

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

CARLOS HENRIQUE DEVILLA MARCELLO

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM RELAÇÃO A
CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO - MP2,5: ESTUDO DE CASO
APLICADO EM AMBIENTE EXTERNO NA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL
CATARINENSE**

**CRICIÚMA
2023**

CARLOS HENRIQUE DEVILLA MARCELLO

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM RELAÇÃO A
CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO - MP2,5: ESTUDO DE CASO
APLICADO EM AMBIENTE EXTERNO NA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL
CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel no curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade do
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Michael Peterson

CRICIÚMA

2023

CARLOS HENRIQUE DEVILLA MARCELLO

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM RELAÇÃO A
CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO - MP2,5: ESTUDO DE CASO
APLICADO EM AMBIENTE EXTERNO NA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL
CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de Bacharel no Curso
de Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC, com Linha de
Pesquisa em Controle de Qualidade do
Ar.

Criciúma, 27 de junho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Michael Peterson - Doutor - (UNESC) - Orientador

Prof. Sérgio Luciano Galatto - Mestre - (UNESC)

Prof. Michele Coral Dutra - Mestre - (UNESC)

Dedico esse trabalho a você Emilio, sei que adoraria poder acompanhar de perto.

AGRADECIMENTOS

A Deus por oportunizar este momento em minha trajetória e por me proporcionar força tão necessária durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais Amilton Carlos e Maria Glória, por sempre me incentivarem a estudar e lutar por aquilo que julgo ser certo e tornar esse sonho possível.

A vó Neli, por ser uma inspiração e ser a primeira graduada da família.

A tia Céia, por acreditar e me encorajar nos momentos mais difíceis.

A tia Nani, por dar dicas sobre a condução do trabalho.

Ao Paulo e a Thainá por serem amigos tão presentes e essenciais na minha vida, tanto acadêmica quanto pessoal.

Aos amigos: Maurício, Guilherme, Enandra e Ramiro que a graduação me presenteou e que com certeza levarei para a vida.

As minhas colegas de estágio Dominique e Keyla, pelos momentos compartilhados e de auxílio quando necessário.

Ao meu supervisor Eduardo, por ter toda paciência em me ensinar e proporcionar várias experiências durante meu estágio no IMA.

A Nadja, pelas dicas de como organizar meus resultados.

Ao Zambrano, por me ajudar com os mapas georreferenciados.

A Tamiris, por sempre me liberar para resolver as coisas do TCC.

Aos professores: Cristina Lalau, Lucas Kister, Guilherme Elias, Miriam Martins, Carlyle de Menezes, Marta Hoffman, Cláudia Peluso, Renato Colares e Mário Guadagnin que tem minha total admiração como exemplos de profissionais, em especial ao professor Michael Peterson pelo seu apoio e disponibilidade na orientação deste trabalho e a professora Paula Tramontim Pavei por ter aceitado e colaborado como co-orientadora.

À instituição – FAPESC, juntamente com o IPARQUE e o Colégio UNESC, que me proporcionaram a oportunidade de desenvolver esse trabalho.

Por fim, a banca, por aceitarem o convite de analisar e contribuir com este trabalho de conclusão de curso.

“O desenvolvimento sustentável, é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.”

Gro Harlem Brundtland

RESUMO

A poluição atmosférica é uma problemática presente no cotidiano, onde o avanço da industrialização apresentou potencial agravamento sobre os níveis de emissões e concentração de poluentes no ar atmosférico. Esse trabalho partiu do princípio de uma investigação sobre a influência que as variáveis meteorológicas: temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade e direção do vento exercem sobre a concentração de material particulado, em especial, $MP_{2,5}$, em área urbana. Foram estabelecidos procedimentos envolvendo a coleta de dados meteorológicos, fornecidos por estações meteorológicas próximas ao local do equipamento de monitoramento, avaliação média, desvio padrão médio e predominância para os valores coletados. Os resultados mostraram como a dinâmica atmosférica influi diretamente nos níveis de concentração de MP, uma vez que para direções de ventos advindas do 1º quadrante (N, NNE, NE e ENE) com velocidades baixas ou igual a zero, os níveis de concentração se mostraram altos; para os ventos decorrentes do 3º quadrante (S, SSW, SW e WSW) com velocidades elevadas ou diferentes de zero, os níveis de concentração se mostraram baixos. Esse trabalho não se preocupou em discutir o rigor entre legislações estadunidenses e brasileiras. Os cálculos de IQAr não seguiram a regra de média diária prevista no CONAMA, visto que o intuito era descobrir concentrações pontuais e relacioná-las à dinâmica das variáveis atmosféricas. Com isso, foi possível verificar que a dinâmica da velocidade e direção do vento deve ser analisada em conjunto, uma vez que são dependentes uma da outra e se mostraram fatores determinantes para os níveis de concentração de MP. Esse trabalho pode contribuir para a aplicação de futuras pesquisas na temática abordada, pois não há até o momento estudos específicos voltados para essa área.

Palavras-chave: Variáveis meteorológicas. Concentração de MP. Velocidade do vento. Direção do vento. IQAr atual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização das estações meteorológicas e do equipamento de monitoramento.....	42
Figura 02 - Dados meteorológicos disponíveis pela plataforma digital EPAGRI/CIRAM.....	42
Figura 03 - Dados meteorológicos disponíveis pela plataforma digital <i>Weather Underground</i>	43
Figura 04 - Equipamento de monitoramento AirLink.....	46
Figura 05 - Instalação do equipamento AirLink.....	46
Figura 06 - Distância entre as estações meteorológicas e o equipamento de monitoramento.....	47
Figura 07 - A: Página inicial do aplicativo <i>WeatherLink</i> indicando a localização; B: Parte informativa sobre os valores de IQAr e concentração registrados.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 01** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Primeira Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento..... 53
- Gráfico 02** - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Primeira Semana..... 55
- Gráfico 03** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Segunda Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento..... 56
- Gráfico 04** - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Segunda Semana..... 58
- Gráfico 05** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Terceira Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento..... 58
- Gráfico 06** - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Terceira Semana..... 60
- Gráfico 07** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Quarta Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento..... 61
- Gráfico 08** - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Quarta Semana..... 63
- Gráfico 09** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Quinta Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento..... 64
- Gráfico 10** - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Quinta Semana..... 66
- Gráfico 11** - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Sexta Semana. (a) em relação à

temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento.....	66
Gráfico 12 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Sexta Semana.....	68
Gráfico 13 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Sétima Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento.....	69
Gráfico 14 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Sétima Semana.....	71
Gráfico 15 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Oitava Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento.....	72
Gráfico 16 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Oitava Semana.....	74
Gráfico 17 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Nona Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento.....	74
Gráfico 18 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Nona Semana.....	76
Gráfico 19 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Décima Semana. (a) em relação à temperatura; (b) em relação a umidade relativa; (c) em relação a precipitação e (d) em relação a velocidade do vento.....	77
Gráfico 20 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Décima Semana.....	79
Gráfico 21 - Comportamento gráfico dos dias de pico. (a) registrado em 04/04/2023; (b) registrado em 18/04/2023; (c) registrado em 26/04/2023 e (d) registrado em 27/04/2023.....	81
Gráfico 22 - Comportamento gráfico dos dias de pico. (a) registrado em 28/04/2023; (b) registrado em 04/05/2023; (c) registrado em 05/05/2023 e (d) registrado em 09/05/2023.....	82

Gráfico 23 - Comportamento gráfico dos dias de pico. (a) registrado em 10/05/2023; (b) registrado em 15/05/2023; (c) registrado em 18/05/2023 e (d) registrado em 19/05/2023..... 83

Gráfico 24 - Comportamento gráfico dos dias de pico. (a) registrado em 22/05/2023; (b) registrado em 23/05/2023; (c) registrado em 24/05/2023 e (d) registrado em 25/05/2023..... 85

Gráfico 25 - Comportamento gráfico dos dias de pico. (a) registrado em 30/05/2023; (b) registrado em 31/05/2023; (c) registrado em 01/06/2023 e (d) registrado em 02/06/2023..... 86

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Fontes de emissão.....	22
Quadro 02 - Principais fontes de emissão e poluentes.....	23
Quadro 03 - Relação entre tamanho e partícula.....	26
Quadro 04 - Tempo de deposição de MP conforme o tamanho.....	27
Quadro 05 - Influência das áreas urbanas e rurais.....	28
Quadro 06 - Danos aos materiais provocados pela poluição atmosférica.....	34
Quadro 07 - Episódios agudos provocados pela poluição atmosférica.....	35
Quadro 08 - Relação do Índice de Qualidade do Ar com os sintomas decorrentes.....	35
Quadro 09 - Ranking dos 10 municípios com maiores números de indústrias de grande porte com potencial de emissão em SC.....	36
Quadro 10 - Ranking dos 10 municípios com maiores números de emissões evaporativas em SC.....	37
Quadro 11 - Padrões de qualidade do ar do CONAMA.....	39
Quadro 12 - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações.....	39
Quadro 13 - Padrões de qualidade do ar da USEPA.....	39
Quadro 14 - Cronograma de coleta.....	44
Quadro 15 - Estrutura do índice de qualidade do ar proposto pela USEPA.....	50
Quadro 16 - Estrutura do índice de qualidade do ar proposto pelo CONAMA.....	50
Quadro 17 - Valores atribuídos para os pontos cardeais, colaterais e subcolaterais.....	52
Quadro 18 - Identificação dos dias de pico de concentração de $MP_{2,5}$ em relação a umidade relativa e condição climática.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IPARQUE	Parque Científico e Tecnológico
IQAR	Índice da Qualidade do Ar
LCQAR	Laboratório de Controle da Qualidade do Ar
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Material Particulado
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPS	Organização Pan-americana da Saúde
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	O Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
PRONACOP	Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SATC	Associação Benéfica da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
USEPA	United States Environmental Protection Agency

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
CO	Monóxido de Carbono
E	Leste
ENE	Lés-nordeste
ESE	Lés-sudeste
g/Kg	Grama por quilograma
H ₂ S	Ácido Sulfídrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HCL	Ácido Clorídrico
HF	Ácido Fluorídrico
Km/h	Quilômetro por hora
mm	Milímetros
µg/m ³	Micrograma por metro cúbico
µm	Micrômetro
MP ₁	Partículas submicrométricas
MP _{2,5}	Partículas inaláveis finas
MP ₁₀	Partículas inaláveis
N	Norte
NE	Nordeste
NNE	Nor-nordeste
NNW	Nor-noroeste
NW	Noroeste
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
S	Sul
SE	Sudeste
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Trióxido de Enxofre
SSE	Su-sudeste
SSW	Su-sudoeste

SW	Sudoeste
ton.ano ⁻¹	Tonelada por ano
W	Oeste
WNW	Oés-noroeste
WSW	Oés-sudoeste
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO.....	21
2.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA A NÍVEL DE BRASIL.....	21
2.3 FONTES DE EMISSÃO.....	22
2.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	23
2.4.1 Material Particulado	23
2.4.2 Compostos de Enxofre	24
2.4.3 Compostos de Nitrogênio	24
2.4.4 Compostos Orgânicos Voláteis	24
2.4.5 Compostos Halogenados	25
2.4.6 Monóxido de Carbono	25
2.4.7 Oxidantes Fotoquímicos	25
2.4.8 Metais Pesados	26
2.5 MATERIAL PARTICULADO - MP.....	26
2.6 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	27
2.6.1 Temperatura	28
2.6.2 Precipitação	29
2.6.3 Umidade Relativa	30
2.6.4 Vento	31
2.7 DANOS PROVOCADOS PELOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	32
2.7.1 Danos ambientais	32
2.7.2 Danos aos materiais	33
2.7.3 Danos à saúde pública	34
2.8 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM SANTA CATARINA.....	36
2.9 LEGISLAÇÃO.....	37
2.9.1 Resolução CONAMA nº 005/1989	37
2.9.2 Resolução CONAMA nº 018/1986	37
2.9.3 Resolução CONAMA nº 297/2002	38
2.9.4 Resolução CONAMA nº 003/1990	38
2.9.5 Lei Federal nº 8.723/1993	38
2.9.6 Resolução CONAMA nº 491/2018	38
2.9.7 Resolução CONSEMA nº 190/2022	38
2.10 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	39
2.11 GESTÃO DA QUALIDADE DO AR.....	40
3. METODOLOGIA	40
3.1 LOCAL DE PESQUISA.....	41
3.2 MÉTODO DE COLETA DE DADOS.....	41
3.2.1 Estações meteorológicas	41

