado das mudanças climáticas. Essas mudanças têm provocado variações na radiação solar, aquecimento dos oceanos e alterações nas correntes marítimas, essenciais para a regulação do clima global. Esses fenômenos são amplamente atribuídos às atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis para a geração de energia, a expansão das indústrias e do transporte, o descarte inadequado de resíduos sólidos, além do desmatamento e das queimadas.

Nos últimos meses, a situação das queimadas e dos incêndios florestais tornou-se crítica, especialmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte, intensificada por uma seca extrema que afeta grande parte do país. De acordo com o Monitor do Fogo, do Mapbiomas, até agosto de 2024, 11,39 milhões de hectares já haviam sido consumidos pelas chamas, com a fumaça das queimadas se espalhando por várias regiões, modificando drasticamente a paisagem [1]. Além disso, o Brasil enfrentou a pior seca registrada desde o início das medições, na década de 1950. Conforme dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), a severidade dessa seca supera as de 1998 e 2015/2016, afetando cerca de 58% do território nacional. Aproximadamente 200 dos 5.570 municípios do país estiveram em estado de seca extrema, com algumas áreas enfrentando até 10 meses sem chuvas, o que agravou ainda mais a situação.

A prolongada estiagem, associada à onda de calor, favoreceu a propagação dos incêndios florestais em todo o território nacional. Esses focos de queimadas, que podem ser originados por reflexos de vidros, descargas elétricas por raios ou, principalmente, por ações humanas, foram intensificados pelas condições climáticas adversas. As mudanças climáticas têm exacerbado esse cenário, aumentando as temperaturas e reduzindo drasticamente a umidade do ar, criando um ambiente propício para o avanço das queimadas.

Em 3 de setembro de 2024, o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) informou que dez cidades brasileiras atingiram níveis críticos de umi-

dade relativa do ar, comparáveis aos registrados no deserto do Saara, localizado no norte da África. Em algumas localidades, incluindo municípios de Minas Gerais, a umidade chegou a aproximadamente 7%, valor próximo às condições extremas do deserto do Atacama (norte do Chile até a fronteira com o Peru), considerado o mais árido do mundo [2]. Em consequência dos desastres ambientais provocados pela seca extrema, as queimadas, tanto resultantes da própria seca quanto de ações humanas, têm gerado uma intensa névoa seca. Tanto que no dia 9 de setembro de 2024, a cidade de São Paulo registrou o ar mais poluído do mundo, conforme dados do site suíço IQAir [3].

Outro reflexo das queimadas pode-se observar na Figura 15, onde verifica-se uma vasta fumaça, resultado das queimadas que ocorreram na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Ela é composta por poeira, material particulado e névoa seca, fenômeno típico do inverno. Essa condição é agravada pela inversão térmica, comum nessa estação, que ocorre geralmente entre o final da tarde e o início da manhã e não se prolonga ao longo do dia. Esse fenômeno provoca uma diminuição da temperatura com o aumento da altitude, cerca de 0,6 °C a cada 100 metros, criando uma camada de ar quente entre 500 e 600 metros acima do solo. Essa camada funciona como um “tampão”, retendo a poluição próxima à superfície, intensificando a fumaça [4].

Figura 15. Foto do centro de Belo Horizonte encoberta por fumaça registrada no mirante do Parque das Mangabeiras.



Fonte: Autores desta seção

Na Figura 15, registrada em Belo Horizonte no dia 15 de setembro de 2024, após quase 130 dias sem chuva, é possível perceber a coloração alaranjada, indicando a presença de dióxido de nitrogênio, um dos prin-

principais componentes do smog fotoquímico. O aspecto leitoso é causado pela alta concentração de material particulado, que reduz significativamente a visibilidade.

O Material Particulado compreende um conjunto de poluentes composto por poeiras, fumaças e diversas substâncias sólidas e líquidas que permanecem suspensas na atmosfera devido ao seu reduzido tamanho. As principais fontes emissoras desse tipo de poluente incluem veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa e ressuspensão de poeira do solo, entre outras. Além disso, o material particulado também pode se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), os quais são emitidos, principalmente, por atividades de combustão, convertendo-se em partículas por meio de reações químicas no ar. O material particulado pode ser classificado de acordo com o seu tamanho aerodinâmico como $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} .