3.2.2 Coleta de dados das variáveis meteorológicas observadas.....	44
3.2.3 Equipamento de monitoramento da qualidade do ar.....	45
3.2.4 Aplicativo WeatherLink.....	48
3.3 MÉTODO DE ANÁLISE.....	49
3.3.1 Seleção de dados de interesse.....	49
3.3.2 Cálculo de IQAr.....	49
3.3.3 Avaliação de dados estatísticos.....	51
3.3.4 Elaboração de gráficos com base nos dados.....	52
3.3.5 Análise da influência das variáveis meteorológicas.....	52
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	53
4.1 CONCENTRAÇÃO DO POLUENTE EM RELAÇÃO A VARIÁVEL METEOROLÓGICA.....	53
4.1.1 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a primeira semana (março).....	53
4.1.2 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a segunda semana (abril).....	56
4.1.3 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a terceira semana (abril).....	58
4.1.4 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a quarta semana (abril).....	61
4.1.5 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a quinta semana (abril).....	63
4.1.6 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a sexta semana (maio).....	66
4.1.7 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a sétima semana (maio).....	69
4.1.8 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a oitava semana (maio).....	72
4.1.9 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a nona semana (maio).....	74
4.1.10 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a décima semana (maio e junho).....	77
4.2 PICOS HORÁRIOS DE CONCENTRAÇÃO DE MP.....	79
4.2.1 Picos horários de concentração em relação à dinâmica dos ventos.	81
5. CONCLUSÃO.....	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS.....	91
APÊNDICES.....	96
APÊNDICE A - DADOS COLETADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS (PRIMEIRA A QUINTA SEMANA).....	97
APÊNDICE B - DADOS COLETADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS (SEXTA A DÉCIMA SEMANA).....	101
APÊNDICE C - DADOS COLETADOS DE IQAR E CONCENTRAÇÃO DE MP	

(PRIMEIRA A QUINTA SEMANA).....	106
APÊNDICE D - DADOS COLETADOS DE IQAR E CONCENTRAÇÃO DE MP (SEXTA A DÉCIMA SEMANA).....	111
APÊNDICE E - DESVIO PADRÃO MÉDIO (PRIMEIRA A QUINTA SEMANA).....	117
APÊNDICE F - DESVIO PADRÃO MÉDIO (SEXTA A DÉCIMA SEMANA).....	119

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica vem cada vez mais ganhando espaço no cotidiano das pessoas, através de informações de cunho físico ou virtual, ou mesmo por vivência, onde cada vez mais indivíduos ficam expostos a níveis de concentração de poluentes, sendo considerado fora dos padrões por agências e organizações governamentais.

O monitoramento da qualidade do ar é de suma importância, sendo utilizado para verificar se os parâmetros observados estão de acordo com o que preconiza a legislação vigente.

Dessa forma, avaliar a qualidade do ar em uma universidade onde vários estudantes, professores, funcionários e público externo ficam expostos ao ar atmosférico em um ambiente urbano e possivelmente a certos poluentes, sobretudo, o MP, um dos responsáveis por intensificar pioras nos quadros de determinadas doenças, se faz importante, tanto para a saúde dos indivíduos afetados, quanto para o meio ambiente de modo geral.

“A atmosfera atua sobre as substâncias poluentes através de dois fenômenos fundamentais: o transporte e a difusão” (MOREIRA; TIRABASSI; MORAES, 2008, p. 2).

Os autores Santos e Silva (2012, p. 970) ressaltam que “as variações climáticas se estabelecem de acordo com a temperatura, pressão atmosférica, umidade, quantidade e qualidade das precipitações e velocidade dos ventos.” Associada à dinâmica atmosférica, tais variáveis vem a se caracterizar como agentes fundamentais para conduzir o transporte e promover a difusão dos poluentes.

De modo a investigar sobre as possíveis influências das variáveis meteorológicas sobre a concentração de material particulado, em especial $MP_{2,5}$, o presente trabalho tem por objetivo geral verificar a relação entre a velocidade e direção dos ventos ocorrentes na região sul catarinense avaliando os níveis de concentração de $MP_{2,5}$ no campus da UNESC em Criciúma - SC.

Em busca de alcançar o objetivo geral, o presente trabalho teve como objetivos específicos:

- Estabelecer um cronograma com horários demarcados para realizar a coleta de dados pretendidos;

- Realizar coleta de dados meteorológicos a partir da consulta das plataformas digitais: EPAGRI/CIRAM e *Weather Underground*;
- Realizar coleta de dados de IQAr atual e concentração atual de MP_1 , $MP_{2,5}$ e MP_{10} a partir da consulta da plataforma digital *WeatherLink*;
- Analisar os níveis de $MP_{2,5}$ junto com as variáveis: temperatura, umidade relativa, precipitação velocidade e direção do vento correlacionando com médias semanais e os dias de pico;
- Analisar a predominância da velocidade e direção dos ventos nos dias de pico de concentração de $MP_{2,5}$.

O desenvolvimento desse trabalho se justifica em razão de não haver muitos estudos específicos sobre a temática abordada. Sendo que a poluição atmosférica é uma problemática atual e de grande importância quando se trata de saúde pública e ambiental. Esse trabalho se preocupou em investigar o comportamento real da concentração do poluente nos horários escolhidos, não seguindo médias diárias como regulamenta a legislação vigente, uma vez que se pretendeu relacionar os fatores que influenciam os níveis horários de concentração de $MP_{2,5}$.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO

O ar atmosférico é uma mistura composta por 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio, 1% de Gás Carbônico e 0,03% de demais gases, incluindo os Gases Nobres. Embora essa composição seja particularmente gasosa, o ar apresenta ainda componentes líquidos, como o vapor d'água; e sólidas, dentre elas: poeiras, pólenes e cinzas, que constituem o grupo dos particulados. Essas partículas sólidas podem viajar longas distâncias, devido a sua capacidade de ficar em suspensão no ar atmosférico e dessa forma modificando a sua composição natural (DONATO; PETERSON; PAVEI, 2022).

2.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA A NÍVEL DE BRASIL

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias estranhas na atmosfera, resultantes da atividade humana ou de processos naturais, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem estar dos seres vivos (CANÇADO *et al.*, 2006, p. 5).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA, a poluição atmosférica pode ser definida como:

[...] qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade (BRASIL, 2023, p. 1).

A problematização sobre poluição atmosférica dada após a Revolução Industrial ao final do século XVIII, onde as condições sociais junto com o crescimento populacional desordenado culminaram na intensificação por novas tecnologias que buscavam aumentar o nível de exploração dos recursos naturais, devido a alta demanda no setor de produção, conseqüentemente a geração de mais poluentes como fuligem e compostos de enxofre (RIGO; COLOMBO; GRUB, 2008).

No Brasil, a principal fonte de emissões atmosféricas era advinda das atividades industriais até a década de 1980, quando no país começou, a partir da década de 1990 as contribuições veiculares, que ganharam cada vez mais espaço

em especial nos grandes centros urbanos, sendo a principal fonte de emissão (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

Dentre os dez países em desenvolvimento que mais contribuem com as emissões atmosféricas, cerca de 38% das emissões mundiais provêm da China, Índia, Indonésia, Brasil, México e Irã (KANSKI, 2015).

Nesse contexto, Lago (2021, p.1) destaca que “as principais fontes poluidoras do ar brasileiro são os processos industriais, o setor de transportes e a queima de biomassa”.

2.3 FONTES DE EMISSÃO

De acordo com os dados do Instituto Nacional do Câncer - INCA (2021), as principais fontes de emissões atmosféricas são advindas do meio natural, industrial, transportes, utilização e produção de energia, processos de queima e agricultura, vide o Quadro 01.

Quadro 01 - Fontes de emissão.

Principais Fontes de Poluição do Ar	
Natural	Principalmente poeira do deserto, sal marinho e emissões de enxofre vulcânicos e orgânicos liberados pela vegetação
Indústria	Setores siderúrgico, químico, alimentícios e de petróleo
Transportes terrestres	Transportes rodoviários e não rodoviários em terra
Utilização de energia residencial e comercial	Energia a partir de pequenas fontes de combustão para aquecimento de espaços e cozedura, incluindo geradores a diesel e utilização de biocombustíveis
Produção de energia	Centrais elétricas alimentadas a combustíveis fósseis.
Queima de biomassa	Incêndios florestais tropicais e desmatamento, incêndios de savanas e arbustos, fogos de pastagem e queima de resíduos agrícolas
Agricultura	Emissões de amônia associadas ao uso de fertilizantes e animais domesticados

Fonte: Adaptado de INCA, 2022.

Ainda sobre as fontes de emissão Derisio (2007) conceitua a relação das fontes móveis, estacionárias, naturais e as provenientes de reações químicas na atmosfera com seus respectivos poluentes, (Quadro 02).

Quadro 02 - Principais fontes de emissão e poluentes.

Fontes		Poluentes
Estacionárias	Combustão	MP, SO ₂ , SO ₃ , CO, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio
	Processo industrial	MP (fumos, poeiras e névoas), Gases (SO ₂ , SO ₃ , HCL, Hidrocarbonetos, Mercaptanos, H ₂ S, HF, e NO _x)
	Queima de resíduo sólido	MP, Gases (SO ₂ , SO ₃ , HCL e NO _x)
	Outros	MP e Hidrocarbonetos
Móveis	Veículos a gasolina, diesel, álcool, aviões, motocicletas, barcos, locomotivas, etc.	MP, CO, Óxidos de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonetos, Aldeídos e Ácidos Orgânicos
Naturais		MP (poeiras), Gases (SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ e Hidrocarbonetos)
Reações químicas na atmosfera		O ₃ , Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos, Orgânicos e Aerosol Fotoquímico

Fonte: Adaptado de DERISIO, 2007.

A origem dos poluentes pode ainda ser classificada em duas, sendo os classificados como poluentes primários os que são emitidos na atmosfera pelas fontes que o produzem, ou seja, estacionárias, móveis e naturais; e poluentes secundários sendo estes os que se formam na atmosfera por meio de reações químicas que ocorrem entre os poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera (BRAGA *et al.*, 2002).

2.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

2.4.1 Material Particulado

Material Particulado é definido como sendo um conjunto de outros poluentes, dos quais estão incluídos a fumaça, a poeira e todo tipo de material seja sólido ou líquido que se apresenta suspenso no ar atmosférico em virtude de seu pequeno tamanho. O grupo dos particulados tem por origem os processos de combustão, seja do meio industrial ou natural, como também de veículos automotores, queima de biomassa e ressuspensão de poeira (CETESB, 2023b).

Ainda segundo a CETESB (2023b, p. 1) “o tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados”.

2.4.2 Compostos de Enxofre

O Dióxido de Enxofre (SO₂) se configura como um poluente atmosférico que está incluído dentro do grupo dos compostos de enxofre. Sua origem é decorrente dos processos de queima de combustíveis que possuem enxofre em sua composição, como a gasolina, o óleo diesel e o óleo combustível industrial (CETESB, 2023b).

O SO₂ é responsável pela formação de chuva ácida e ainda “pode reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera” (CETESB, 2023b, p. 1).

Outro exemplo de compostos de enxofre é o Gás Sulfídrico (H₂S) onde este é gerado a partir dos processos fabris em refinarias de petróleo, indústria química e indústria de celulose e papel, mas também é produzido por processos biogênicos naturais (BRAGA *et al.*, 2002).

2.4.3 Compostos de Nitrogênio

Os óxidos de Nitrogênio são formados, em maior parte, durante processos de combustão, mas podem ainda ser gerados a partir de descargas elétricas no meio atmosférico (BRAGA *et al.*, 2002).

De acordo com a CETESB (2023b, p. 1) “o NO, sob a ação de luz solar se transforma em NO₂ tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. Dependendo das concentrações, o NO₂ causa prejuízos à saúde”.

2.4.4 Compostos Orgânicos Voláteis

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo trás por definição:

São gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos, sendo emitidos pelos veículos, pelas indústrias, pelos processos de estocagem e transferência de

combustível etc. Muitos desses compostos, participam ativamente das reações de formação do ozônio. Dentre os compostos orgânicos voláteis presentes nas atmosferas urbanas estão os compostos aromáticos monocíclicos, em particular: benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos. Os aromáticos monocíclicos são precursores do ozônio e alguns desses compostos podem causar efeitos adversos à saúde (CETESB, 2023b, p.1).

2.4.5 Compostos Halogenados

No grupo dos compostos halogenados encontram-se os hidrocarbonetos que segundo Braga *et al.* (2002, p. 172) “são resultantes da queima incompleta dos combustíveis, bem como da evaporação desses combustíveis e de outros materiais como, por exemplo, os solventes orgânicos”.

2.4.6 Monóxido de Carbono

“Composto gerado nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham carbono em sua composição” (BRAGA *et al.*, 2002, p. 172).

“Em geral é encontrado em maiores concentrações nas cidades, emitido principalmente por veículos automotores. Altas concentrações de CO são encontradas em áreas de intensa circulação de veículos” (CETESB, 2023b, p. 1).

2.4.7 Oxidantes Fotoquímicos

“Os oxidantes fotoquímicos são compostos gerados a partir de outros poluentes (hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio), que foram lançados à atmosfera por meio da reação química entre esses compostos, catalisada pela radiação solar” (BRAGA *et al.*, 2002, p. 172).

São exemplos de oxidantes fotoquímicos: o ozônio e o peróxi-acetil nitrato (PAN) (BRAGA *et al.*, 2002).

O principal produto dessa reação é o ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou “*smog* fotoquímico”, que possui esse nome porque causa na atmosfera diminuição da visibilidade (CETESB, 2023b, p. 1).

2.4.8 Metais Pesados

De acordo com Braga *et al.* (2002, p. 172) “os metais também são um tipo de material particulado, associados aos processos de mineração, combustão de carvão e processos siderúrgicos”.

2.5 MATERIAL PARTICULADO - MP

De acordo com os dados da CETESB (2023b), dentre os poluentes atmosféricos, há o grupo dos Materiais Particulados. Esses materiais englobam todo tipo de partículas sólidas ou líquidas que se apresentam em suspensão no ar atmosférico devido ao seu pequeno tamanho. Essa característica de tamanho pode variar dependendo de sua fonte de emissão (CANÇADO *et al.*, 2006).

Dentro do grupo dos MPs há uma subdivisão em quatro classificações, sendo elas: os PTS, MP₁₀, MP_{2,5} e Fumaça (CETESB, 2023b). O Quadro 03 mostra a relação entre o tamanho da partícula e a saúde.

Quadro 03 - Relação entre tamanho e partícula.

Material Particulado	Diâmetro aerodinâmico	Danos a saúde
PTS	≤ a 50 µm	Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.
MP ₁₀	≤ a 10 µm	Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10 µm, podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares.
MP _{2,5}	≤ a 2,5 µm	Por causa do seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares.
Fumaça	-	-

Fonte: Adaptado de CETESB, 2023a.

As características envolvendo o tamanho das partículas estão relacionadas ao modal de emissão, onde as partículas grandes são comumente provindas (na maioria das vezes sendo de origem natural) a partir de combustões descontroladas, dispersão mecânica do solo e afins. As partículas pequenas, por sua vez, estão mais relacionadas às emissões estacionárias e móveis, tais como: industrial e

veicular, respectivamente. Como são partículas extremamente pequenas elas possuem a capacidade de interferir no sistema respiratório (CANÇADO *et al.*, 2006, p. 5).

O tamanho dessas partículas ainda está relacionado com o seu tempo de deposição, uma vez que a gravidade terrestre atua como uma força que os impulsiona para baixo, (Quadro 04). Quanto maior for o tamanho do MP, mais rapidamente ele tende a se depositar sobre a superfície dos objetos ou mesmo a crosta terrestre (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018).

Quadro 04 - Tempo de deposição de MP conforme o tamanho.

d_a (μm)	Tempo para deposição
0,02	228 anos
0,1	36 anos
1	328 dias
10	3,6 dias
100	1,1 hora
1000	4 minutos
5000	1,8 minutos

Fonte: Adaptado de BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018.

Ainda conforme os autores Brito, Sodré e Almeida (2018) os particulados com menores diâmetros (d_a) possuem aproximadamente 0,002 μm , por sua vez, partículas maiores alcançam cerca de 100 μm . Todavia, os particulados com diâmetros superiores a 50 μm são removidos do ar atmosférico por deposição seca, enquanto os inferiores a 0,1 μm são removidos por meio de coagulação, por esses fatores se apresentam em menores quantidades. Os demais particulados são removidos principalmente pela deposição úmida, por meio da ação das chuvas.

2.6 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

“A meteorologia pode ser entendida como a ciência que estuda os fenômenos atmosféricos que se manifestam e ocorrem na natureza” (DERISIO, 2000).

As variáveis meteorológicas apresentam grande importância no processo de controle de qualidade do ar atmosférico, uma vez que influenciam em sua dispersão, ou seja, no transporte do poluente (LCQAR, 2020).

De acordo com Derisio (2000) o clima regional recebe influência direta dos ambientes nos quais é possível observar as diferenças no comportamento das variáveis meteorológicas quando comparadas às áreas urbanas e rurais, conforme o Quadro 05.

Quadro 05 - Influência das áreas urbanas e rurais.

Variável	Área Urbana	Área Rural	Motivo
Temperatura	Maior	Menor	Perda de energia para a atmosfera mais lenta
Umidade	Menor	Maior	Temperatura e vegetação
Chuva	Mais	Menos	Mais núcleos
Vento	Mais fracos	Mais fortes	Maior número de obstáculos
Nebulosidade	Maior	Menor	Mais núcleos
Radiação	Menor	Maior	Mais nuvens na cidade

Fonte: Adaptado de DERISIO, 2000.

2.6.1 Temperatura

A variação de temperatura na atmosfera em alguns casos, ocasiona a movimentação dos poluentes presentes no ar, uma vez que, com a ocorrência de inversão térmica, os poluentes ficam mais suscetíveis a dispersão em todas as direções (GOMES, 2010). Contudo, na maioria das vezes:

As inversões de temperatura originam atmosferas muito estáveis que não favorecem, em geral, a dispersão dos poluentes. O ciclo normal de temperaturas durante o dia é o aquecimento gradual do ar junto ao solo e durante a noite o arrefecimento gradual desde as camadas altas da atmosfera até o solo. Quando isto não acontece diz-se que se dá uma inversão de temperaturas. As inversões dificultam geralmente a dispersão dos poluentes na atmosfera formando "tectos" como tectos de nuvens e de nevoeiro que provocam a acumulação dos poluentes (GOMES, 2010, p. 71).

Segundo Braga *et al.* (2002) a inversão térmica ainda pode influenciar a intensificar o fenômeno de *smog* industrial, comum em grandes áreas industriais. Esse fenômeno é típico de regiões frias e úmidas e geralmente ocorre nas primeiras horas da manhã.

Os autores ainda conceituam o fenômeno de *smog* fotoquímico, que por sua vez, é típico de regiões ensolaradas, quentes e de clima seco, manifestando-se nos grandes centros urbanos. Geralmente esse fenômeno ocorre no período próximo ao meio-dia onde as temperaturas se apresentam mais quentes. Diferentemente do smog industrial, o fotoquímico tem por principal agente influenciador os veículos automotores (BRAGA *et al.*, 2002).

Além das inversões, os incidentes graves de poluição são quase sempre acompanhados por névoa. Essas minúsculas gotículas de água são prejudiciais de duas formas. Em primeiro lugar, a névoa torna possível converter SO_3^- em H_2SO_4 . Em segundo lugar, a névoa fica geralmente sobre Vales impedindo que o sol aqueça o solo e quebre as inversões, o que geralmente prolonga os episódios de poluição (VESILIND; MORGAN, 2011, p. 275).

Conforme os dados disponíveis pelo LCQAR (2020, p. 49), “a região serrana, região com maior altitude média em SC, apresenta, durante todo o ano, as menores temperaturas do estado. Assim, se evidencia que, o gradiente de temperatura no estado de Santa Catarina foi determinado pelo relevo em todas as estações”.

Durante os meses que compõem o outono e a primavera, para a faixa litorânea catarinense, as temperaturas se comportam de forma amena, com poucas variações, embora durante a primavera a temperatura se comporta um pouco mais elevada em relação ao outono. O que difere da região serrana onde a variação para a primavera se apresenta maior. O verão catarinense nas faixas litorâneas e oeste se configura como quente, diferentemente da região serrana, que comporta de forma mais amena (LCQAR, 2020).

2.6.2 Precipitação

Gomes (2010) traz por definição o conceito de precipitação, onde o autor coloca que trata-se da “água no estado sólido (neve, granizo e saraiva) ou líquido (chuva e chuviscos) que, por ação da gravidade, se desloca desde as nuvens até a superfície terrestre”.

Eventos de chuva podem remover partículas atmosféricas por meio de processos denominados *rainout* e *washout*. No primeiro, partículas irão enriquecer gotas de nuvem pela formação de núcleos de condensação ou pela incorporação de partículas por movimentos *brownianos* ou pelo

gradiente de vapor de água. No processo *washout*, partículas serão capturadas por gotas de chuva à medida que precipitam (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018, p. 1339).

A chuva promove a remoção dos poluentes no ambiente atmosférico por meio do “arraste”, uma vez que ela possui a propriedade de precipitar o que resulta na deposição úmida. Contudo, devido a tratar-se justamente de poluentes presentes no ar, muitas vezes a ação dos poluentes pode acabar impedindo a condensação do vapor d’água em gotas de chuva ou em flocos de neve (GOMES, 2010).

De acordo com dados levantados pelo LCQAR (2020) os menores índices de precipitação em Santa Catarina ocorrem durante o inverno, contudo, em decorrência da convergência de umidade ocasionada pela dinâmica dos ventos, faz com que a concentração de precipitação seja maior durante o verão catarinense. “Durante as estações de transição, outono e primavera, com atuação do vento mais oeste, vemos uma melhor distribuição das chuvas. Os maiores índices acontecem no norte, sul e oeste do estado” (LCQAR, 2020, p. 54).

2.6.3 Umidade Relativa

A umidade relativa do ar é uma variável meteorológica no qual observa a quantidade de água no estado gasoso (vapor) presente na atmosfera no momento em relação ao máximo total que pode existir para uma determinada temperatura (SÃO PAULO, 2023).

Essa variável meteorológica pode auxiliar na formação de outras condições como: cerração, geadas, nevoeiro, etc.

Os nevoeiros se diferenciam das nuvens porque ocorrem junto à superfície. É a umidade condensada perto do solo, em forma de depósito. Não são mantidos em suspensão pelas correntes ascendentes. São formados por gotículas de água extremamente pequenas e que, por convenção, reduzem a visibilidade horizontal a menos de mil metros. A obscuridade na atmosfera pode se dever às diminutas gotas d’água ou às partículas de fumaça (ou ambas), em suspensão na atmosfera. Também são conhecidos por smog (combinação de smok – fumaça) e fog (mistura de neblina e fumaça). São condições essenciais para formação dos nevoeiros: umidade elevada à tarde, com céu limpo; ventos fracos; forte resfriamento noturno em consequência da radiação terrestre, propiciada pela fraca nebulosidade. Ocorrem sempre pela manhã e são dissipados pela insolação (PINTO, 2015, p. 67).

A umidade do ar é mais baixa principalmente no final do inverno e início da primavera, no período da tarde, entre 12 e 16 horas. A umidade fica mais

alta: Sempre que chove devido à evaporação que ocorre posteriormente, em áreas florestadas ou próximas aos rios ou represa, quando a temperatura diminui (orvalho) (SÃO PAULO, 2023, p. 1).

O índice de umidade relativa do ar interfere diretamente na saúde populacional, em virtude deste fato, a OMS recomenda como padrão ideal níveis acima de 60%, requerendo estado de observação para níveis entre 40% e 31%, atenção (30% a 21%), alerta (20% a 12%) e emergência para níveis abaixo de 12% (CEARÁ, 2015).

Segundo dados disponíveis pelo LCQAR (2020) o verão catarinense possui maior volume de água presente na atmosfera, quando comparado às outras estações do ano.

O litoral catarinense apresenta os maiores níveis de umidade específica durante todo o ano, coerente com a proximidade com o oceano. [...] O inverno apresenta os menores índices de umidade no ar, enquanto outono e primavera apresentam valores próximos, porém com 1 g/Kg maior no período de primavera (LCQAR, 2020, p. 50).

2.6.4 Vento

Outras variáveis meteorológicas como os ventos, também apresentam influência sobre os particulados, em razão de que são responsáveis por transportá-los a longas distâncias fazendo a dispersão dos mesmos conforme sua direção e velocidade (RIBEIRO *et al.*, 2020).

O vento é um importante componente na diluição e transporte dos poluentes e consiste na circulação e movimento da atmosfera. A direção e velocidade dos ventos são dependentes das condições meteorológicas e dos obstáculos que ele encontra na superfície da terra, como a topografia e uso do solo. Quanto mais veloz for o vento, maior será a probabilidade de o poluente ser diluído na atmosfera. A direção do vento define o local onde a partícula percorrerá seu trajeto. Já a turbulência é a movimentação do vento de maneira irregular com rápidas alterações de velocidade e direção, acompanhada por correntes ascendentes e descendentes (SOUZA, 2010, p. 08).

Os fluxos de ar devem ser entendidos como um turbilhão, ou seja, uma quantidade de ar que se move aleatoriamente, flutuando do mesmo modo do que os fluidos no interior de uma conduta, se bem que, na atmosfera, os movimentos turbilhonares podem ser muito grandes. Durante o dia, o aquecimento solar vai provocar turbulência térmica pelo que o movimento é aumentado e o perfil de ventos é mais linear do que durante a noite. Outro tipo de turbulência é a turbulência mecânica que é causada pelo movimento do ar face a superfície rugosa da terra, quer natural quer construída pelo homem (GOMES, 2010, p. 68).