O termo $\text{MP}_{2,5}$, amplamente utilizado no monitoramento da poluição atmosférica, refere-se a partículas muito finas no ar, com diâmetro igual ou inferior a 2,5 micrômetros. Essas partículas podem ser encontradas sob a forma de carbono negro, mais conhecidas como fuligem, e outros compostos químicos, resultantes da queima de combustíveis fósseis e biomassa. Já o termo MP_{10} , refere-se a partículas inaláveis finas em suspensão com diâmetro maior que 2,5 micrômetros e menor ou igual a 10 micrômetros [5,6].

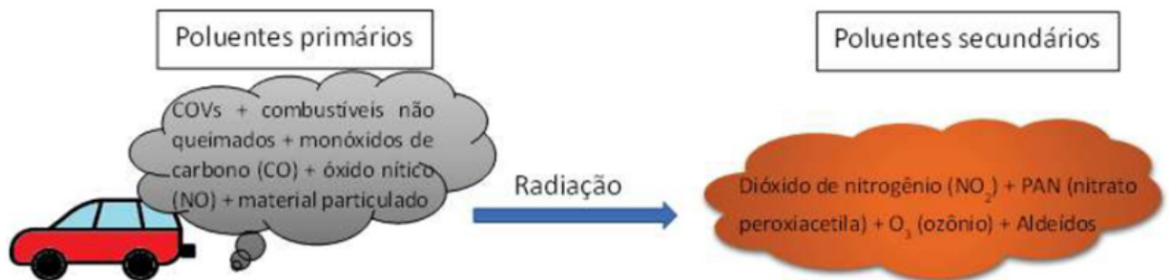
A combinação de clima seco, poluição proveniente de veículos e queimadas tem levado as regiões mais afetadas pela fumaça a registrarem níveis de poluição do ar muito acima dos limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Segundo dados de satélite e medições locais, essas áreas apresentam uma situação crítica. De acordo com informações da IQAir, uma empresa suíça especializada em soluções para monitoramento e purificação do ar, a concentração de partículas finas ($\text{MP}_{2,5}$) em Belo Horizonte atingiu $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que representa um valor nove vezes superior ao limite anual recomendado pela OMS, que varia entre $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [7,8].

No caso, o nosso município, Itabira, também sofreu com as consequências do tempo seco e das queimadas que ocorreram por todo o país. No dia 5 de setembro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saúde divulgou uma nota técnica chamando a atenção para o aumento significativo dos níveis de material particulado no ar e superiores aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Codema no 02/2022. A Secretaria ainda

recomendou à população para que permanecesse o máximo possível em ambientes fechados, ingerisse líquidos, evitasse exercícios físicos próximo às fontes de poluição, priorizasse o uso do transporte público, dentre outras [9].

O smog fotoquímico que pode ser visto na Figura 15 como a névoa de cor alaranjada ocorre em áreas urbanas densamente povoadas e em grandes centros metropolitanos, especialmente onde se tem o uso intensivo de veículos equipados com motores de combustão interna. A gasolina, um composto orgânico volátil (COV), é o principal combustível utilizado em automóveis, derivada do petróleo, é constituída por uma complexa mistura de hidrocarbonetos, substâncias orgânicas contendo átomos de carbono e hidrogênio em sua estrutura, que pode conter impurezas, como átomos de nitrogênio, oxigênio e enxofre, além de metais. Durante o processo de combustão, são formados e liberados na atmosfera diversos poluentes particulados e gasosos, denominados poluentes primários, pois são emitidos diretamente da fonte. No entanto, esses poluentes podem sofrer reações fotoquímicas (sob a ação da luz solar), resultando na formação de poluentes secundários, como mostrado na Figura 16.

Figura 16. Composição química dos gases poluentes primários e secundários[10].