Gomes (2010) ressalta ainda que as formações do terreno, ou seja, o relevo e altitude somados às horas do dia resultam em variações de velocidade dos ventos.

A região que compõe o litoral sul catarinense possui influência direta dos ventos. Nesse sentido, após conclusões sob a análise da série histórica da direção dos ventos em Santa Catarina, os autores Silveira, Alves e Murara (2014) atribuíram um padrão de direção dos ventos predominantes e secundários da mesorregião litorânea sul catarinense, onde ressaltaram uma homogeneidade de ventos predominantes com maior influência os vindos da direção sudeste ao longo dos meses do ano. Para os ventos secundários, os autores destacam os vindos da direção nordeste como mais influentes, sendo esta, a direção predominante em dez dos doze meses do ano.

Durante o inverno, os ventos se concentram principalmente na região oeste do Estado, onde temos as maiores intensidades, sendo esses ventos predominantemente de direção norte e oeste. [...] O comportamento do vento no outono é próximo ao de inverno, porém apresentam menor intensidade média. [...] Nos meses de verão e primavera os ventos são mais bem distribuídos, com intensidades mais próximas em todo o estado e com direção predominante ainda de oeste e em menor parte norte (LCQAR, 2020, p. 52 e 53).

2.7 DANOS PROVOCADOS PELOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Na própria camada atmosférica pode ocorrer mudanças na sua estabilidade conforme os níveis de poluição, que conseqüentemente retorna aquecendo ou resfriando a superfície terrestre; deslocando as camadas de forma vertical e influenciando no transporte vertical ou advecção (DERISIO, 2000).

2.7.1 Danos ambientais

Para a saúde ambiental, as partículas finas são responsáveis por reduzir os níveis de visibilidade, provocando uma neblina no ambiente; além de poder comprometer os recursos naturais e causar danos materiais, dependendo da composição química presente no particulado (USEPA, 2022b).

Segundo Derisio (2000) a vegetação torna-se vulnerável aos poluentes atmosféricos, uma vez que os particulados se depositam sobre as folhas cobrindo sua superfície e/ou pela própria turbulência atmosférica, (poeira), podendo sofrer redução de penetração da luz solar o que culmina na redução do seu processo de fotossíntese, como também causar danos às plantas quando os poluentes são absorvidos por meio dos estômatos presentes nas folhas.

O autor ainda menciona sobre os danos ao solo, onde pontua sobre a influência das chuvas no processo de penetração do poluente no solo, permitindo este chegar até o meio radicular dos vegetais (DERISIO, 2000).

Outro fenômeno ocasionado pela poluição do ar é a chuva ácida. Geralmente ocorre quando o nível de concentração de SO_2 e NO_x é aumentado, onde uma vez em contato com a água e oxigênio reagem e formam ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), prejudicando a flora e a fauna, como também causando prejuízos aos materiais por meio da corrosão (BRASIL, 2021).

Dos padrões de chuva à intensidade das monções, a poluição do ar pode afetar significativamente o ciclo da água. O material particulado pode reduzir a quantidade de radiação solar que atinge a superfície do planeta, afetando a taxa na qual a água evapora e se move para a atmosfera. Também influencia a formação de nuvens e a capacidade de transporte de água (SEDDON; CONTRERAS; ELLIOTT, 2019, p. 1).

Na agricultura, a chuva ácida altera a composição química do solo aumentando sua acidez e diminuindo a produtividade das culturas. Além das alterações no solo, a chuva ácida contamina os cursos d'água, aumenta a perda da biodiversidade e causa doenças respiratórias em seres humanos (BRASIL, 2021, p. 8).

2.7.2 Danos aos materiais

De acordo com Derisio (2000, p. 89) “alguns fenômenos podem ser identificados no processo de danos da poluição do ar sobre materiais. Entre eles destacam-se a abrasão, a deposição e a remoção, o ataque químico direto e indireto e a corrosão eletroquímica”.

O autor ainda apresenta os danos acometidos aos materiais em decorrência da poluição atmosférica em conjunto das variáveis meteorológicas, conforme exposto no Quadro 06.

Quadro 06 - Danos aos materiais provocados pela poluição atmosférica.

Tipo de Material	Manifestação Típica do Dano	Poluente Danificante	Fator Ambiental
Vidros e Esmaltes	Alteração da aparência	Substâncias ácidas	Umidade
Metais	Dano a superfície, perda do metal, embaçamento	SO ₂ e substâncias ácidas	Umidade e Temperatura
Materiais de Construção	Descoloração	SO ₂ , substâncias ácidas e partículas	Umidade
Pintura	Descoloração	SO ₂ , substâncias ácidas e partículas	Umidade e fungos
Couro	Desintegração da superfície, enfraquecimento	SO ₂ e substâncias ácidas	-
Papel	Torna-se quebradiço	SO ₂ e substâncias ácidas	Luz solar
Tecidos	Redução de resistência à tensão, formação de manchas	SO ₂ e substâncias ácidas	Umidade, luz solar e fungos
Corantes	Desbotamento	NO ₂ , SO ₂ e oxidantes	Umidade e luz solar
Borracha	Redução de resistência, enfraquecimento	Oxidantes	Luz solar

Fonte: Adaptado de DERISIO, 2000.

2.7.3 Danos à saúde pública

O tamanho das partículas juntamente com as variáveis meteorológicas apresenta influência direta com a saúde humana e ambiental. Tal afirmação se denota verídica quando observado os dados expostos pela Organização Mundial da Saúde, onde é apresentado que as partículas pequenas ou finas são responsáveis por causar doenças, tais como: câncer de pulmão, derrames, mas também doenças cardíacas e respiratórias, sendo essa última aguda ou crônica (WHO, 2023).

No Brasil, no ano de 1952, 150 pessoas foram diagnosticadas com doenças respiratórias agudas provocadas em decorrência de alergias ao pó da semente de mamona, esta utilizada na produção de óleo, o que resultou na morte de 9 pessoas na cidade de Bauru, SP (DERISIO, 2000). Outros países também registraram mortes ocasionadas pela poluição do ar, conforme apresentado no Quadro 07.

“A mortalidade causada pela poluição do ar é equivalente à mortalidade decorrente do uso de produtos de tabaco e superior aos casos de mortalidade associados à ingestão excessiva de sal” (BRASIL, 2021, p. 12).

Somados os danos ambientais, danos aos materiais e danos a saúde pública refletem diretamente na economia, uma vez que estimativas apontam que ações para assegurar a qualidade do ar atmosférico teriam melhor custo benefício quando comparado a soma ocasionada pelos danos supracitados (DERISIO, 2000).

Quadro 07 - Episódios agudos provocados pela poluição atmosférica.

Ano	Local	Histórico	Nº de mortes
1930	Bélgica Vale do Rio Meuse	Região de numerosas indústrias onde ocorreu inversão de temperatura, provocando congestão das vias respiratórias especialmente em crianças e pessoas idosas	60
1948	Estados Unidos Donnora	Região de indústrias metalúrgicas onde ocorreu inversão de temperatura, provocando congestão das vias respiratórias e deixando cerca de 6 mil pessoas internadas	30
1950	México Poza Rica	Compostos de enxofre emitidos por uma indústria, provocou a internação de 320 pessoas acometidas de problemas respiratórios e nervosos durante uma inversão de temperatura	32
1957	Inglaterra	<i>Smog</i> (mistura de fumaça com neblina)	1000
1960	Inglaterra	<i>Smog</i>	800
1962	Inglaterra	<i>Smog</i>	700

Fonte: Adaptado de DERISIO, 2000 e BRAGA *et al.* 2002.

“O uso básico do recurso natural ar é manter a vida. Todos os outros usos devem sujeitar-se à manutenção de uma qualidade de ar que não degradará aguda ou cronicamente, a saúde ou bem estar humano” (DERISIO, 2000, p. 88).

A *United States Environmental Protection Agency* - USEPA apresenta os sintomas manifestados em pessoas quando expostas aos diferentes níveis de concentrações dos poluentes do ar, conforme o Quadro 08.

Quadro 08 - Relação do Índice de Qualidade do Ar com os sintomas decorrentes.

IQA Categoria em Cores	Valor do Índice ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	Descrição da Qualidade do Ar
Bom	0 a 50	A qualidade do ar é satisfatória e a poluição do ar representa pouco ou nenhum risco
Moderado	51 a 100	A qualidade do ar é aceitável. No entanto, pode haver um risco para algumas pessoas, especialmente aquelas que são excepcionalmente sensíveis à poluição do ar
Pouco saudável para grupos sensíveis	101 a 150	Membros de grupos sensíveis podem sofrer efeitos na saúde. O público em geral têm menos probabilidade de ser afetado
Insalubre	151 a 200	Alguns membros do público em geral podem sofrer efeitos na saúde. Membros de grupos sensíveis podem sofrer efeitos mais graves na saúde
Muito prejudicial à saúde	201 a 300	Alerta de saúde: o risco de efeitos na saúde é maior para todos
Perigoso	301 e Superior	Aviso de saúde de condições de emergência: todos são mais propensos a serem afetados

Fonte: Adaptado de USEPA, 2022a.

2.8 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM SANTA CATARINA

Em SC o fator saúde respiratória tem grande relevância quando verificado o grau de industrialização nos municípios. Os dados disponíveis pelo Laboratório de Controle da Qualidade do Ar - LCQAR, com ano base em 2019, apresenta os municípios catarinenses que possuem um potencial de emissão de poluentes em indústrias de grande porte, (Quadro 09).

A urbanização e industrialização em algumas cidades do estado desencadeiam uma série de impactos negativos que ultrapassam as fronteiras municipais e atingem níveis mesorregionais e estaduais. Nesse caso, a qualidade do ar em cidades menos urbanizadas e menos industrializadas pode ser drasticamente afetada pelas regiões mais desenvolvidas (LCQAR, 2019, p. 27).

Quadro 09 - Ranking dos 10 municípios com maiores números de indústrias de grande porte com potencial de emissão em SC.

Mesorregião	Nº de Indústrias
Criciúma	28
Joinville	25
Chapecó	19
Lages	17
Xanxerê	14
Jaraguá do Sul	14
Concórdia	14
Rio do Sul	13
Içara	13
Itajaí	12

Fonte: Adaptado de LCQAR, 2019.

Para as emissões veiculares no estado de Santa Catarina, os dados disponíveis pelo Laboratório de Controle da Qualidade do Ar - LCQAR, com ano base em 2017, apresenta o *ranking* de emissões evaporativas nas cidades de SC, conforme o Quadro 10.

No estado de SC, os veículos automotores são os principais meios de transporte, seja para uso particular ou para escoamento da produção com o transporte de cargas. A crescente frota de veículos no estado alerta a importância de conduzir estudos para controlar as emissões dos poluentes prejudiciais à saúde e nocivos ao meio ambiente. É agravante que, em SC, nenhum órgão ambiental realize o monitoramento da concentração de poluentes atmosféricos. Os catarinenses ainda desconhecem as principais fontes de emissão que poluem o ar que respiram (LCQAR, 2017, p. 15).

Quadro 10 - Ranking dos 10 municípios com maiores números de emissões evaporativas em SC.

Município	NMHC (ton.ano⁻¹)
Joinville	298,745
Blumenau	234,624
Florianópolis	222,292
Lages	129,747
Criciúma	122,197
Chapecó	112,125
São José	97,109
Jaraguá do Sul	87,702
Itajaí	85,470
Brusque	74,261

Fonte: Adaptado de LCQAR, 2017.

2.9 LEGISLAÇÃO

2.9.1 Resolução CONAMA nº 005/1989

Com a problemática envolvendo a qualidade do ar, coube à União com base nas séries históricas de poluição atmosférica estabelecer padrões de qualidade do ar, que foram inicialmente redigidos pela Resolução CONAMA nº 5 de 1989 que previa a implantação do Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR, colocando como instrumentos os limites máximos de emissão; padrão de qualidade do ar; PROCONVE; PRONACOP; Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar e os Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar (BRASIL, 1989).

2.9.2 Resolução CONAMA nº 018/1986

Institui o Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores - PROCONVE, propondo os objetivos e as competências (BRASIL, 1986).

2.9.3 Resolução CONAMA nº 297/2002

Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos - PROMOT (BRASIL, 2002).

2.9.4 Resolução CONAMA nº 003/1990

De modo a complementar a Resolução de 1989 a Resolução CONAMA nº 003 de 1990 definiu os padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Atualmente esta última Resolução encontra-se revogada pela Resolução CONAMA nº 491 de 2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar (BRASIL, 2018).

2.9.5 Lei Federal nº 8.723/1993

Reforçando a Resolução CONAMA nº 018/1986 a Lei Federal nº 8.723/1993 propõe medidas para redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências (BRASIL, 1993).

2.9.6 Resolução CONAMA nº 491/2018

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar e propõe uma metodologia de monitoramento e tratamento dos dados (BRASIL, 2018).

2.9.7 Resolução CONSEMA nº 190/2022

Em âmbito estadual, SC não possuía nenhuma legislação referente a qualidade do ar. A partir de 2022 ficou estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 190 de 2022 as diretrizes para os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos de fontes fixas e critérios para o controle da Qualidade do Ar nas áreas de influência direta da atividade (SANTA CATARINA, 2022).

2.10 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar são disponíveis pela legislação, conforme preconiza a Resolução CONAMA nº 491/2018, apresentada nos Quadros 11 e 12. Órgãos ambientais estaduais como a CETESB, também apresentam padrões de qualidade do ar, tendo por base a legislação federal.

Quadro 11 - Padrões de qualidade do ar do CONAMA.

Poluente atmosférico	Período de Referência	PI-1 (µg/m³)	PI-2 (µg/m³)	PI-3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50
	Anual ¹	40	35	30	20
MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25
	Anual ¹	20	17	15	10

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2018.

1 - média aritmética anual

Quadro 12 - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações.

Nível	Poluentes e Concentrações	
	MP ₁₀ µg/m³ (média de 24h)	MP _{2,5} µg/m³ (média de 24h)
Atenção	250	125
Alerta	420	210
Emergência	500	250

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2018.

Agências ambientais internacionais também apresentam valores para os padrões de qualidade do ar, como esse trabalho fez uso de um equipamento que tem por base dados da *United States Environmental Protection Agency* - USEPA, está apresentado pelo Quadro 13 os valores disponibilizados pela mesma.

Quadro 13 - Padrões de qualidade do ar da USEPA.

Poluente	Primário/ Secundário	Tempo médio	Nível	Forma
MP _{2,5}	Primário	1 ano	12,0 µg/m³	média anual, média de 3 anos
	Secundário	1 ano	15,0 µg/m³	média anual, média de 3 anos
	Primário e Secundário	24 horas	35 µg/m³	98º percentil, média de 3 anos
MP ₁₀	Primário e Secundário	24 horas	150 µg/m³	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano, em média, durante 3 anos

Fonte: Adaptado de USEPA, 2023.

Não há até o momento em âmbito nacional e internacional padrões de qualidade para MP₁.

2.11 GESTÃO DA QUALIDADE DO AR

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MAA), “a gestão da qualidade do ar tem como objetivo garantir que o desenvolvimento sócio-econômico ocorra de forma sustentável e ambientalmente segura” (BRASIL, 2023, p. 1).

O monitoramento da condição de qualidade do ar atmosférico pode ser realizado com a utilização de equipamentos configurados em estações móveis ou fixos. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo utiliza os equipamentos: Amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas; Amostrador passivo; Estação tipo OPS/OMS; e Amostrador para determinação da concentração de partículas inaláveis finas (CETESB, 2023c).

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por utilizar o equipamento AirLink Davis que monitora a presença dos particulados (MP₁₀, MP_{2,5} e MP₁) através de um sensor a laser por meio do fenômeno de difração, quando o raio laser emitido pelo equipamento atinge o particulado, o mesmo faz com que o laser tenha um desvio, que por meio deste é calculado e quantificado a presença do MP. O aplicativo usa como padrão de referência os propostos pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) para aplicação do IQAr (AIRLINK, 2020).

3. METODOLOGIA

A aplicação metodológica deste trabalho não seguiu um método específico já existente. Devido ao fato de se configurar como caráter investigativo, foi preciso adaptar o método de análise conforme necessário para a avaliação dos dados coletados. Outro fator que justifica essa adoção deve-se a não haver muitos trabalhos disponíveis sobre o tema abordado.

3.1 LOCAL DE PESQUISA

O local de pesquisa escolhido para a aplicação e avaliação de dados deste trabalho se voltou para as dependências do Colégio UNESC, localizado no interior da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, no município de Criciúma, estando localizada na região do extremo sul de Santa Catarina.

A escolha do lugar partiu do princípio de investigar a influência das variáveis meteorológicas sobre a concentração horária de material particulado em ambiente externo. Considerando também outras condições existentes, tais como: o alto fluxo de veículos em período escolar e por estar inserida em um polo regional que apresenta histórico de contaminação em virtude das atividades industriais voltadas aos setores siderúrgico, metalúrgico, carvoeiro, etc.

A instituição permitiu e apoiou a iniciativa deste trabalho, possibilitando o seu desenvolvimento.

3.2 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

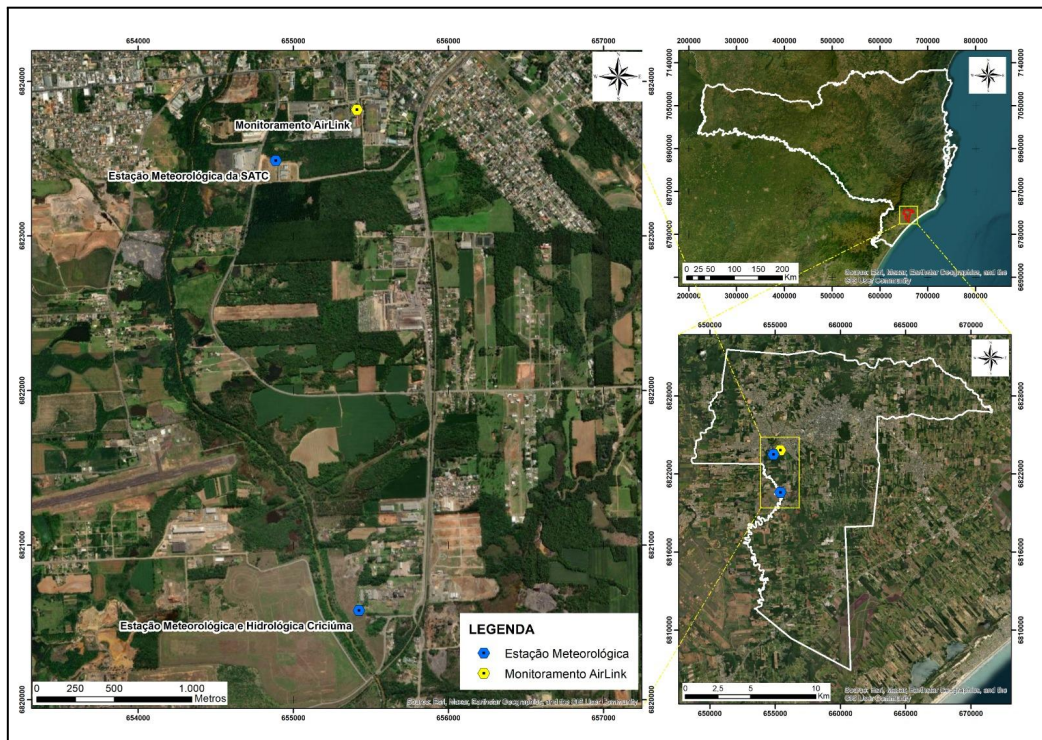
A sequência dada para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso é explicada abaixo no decorrer do texto.

3.2.1 Estações meteorológicas

Como fonte fornecedora de dados meteorológicos foram escolhidas duas estações meteorológicas relativamente próximas. A primeira sendo a Estação Meteorológica e Hidrológica do Município de Criciúma, no qual foi instalada pela EPAGRI no ano de 2009, aos fundos do Parque Científico e Tecnológico da UNESC, sob as Coordenadas Geográficas UTM X 655424.15 m E e Y 6820576.82 m S, conforme ilustra a Figura 01.

A segunda estação escolhida, foi a Estação Meteorológica da SATC, sendo está instalada nas dependências do Centro Tecnológico da SATC em 2014, sob as Coordenadas Geográficas UTM X 654888.61 m E e Y 6823485.93 m S, conforme a Figura 01.

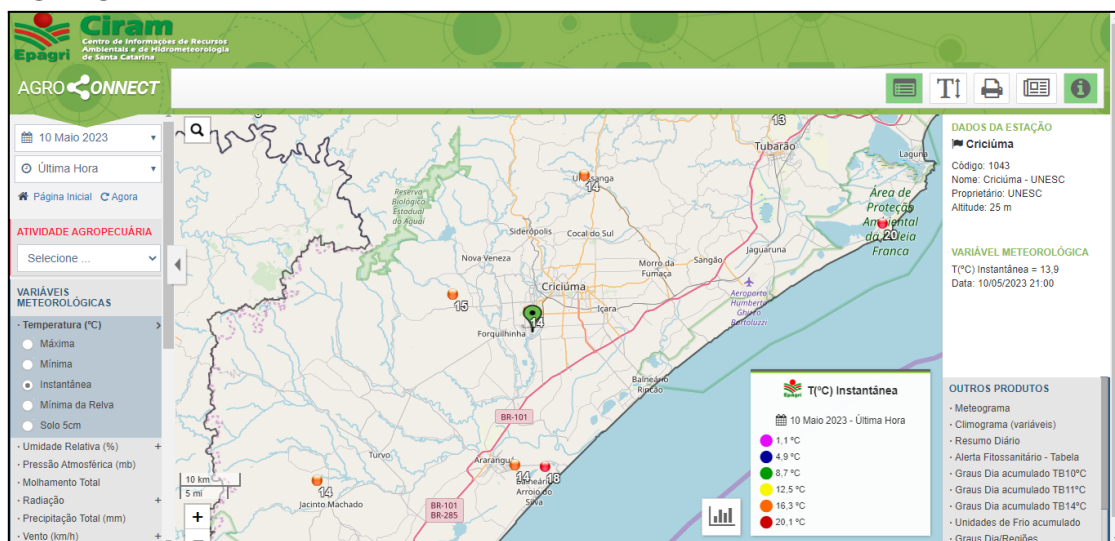
Figura 01 - Localização das estações meteorológicas e do equipamento de monitoramento.



Fonte: Gustavo Zambrano, 2023.

A estação meteorológica da EPAGRI opera de forma automática, coletando dados de hora em hora e dispondo em plataforma digital da EPAGRI/CIRAM para consulta pública os valores sobre os dados de variáveis meteorológicas e índices agrometeorológicos, conforme ilustrado na Figura 02.

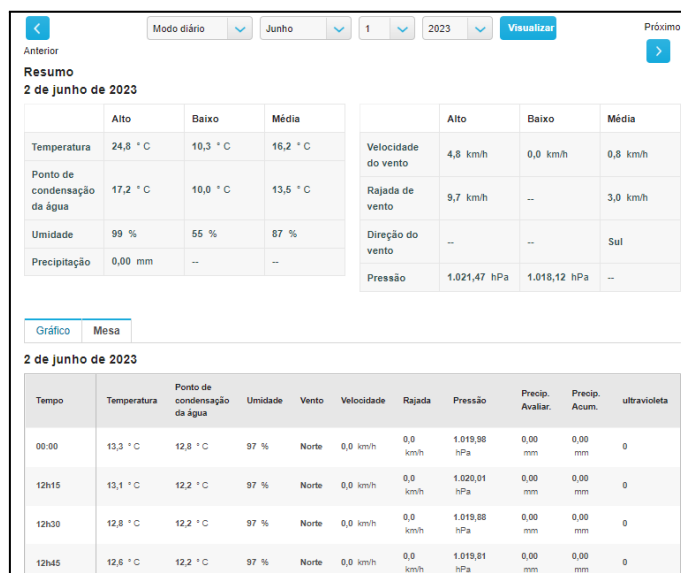
Figura 02 - Dados meteorológicos disponíveis pela plataforma digital EPAGRI/CIRAM.



Fonte: EPAGRI, 2023.

A estação meteorológica da SATC opera também de forma automática, coletando dados a cada 15 minutos e dispondo em plataforma digital da *Weather Underground* para consulta pública os valores sobre os dados de variáveis meteorológicas, conforme ilustrado na Figura 03.

Figura 03 - Dados meteorológicos disponíveis pela plataforma digital *Weather Underground*.



Fonte: *Weather Underground*, 2023.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada a consulta das variáveis meteorológicas: temperatura (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm), direção do vento e velocidade do vento (Km/h).

A escolha de duas estações como base de fornecimento de dados se justifica em virtude de ambas serem automáticas, dependentes de conexão com serviços de internet, fazendo uso de energia elétrica, tendo proximidade com o local de instalação do equipamento de monitoramento de qualidade do ar, capacidade de fornecer os dados meteorológicos necessários, não apresentar divergências significativas com relação aos valores dos dados coletados e sobretudo, possibilitar um “meio escape”, caso alguma estação viesse a apresentar algum problema técnico que pudesse vir a comprometer a execução deste trabalho.