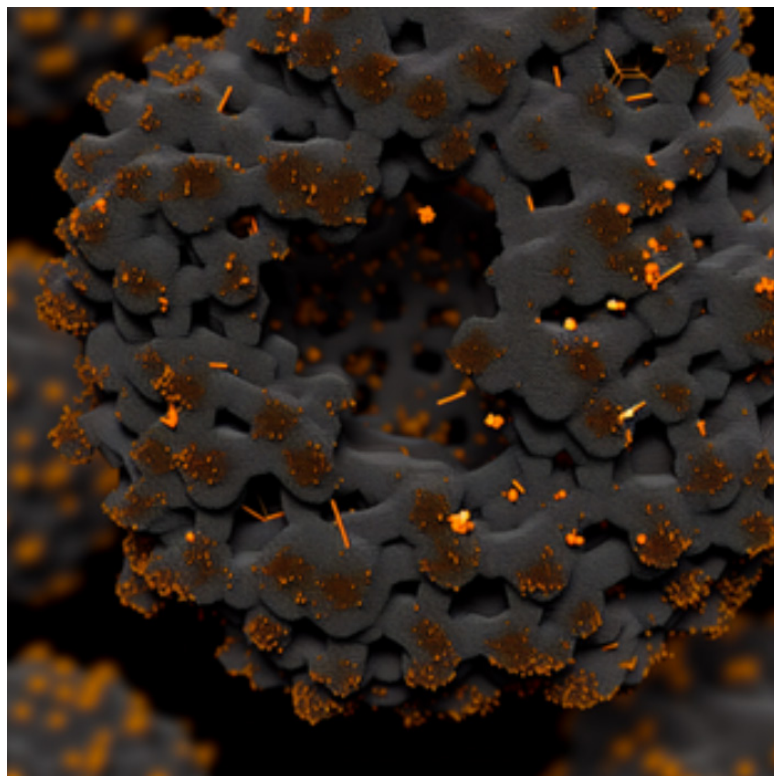
Em condições ideais para a formação de smog fotoquímico – como dias secos e ensolarados, topografia propícia e ocorrência de inversão térmica –, a concentração de poluentes primários e secundários na troposfera (a camada mais próxima da superfície terrestre) aumenta significativamente. Como ilustrado na Figura 16, os principais poluentes primários incluem compostos orgânicos voláteis (COVs), combustíveis não queimados, monóxido de carbono, material particulado e óxido nítrico. Este último, ao oxidar-se, forma dióxido de nitrogênio, um gás de cor alaranjada que contribui para o aspecto visual do smog. Além desses, outros compostos como nitrato de peroxiacetila (PAN), aldeídos e ozônio troposférico – o “ozônio na camada errada” – estão presentes [10].

A fumaça gerada por incêndios florestais se espalha por grandes extensões do país, atingindo cerca de 60% do território, e carrega consigo não só material particulado, mas também substâncias nocivas como monóxido de carbono, COVs, óxidos de nitrogênio, ozônio e metais pesados. Esses poluentes atmosféricos são similares aos encontrados no smog fotoquímico e resultam tanto da queima de biomassa quanto de combustíveis fósseis, indicando uma composição complexa que agrava a qualidade do ar e potencializa os efeitos do smog [7].

Impactos da atual poluição atmosférica na saúde

A poluição do ar causa cerca de 7 milhões de mortes prematuras ao ano em todo o mundo, incluindo mais de 300 mil apenas nas Américas, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS). A exposição prolongada a poluentes atmosféricos representa uma séria ameaça à saúde. Em crianças, por exemplo, esse contato pode comprometer o desenvolvimento pulmonar, aumentar a frequência de infecções respiratórias e agravar a asma. Nos adultos, os principais impactos incluem o aumento das doenças cardíacas e dos acidentes vasculares cerebrais (AVCs), sendo estes alguns dos principais motivos de mortes prematuras relacionadas à poluição do ar. Além disso, a OMS aponta que esses poluentes podem estar associados a doenças neurodegenerativas e diabetes [11].