3.2.2 Coleta de dados das variáveis meteorológicas observadas

As variáveis meteorológicas foram escolhidas baseadas na ação de influência que elas apresentam sobre a dinâmica dos particulados em ambiente atmosférico como já supracitado no corpo deste trabalho. (Vide o item 2).

O mecanismo de coleta de dados consistiu em tabelar as informações disponíveis pelas plataformas digitais, por meio da utilização da plataforma Excel. Nesse sentido, foi elaborada uma planilha organizada com os períodos de coleta de dados, tendo por componentes: dias e meses observados, horários de coleta, variáveis meteorológicas e valores coletados. Os valores coletados tiveram por referência a estação meteorológica da EPAGRI para as variáveis temperatura, umidade relativa, precipitação e velocidade do vento. Para a direção do vento foram coletados os dados disponíveis pela estação da SATC, uma vez que esta estação já disponibiliza os valores em pontos cardeais, colaterais e subcolaterais sendo desnecessário realizar a conversão de unidades.

O cronograma de coleta de dados ficou estabelecido em realizar 5 coletas diárias, com intervalo entre coletas de 03 horas, iniciando às 09:00 horas com a primeira coleta de dados, e finalizando às 21:00 horas, de segunda a sexta-feira, no período de 10 semanas (Quadro 14). Levando em consideração que a Primeira semana foi mais curta devido a instalação do equipamento, o total de coletas foi de 240.

Quadro 14 - Cronograma de coleta.

Semanas	Dia/mês	Horários
Primeira	29/03; 30/03 e 31/03	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Segunda	03/04; 04/04; 05/04; 06/04 e 07/04	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Terceira	10/04; 11/04; 12/04; 13/04 e 14/04	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Quarta	17/04; 18/04; 19/04; 20/04 e 21/04	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Quinta	24/04; 25/04; 26/04; 27/04 e 28/04	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Sexta	01/05; 02/05; 03/05; 04/05 e 05/05	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Sétima	08/05; 09/05; 10/05; 11/05 e 12/05	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Oitava	15/05; 16/05; 17/05; 18/05 e 19/05	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Nona	22/05; 23/05; 24/05; 25/05 e 26/05	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00
Décima	29/05; 30/05; 31/05; 01/06 e 02/06	09:00; 12:00; 15:00; 18:00 e 21:00

Fonte: Autor, 2023.

Os horários escolhidos levaram em consideração os períodos de maiores fluxos veiculares dentro e/ou próximos à instituição onde foi instalado o equipamento que monitora a qualidade do ar.

Quanto ao período de coleta, este foi organizado conforme a disponibilidade de tempo para realização e entrega deste trabalho em sua versão final.

Os finais de semana (sábado e domingo) foram descartados do cronograma de coleta, escolha esta adotada por opção neste trabalho.

3.2.3 Equipamento de monitoramento da qualidade do ar

O equipamento base escolhido para monitorar o ar atmosférico foi o *AirLink*, aparelho desenvolvido pela *Davis Instruments*. Essa é uma empresa estadunidense e que usa por referência de avaliação de qualidade do ar os padrões estabelecidos pela *United States Environmental Protection Agency* - USEPA.

Esse equipamento não é reconhecido em âmbito nacional para realizar monitoramento da qualidade do ar, mas foi escolhido pelo fato de ser de fácil instalação, operação, manutenção e confiabilidade em fornecimento de dados de concentração de material particulado e IQAr, como também pela agilidade em fornecer tais dados de minuto em minuto.

De acordo com o manual do fabricante, o equipamento fornece resultados confiáveis, medindo partículas tão pequenas quanto 0,3 micrômetros, com uma precisão de +/- 10 µg/m³ (AIRLINK, 2020).

A instalação do *AirLink* ocorreu de forma rápida, posicionado o equipamento em uma superfície plana na vertical (Figuras 04 e 05), sendo ligado a uma tomada disponível e conectado a uma rede Wi-Fi disponibilizada pelo projeto FAPESC, estando localizado a 3,24 Km da estação meteorológica da EPAGRI e cerca de 0,62 Km da estação meteorológica da SATC, sob as Coordenadas Geográficas UTM X 655411.50 m E e Y 6823815.55 m S, conforme ilustra a Figura 06.

Figura 04 - Equipamento de monitoramento *AirLink*.



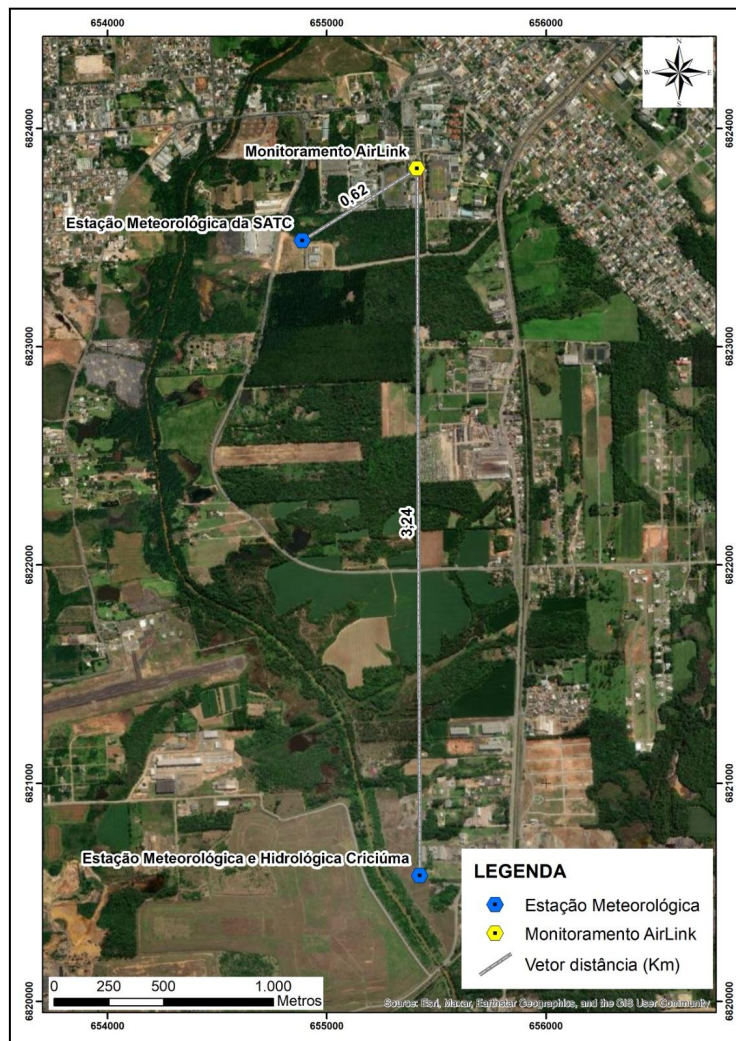
Fonte: Autor, 2023.

Figura 05 - Instalação do equipamento *AirLink*.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 06 - Distância entre as estações meteorológicas e o equipamento de monitoramento.



Fonte: Gustavo Zambrano, 2023.

Após a instalação, o equipamento foi programado para realizar o monitoramento a cada 90 segundos por meio do uso de um smartphone ou tablet, pois é vinculado a um aplicativo que detém os dados de monitoramento e pode ser acessado a qualquer momento. O aplicativo é capaz de armazenar os dados de hora em hora no período de um dia, como também armazena em dados mensais os valores mais altos e mais baixos de IQAr (AIRLINK, 2020).

Outro ponto positivo é seu tamanho compacto comparado com outros similares e sua praticidade de instalação, bastando fixado em alguma superfície, plugar em uma tomada e conectá-lo a uma rede móvel (AIRLINK, 2020).

O equipamento mede a presença dos (MP_{10} , $MP_{2,5}$ e MP_1) em suspensão no ar, iluminando um laser através do ar. As partículas no ar refletem o laser e o sensor

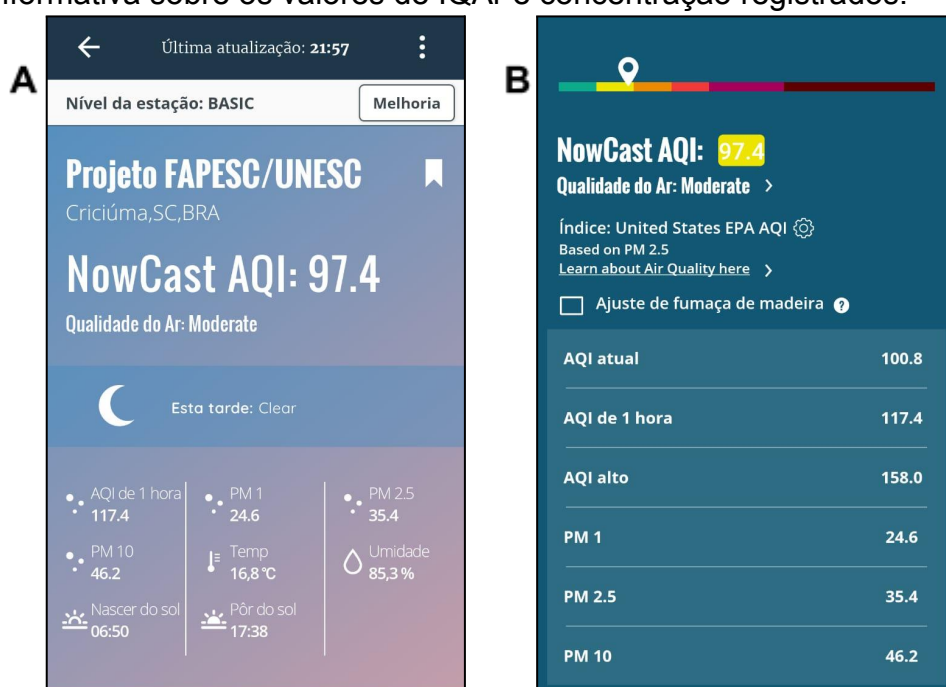
usa a reflexão para determinar o número e o tamanho das partículas (AIRLINK, 2020).

Uma vez programado o equipamento funciona de forma automática e dispõe os dados de minuto em minuto na plataforma digital *WeatherLink*.

3.2.4 Aplicativo *WeatherLink*

O Aplicativo é organizado conforme apresentado na Figura 07 A e B.

Figura 07 - A: Página inicial do aplicativo *WeatherLink* indicando a localização; **B:** Parte informativa sobre os valores de IQAr e concentração registrados.



Fonte: *WeatherLink*, 2023.

Além das funções apresentados o aplicativo ainda registra índice de temperatura, umidade relativa, horário de nascer e pôr do sol, como também o ajuste de fumaça de madeira para ocorrências de queimadas.

Os índices de AQI presentes na Figura 07 B são equivalentes ao IQAr, e PM equivalente a MP, essa diferenciação de nomenclatura deve-se pelo fato de ser um aplicativo de origem norte-americana, ou seja, programado em inglês. O IQAr é calculado automaticamente pelo aplicativo, com base nos dados e padrões da USEPA.

3.3 MÉTODO DE ANÁLISE

A seleção e apresentação dos dados coletados foi realizada conforme descrito no decorrer deste tópico.

3.3.1 Seleção de dados de interesse

A partir dos dados coletados sobre as variáveis meteorológicas foram selecionadas as variáveis: temperatura (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm), velocidade do vento (Km/h) e direção do vento.

Dos dados de concentração de MP, foram coletadas as concentrações de MP₁, MP_{2,5} e MP₁₀, disponíveis pelo *WeatherLink*.

Para o cálculo do IQAr, foi utilizado o AIQ Atual, este é relacionado ao registro atual de concentração de MP_{2,5} em um determinado dia.

3.3.2 Cálculo de IQAr

O índice de qualidade do ar baseado nos padrões da USEPA (Quadro 15) é fornecido automaticamente pelo aplicativo *WeatherLink*. Já para o IQAr segundo os padrões da Resolução CONAMA N° 491/2018 (BRASIL, 2018), (Quadro 16) precisou ser calculado através da fórmula apresentada na Equação 01.

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini}) \quad 01$$

Onde:

$IQAr$ = índice de qualidade do ar;

I_{fin} = valor do índice que corresponde à concentração final da faixa;

I_{ini} = valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa;

C_{fin} = concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida;

C_{ini} = concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida;

C = concentração medida do poluente.

Todavia, a equação segue o mesmo princípio de variáveis adotadas pela USEPA, uma vez que esta é padrão de referência mundial. Somente diverge na escala de índice proposta pelo CONAMA, conseqüentemente no IQAr.

Quadro 15 - Estrutura do índice de qualidade do ar proposto pela USEPA.

Qualidade do Ar	Índice	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h
Bom	0 - 50	0 - 12	0 - 54
Moderado	51 - 100	12,1 - 35,4	55 - 154
Pouco saudável para grupos sensíveis	101 - 150	35,5 - 55,4	155 - 254
Insalubre	151 - 200	(55,5 - 150,4) ³	255 - 354
Muito prejudicial à saúde	201 - 300	(150,5 - 250,4) ³	355 - 424
Perigoso	301 - 400	(250,5 - 350,4) ³	425 - 504
	401 - 500	(350,5 - 500,4) ³	505 - 604

Fonte: Adaptado de USEPA, 2018.

Quadro 16 - Estrutura do índice de qualidade do ar proposto pelo CONAMA.

Qualidade do Ar	Índice	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 25	0 - 50
N2 - MODERADA	41 - 80	> 25 - 50	> 50 - 100
N3 - RUIM	81 - 120	> 50 - 75	> 100 - 150
N4 - MUITO RUIM	121 - 200	> 75 - 125	> 150 - 250
N5 - PÉSSIMA	> 200	> 125	> 250

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2018 e CETESB, 2023a.

Essa classificação foi utilizada para posteriormente verificar os dias de pico de concentração de MP_{2,5}, com base nas duas legislações, ou seja, quando a qualidade do ar para a USEPA e o CONAMA começa a ser classificada como moderada (cor amarela destacada na escala no índice).

Para o pico de concentração de MP_{2,5} foi observado o valor real coletado; não foram considerados para esta análise dias que em um ou mais horários não houve registro de concentração para os horários determinados.

3.3.3 Avaliação de dados estatísticos

Após a avaliação preliminar de dados foi adotado o sistema de cálculo envolvendo a aplicação de média aritmética para as variáveis: temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento, concentração de MP_1 , concentração de $MP_{2,5}$ e concentração de MP_{10} , de modo a tornar mais lúdico e abranger todos os valores coletados possibilitando um melhor entendimento sobre o comportamento dos particulados sobre a influência das variáveis escolhidas no período amostral de 10 semanas.

Para auxiliar nos cálculos estatísticos foi elaborado o desvio padrão da média, por ser um parâmetro muito utilizado em estatística e relacionado a probabilidades com o nível de dispersão quando se pretende comparar dados.

Os cálculos da média aritmética e desvio padrão foram realizados por meio do uso do Excel, aplicando a função MÉDIA, para o cálculo da média aritmética e função DESV.MÉDIO para o cálculo do desvio padrão.

Para avaliar a direção dos ventos, foi aplicado o cálculo da moda, ou seja, o cálculo de predominância, visto que para direção do vento, o comportamento ocorre de forma diferente das demais variáveis, uma vez que oscila em uma projeção de plano cartesiano. O cálculo da moda, consistiu em atribuir valores para os quadrantes da direção do vento e posteriormente utilizar a função MODO.ÚNICO do Excel com os “valores por quadrante” (Quadro 17).

Os três modelos de cálculos estatísticos aplicados sobre os dados coletados foram calculados separadamente de forma semanal e horária, onde todos os valores de cada uma das 10 semanas nos horários: 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 e 21:00 horas foram agrupados e submetidos aos cálculos de média aritmética, moda e desvio padrão da média.

Quadro 17 - Valores atribuídos para os pontos cardeais, colaterais e subcolaterais.

Ponto de Direção	Valor individual atribuído	Valor por quadrante
N	1	1
NNE	2	
NE	3	
ENE	4	
E	5	2
ESE	6	
SE	7	
SSE	8	
S	9	3
SSW	10	
SW	11	
WSW	12	
W	13	4
WNW	14	
NW	15	
NNW	16	

Fonte: Autor, 2023.

3.3.4 Elaboração de gráficos com base nos dados

A partir da análise dos cálculos de IQAr, média aritmética, moda e desvio padrão da média foi possível montar panoramas gráficos através da utilização do Excel, possibilitando analisar se há realmente influência das variáveis escolhidas sobre a concentração dos particulados.

A exibição dos resultados por meio de gráficos facilitou a compreensão dos valores obtidos uma vez tabelados em planilhas do Excel.

As projeções gráficas seguiram a linha de cálculo, ou seja, foram elaboradas por meio da média horária por semana.

Como as variáveis velocidade do vento e direção do vento são associadas ao mesmo fator, foi aplicado no gráfico de velocidade a predominância horária dos ventos para cada semana.

Com intuito de verificar com maior precisão foi elaborado gráficos para os dias de pico de concentração de $MP_{2,5}$, ou seja, quando a qualidade do ar começa a ser classificada como moderada (cor amarela na escala no índice).

3.3.5 Análise da influência das variáveis meteorológicas

Analisando os dados coletados, junto aos cálculos e gráficos foi possível determinar se as variáveis meteorológicas apresentam algum tipo de influência na

concentração de particulados; em quais horários essas influências são mais perceptíveis; e como foi o comportamento das variáveis.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

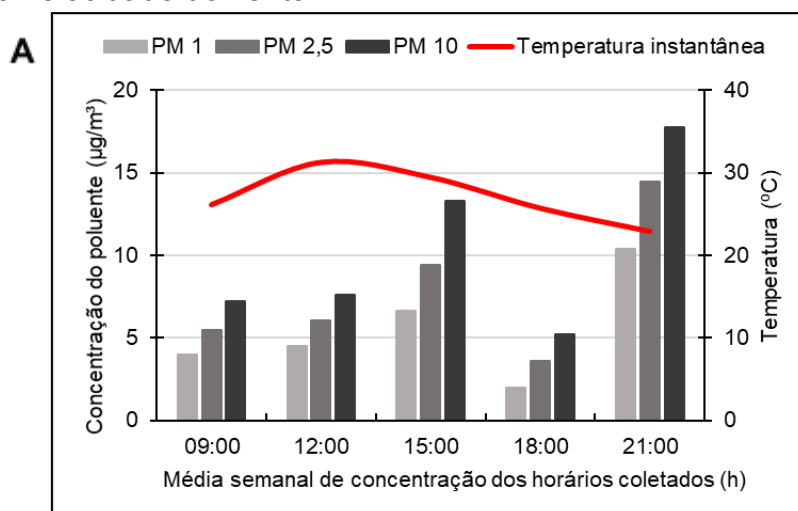
4.1 CONCENTRAÇÃO DO POLUENTE EM RELAÇÃO A VARIÁVEL METEOROLÓGICA

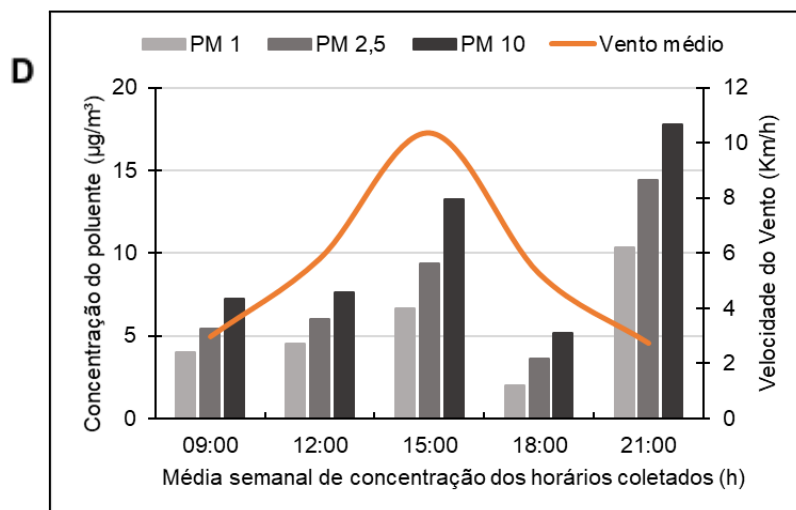
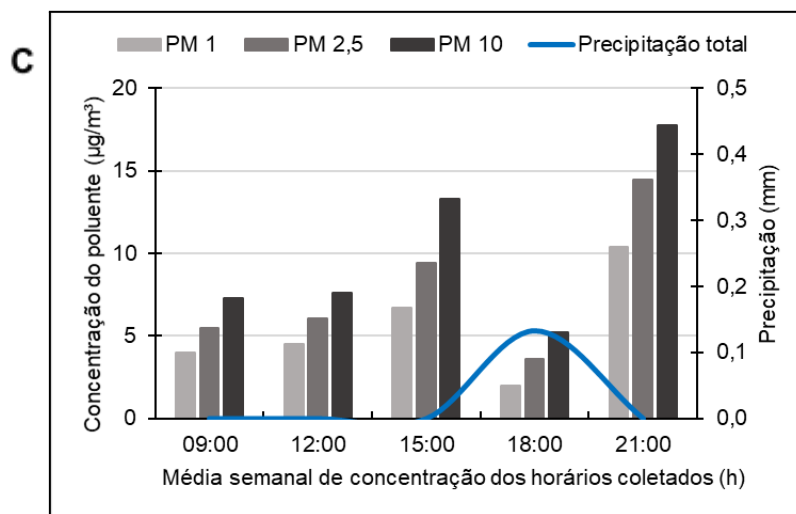
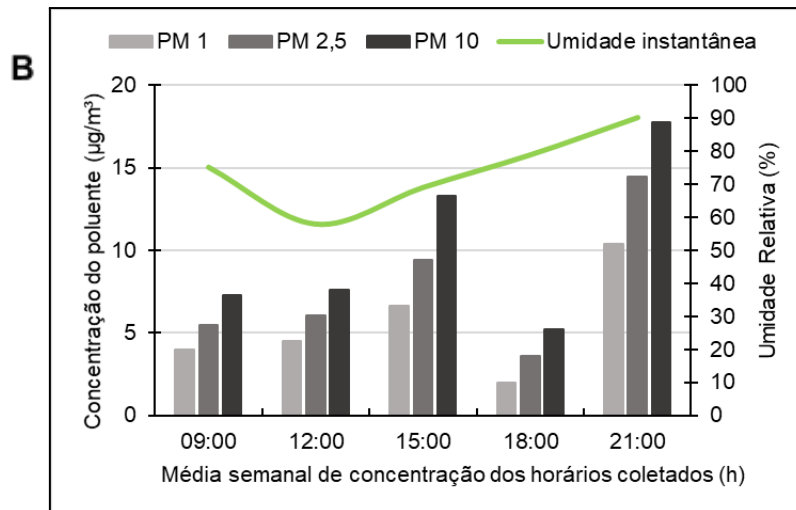
Os dados coletados durante as 10 semanas correspondentes às variáveis meteorológicas estão apresentados nos Apêndices A e B. Os dados coletados dos níveis de concentração e IQAr estão apresentados nos Apêndices C e D.

4.1.1 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a primeira semana (março)

O comportamento da concentração de MP durante a primeira semana é apresentado no Gráfico 01.

Gráfico 01 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Primeira Semana. **A:** em relação à temperatura; **B:** em relação a umidade relativa; **C:** em relação a precipitação e **D:** em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 01 é possível verificar que no decorrer da primeira semana, para o horário das 18:00 horas, os níveis de particulados apresentaram valores baixos, quando comparados aos demais horários dessa

semana. O horário das 21:00 horas apresentou maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, conforme o Apêndice E.

Com o panorama traçado, é possível afirmar que quando houve ocorrência de precipitação os níveis de concentração de MP caíram; outro fator é o baixo valor para a velocidade do vento, onde a concentração sofre um aumento muito significativo.

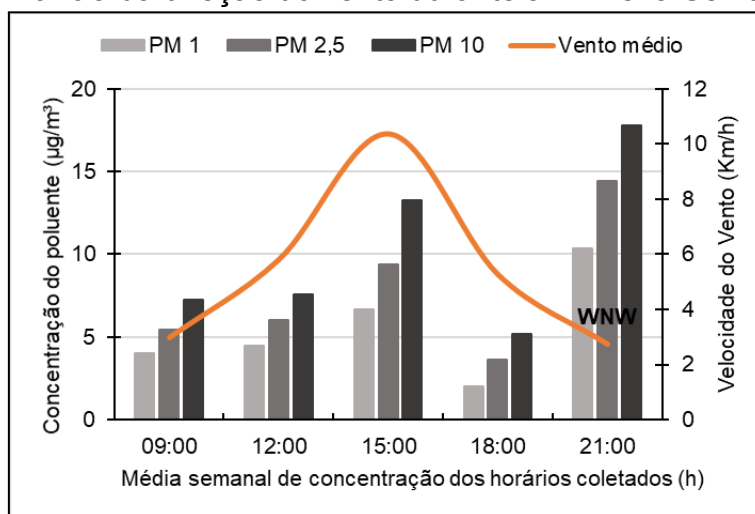
A temperatura mais baixa registrada no último horário de coleta mostra um aumento na concentração, ao contrário de quando está mais elevada; a umidade relativa em seu registro mais alto, acompanha os valores de concentração mais alto também, onde é possível perceber sua influência sobre a concentração de MP.