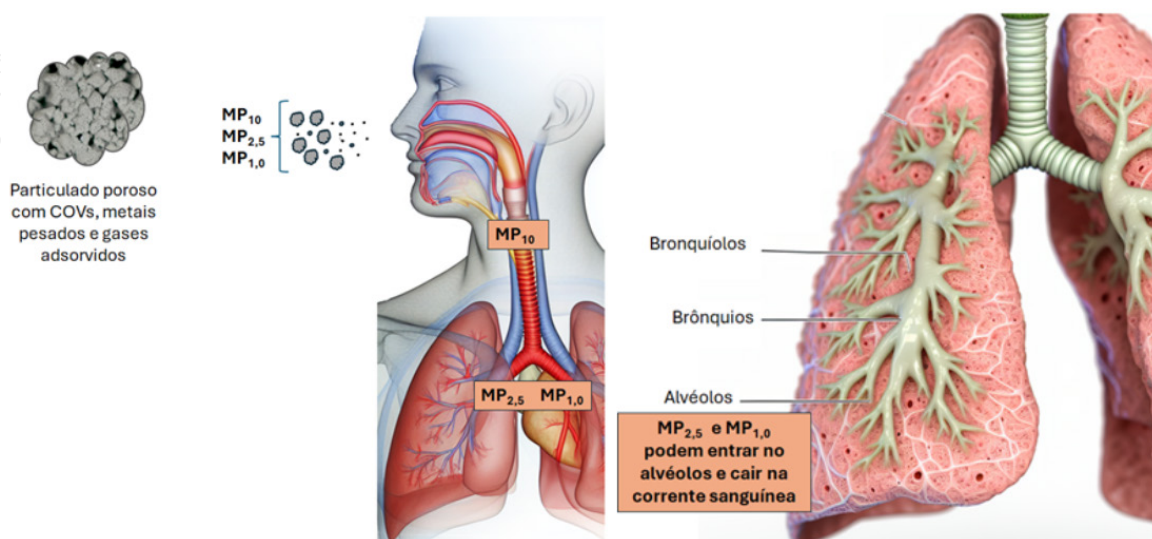
Figura 17. Particulado poroso (preto) com metais pesados adsorvidos. Imagem gerada pelos autores com auxílio de IA (Inteligência Artificial).



Outro fator que agrava os efeitos da poluição é a baixa umidade relativa do ar. Segundo a OMS, a faixa ideal para a saúde humana está entre 40% e 70%, e níveis abaixo de 30% geram um estado de alerta devido aos riscos de problemas respiratórios, fadiga extrema, dores de cabeça e ressecamento das mucosas. Esse ambiente seco é especialmente perigoso para pessoas com doenças respiratórias pré-existentes, como asma ou bronquite crônica, que enfrentam maior risco de complicações graves [12].

Períodos de baixa umidade e regiões de alta poluição favorecem também o aumento da fuligem, resultante da queima incompleta de combustíveis fósseis, biomassa e outros materiais. Esse tipo de poluição se intensifica em áreas com alta emissão veicular e industrial, com partículas finas que adsorvem gases e metais pesados do ambiente (Figura 17). Quando inaladas, essas partículas penetram profundamente nos pulmões, elevando ainda mais o risco de doenças respiratórias e cardiovasculares (Figura 18).

Figura 18. Ilustração mostrando as ações dos materiais particulados no trato respiratório humano. Imagem gerada pelos autores com auxílio de IA.



Os MP_{2,5} (Figura 18), derivados de combustão e processos industriais, são particularmente perigosos, pois atingem regiões profundas do trato respiratório e comprometem as trocas gasosas, carregando compostos como carbono, chumbo e óxidos de enxofre e nitrogênio. Os MP₁₀ são comumente associados à dispersão mecânica do solo e materiais da crosta terrestre, além de conterem elementos como silício, ferro e sódio, e materiais biológicos como pólenes e esporos. Sua inalação é facilitada pela via oral e ficam retidos no trato respiratório superior, e elas frequentemente contêm alérgenos e endotoxinas que causam inflamações respiratórias e alergias.

Entre os poluentes atmosféricos, o dióxido de enxofre (SO_2) é produzido principalmente pela queima de combustíveis fósseis e está diretamente associado ao aumento de mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, como asma e bronquite crônica. Este gás irritante dissolve-se no muco das vias respiratórias, transformando-se em ácidos fortes que provocam inflamações e reações alérgicas, especialmente em indivíduos com doenças respiratórias e cardiovasculares pré-existentes.

Outro poluente significativo é o ozônio (O_3) que penetra profundamente nas vias aéreas, provocando lesões celulares e inflamações, sendo particularmente prejudicial para asmáticos. Estudos mostram que a exposição ao O_3 está ligada ao aumento de internações hospitalares e sintomas respiratórios graves, como bronquite e redução da capacidade respiratória, especialmente em populações vulneráveis, como idosos e portadores de doenças respiratórias.

Esses efeitos são confirmados por estudos epidemiológicos que apontam para uma maior taxa de mortalidade entre idosos em regiões poluídas, além de uma prevalência aumentada de doenças respiratórias, como a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), devido à exposição prolongada a poluentes atmosféricos [12, 13].

REFERÊNCIAS DESTA SEÇÃO

- [1] <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2024-09/especialista-do-inca-alerta-para-perigo-da-fumaca-das-queimadas>
- [2] Cidades no Brasil enfrentam níveis de umidade do ar iguais ou inferiores ao do Saara | Exame
- [3] São Paulo teve o ar mais poluído do mundo nessa segunda-feira (9) | Radioagência Nacional (ebc.com.br)
- [4] <https://www.em.com.br/gerais/2024/09/6934686-entenda-o-que-e-a-nevoa-que-encobre-o-ceu-de-bh.html>
- [5] Poluentes » Qualidade do Ar (cetesb.sp.gov.br)
- [6] IMA - Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina - Poluentes monitorados
- [7] <https://portal.afya.com.br/saude/fumaca-de-queimadas-se-espalha-pelo-brasil-e-traz-riscos-a-saude>
- [8] <https://www.em.com.br/gerais/2024/09/6934686-entenda-o-que-e-a-nevoa-que-encobre-o-ceu-de-bh.html>
- [9] Secretarias de Meio Ambiente e Saúde divulgam recomendações à população devido ao aumento da poluição do ar (defatoonline.com.br)
- [10] Boletim setembro 2021. link de acesso: <https://meioambiente.itabira.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/boletim-interpretativo-da-qualidade-do-ar/195026->
- [11] <https://www.terra.com.br/planeta/poluicao-do-ar-cao-7-milhoes-de-mortes-por-ano-estima-oms,61a180192377987df6e4b8ea024aff61ou8hj98g.html#>
- [12] <https://www.poder360.com.br/brasil/saiba-quais-cidades-do-brasil-estao-mais-secas-que-o-deserto-do-saara/>
- [13] Oliveira, Marcio Sacramento de, ASSOCIAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO DO AR E MORBIMORTALIDADE POR DOENÇAS CARDIORESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA, RJ, BRASIL, tese de doutorado, Volta Redonda, RJ, 2011. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/34307>

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução N° 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar.

BRASIL. Resolução N° 506 de 5 de julho de 2024. Dispõe sobre os padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Agência do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição.

FREITAS, A. de M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina. Química Nova, [S.L.], v. 32, n. 7, p. 1750-1754, 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000700013>.

GOMES, E. L. M.; BIASUTTI, S. Avaliação do desempenho dos modelos de qualidade do ar AERMOD e CALPUFF na região de Anchieta-ES. Universidade Federal do Espírito Santo - Departamento de Engenharia Ambiental. Vitória, 2012. Disponível em:

https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/avaliacao_do_desempenho_dos_modelos_de_qualidade_do_ar_aermod_e_calpuff_na_regiao_de_anchieta-es.pdf. Acesso em: 31 de jan. de 2024.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TerraBrasilis. Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 02 out. 2024.

ITABIRA. Deliberação Normativa CODEMA nº 02, de 15 de agosto de 2022. Dispõe sobre a operacionalização da proteção ambiental no Município de Itabira, regulando as normas e padrões para a qualidade do ar.

KÖPPEN. Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros, 2022. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 16 de mar. de 2022.

VICENTINI, P. C. Uso de Modelos de Qualidade do ar para a Avaliação do Efeito do PROCONVE entre 2008 e 2020 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. (Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. p. 242. 2011. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_d/PedroCaffaroVicentini.pdf. Acesso em: 08 de mar. de 2022.