Esses fatos entram em concordância quando comparados aos apontamentos colocados pelos autores citados na fundamentação teórica deste trabalho. A chuva possui a capacidade de remover os poluentes no ambiente atmosférico por meio do “arraste”, pois possui a propriedade de precipitar o que resulta na deposição úmida (GOMES, 2010).

A condição climática predominante foi parcialmente nublado.

O Gráfico 02 aborda a predominância horária da direção do vento para a primeira semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos não apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto para o horário das 21:00 horas, onde houve predominância de direção no 4º quadrante, sendo ela: oés-noroeste - WNW.

Gráfico 02 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Primeira Semana.

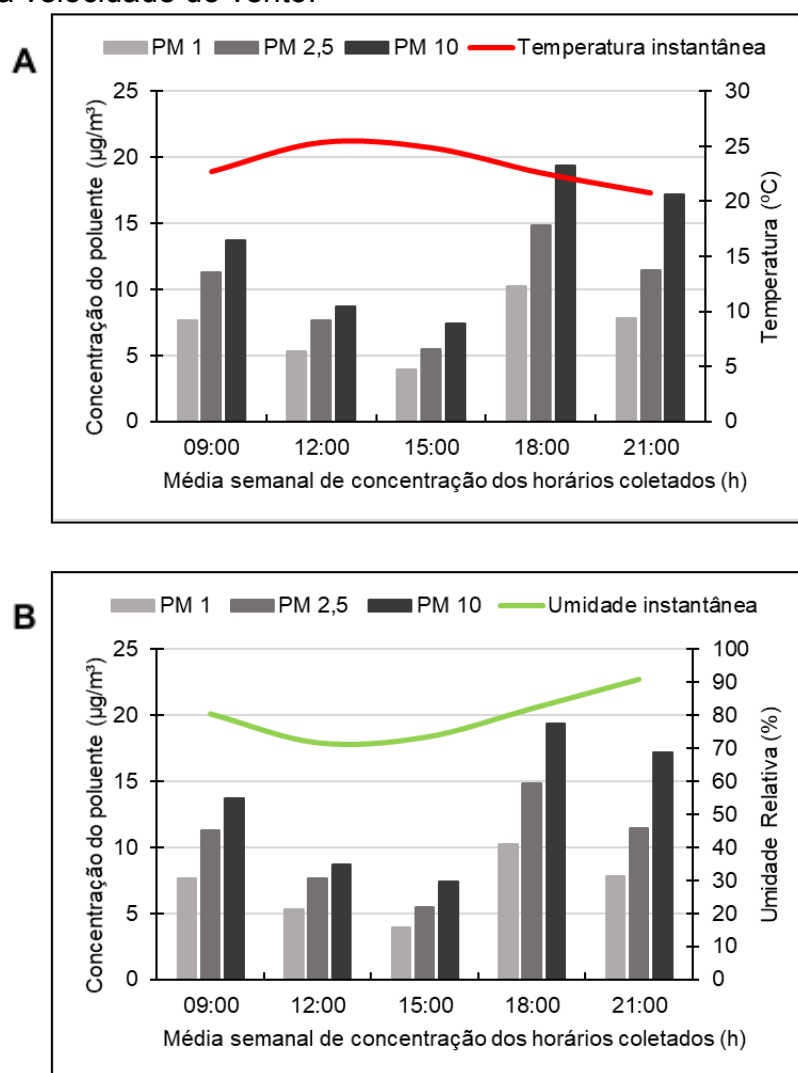


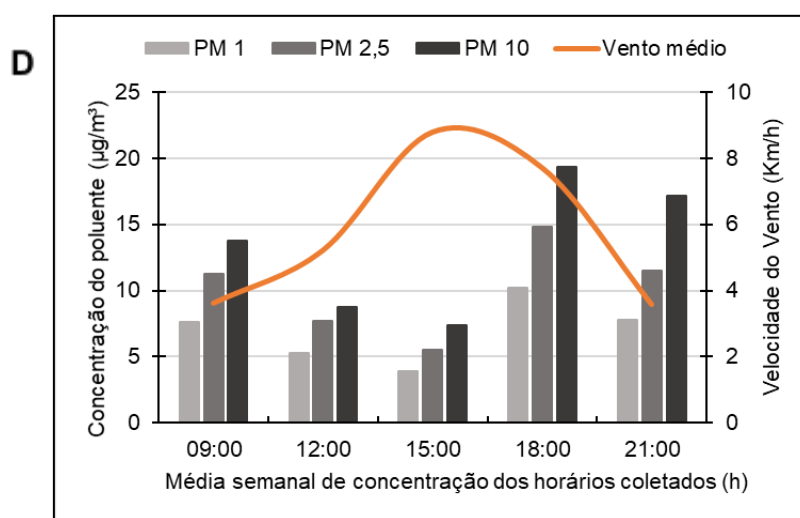
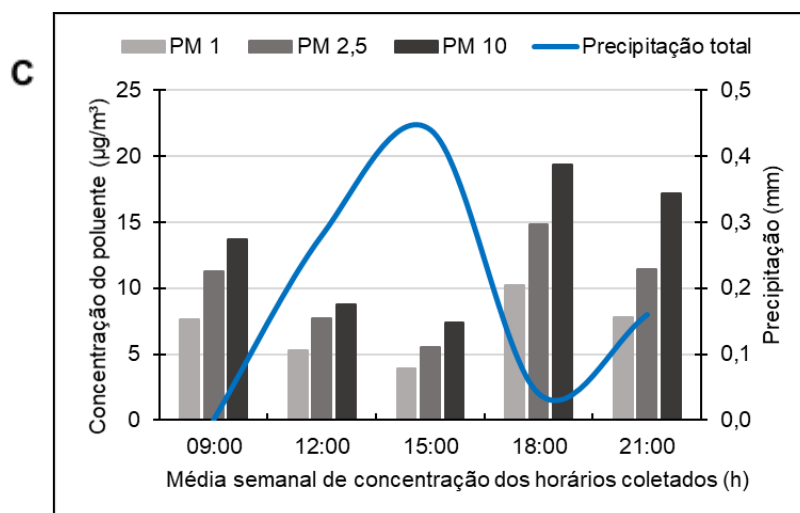
Fonte: Autor, 2023.

4.1.2 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a segunda semana (abril)

O comportamento da concentração de MP durante a segunda semana é apresentado no Gráfico 03.

Gráfico 03 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Segunda Semana. **A:** em relação à temperatura; **B:** em relação a umidade relativa; **C:** em relação a precipitação e **D:** em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 03 é possível verificar que no decorrer da segunda semana, para os horários das 12:00 e 15:00 horas, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos, quando comparados aos demais horários dessa semana. Os horários das 18:00 e 21:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, conforme o Apêndice E.

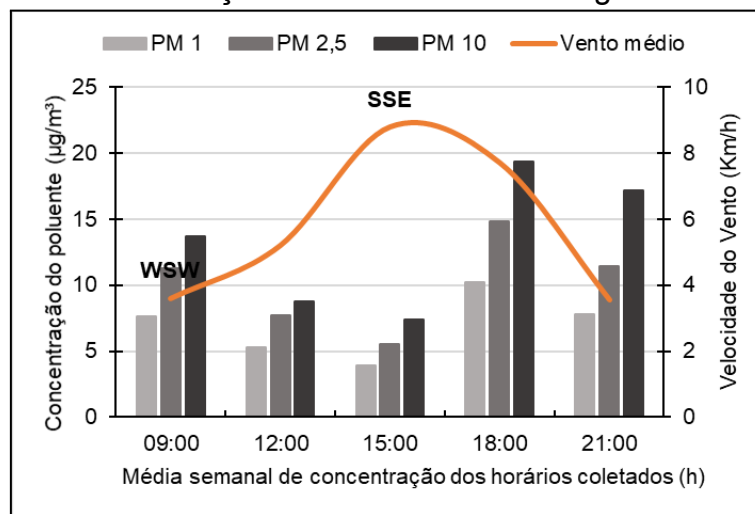
Com o panorama traçado, é possível afirmar que quando houve ocorrência de precipitação os níveis de concentração de MP caíram; outro fator é a velocidade do vento, onde a concentração sofre uma baixa muito significativa e quando a velocidade apresenta queda o nível de concentração aumenta.

Para a temperatura e umidade relativa, o padrão segue o mesmo evidenciado durante a primeira semana.

A condição climática para a segunda semana teve maior ocorrência de chuvas passageiras durante a semana.

O Gráfico 04 aborda a predominância horária da direção do vento para a segunda semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos não apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante como antes evidenciado durante a primeira semana, exceto desta vez para o horário das 09:00 e 15:00 horas, onde houve predominância de direção no 2º e 3º quadrante, sendo elas: oés-sudoeste - WSW e su-sudeste SSE, respectivamente.

Gráfico 04 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Segunda Semana.

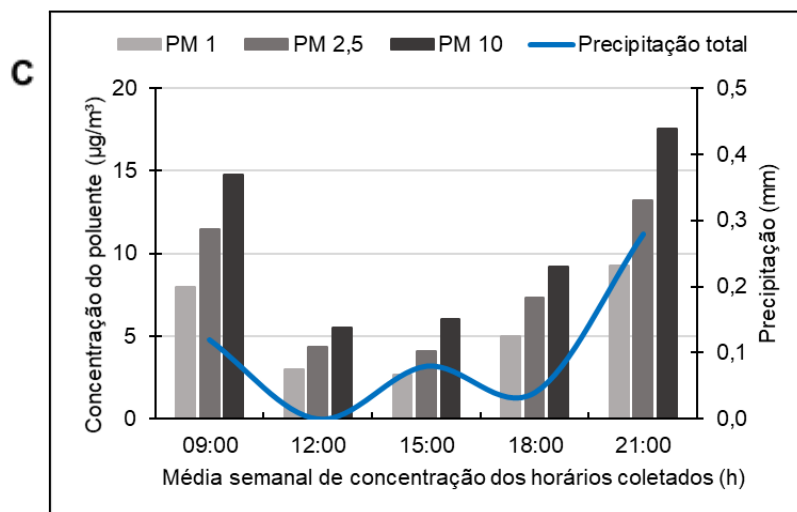
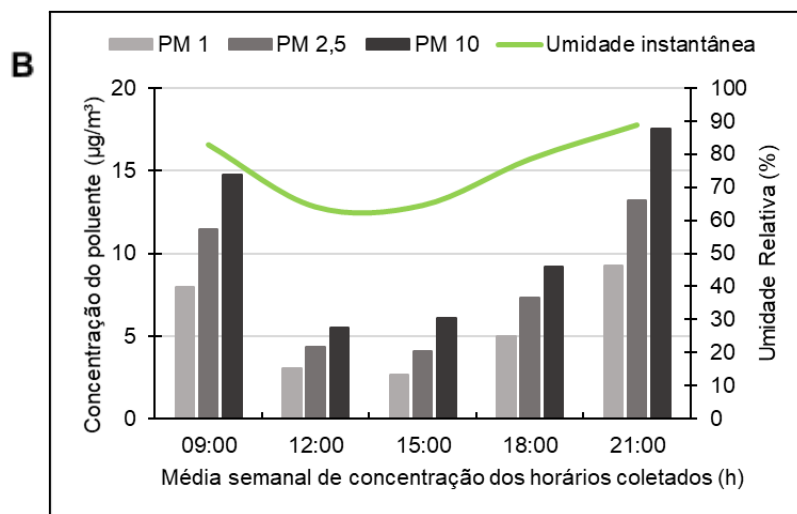
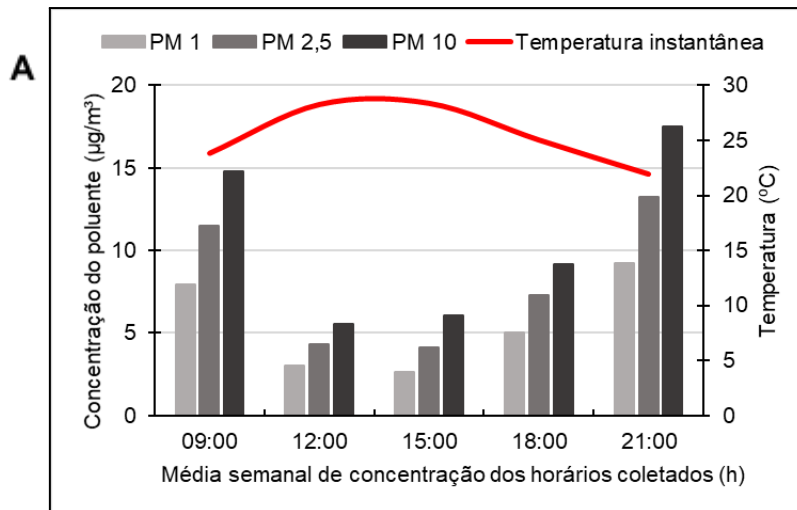


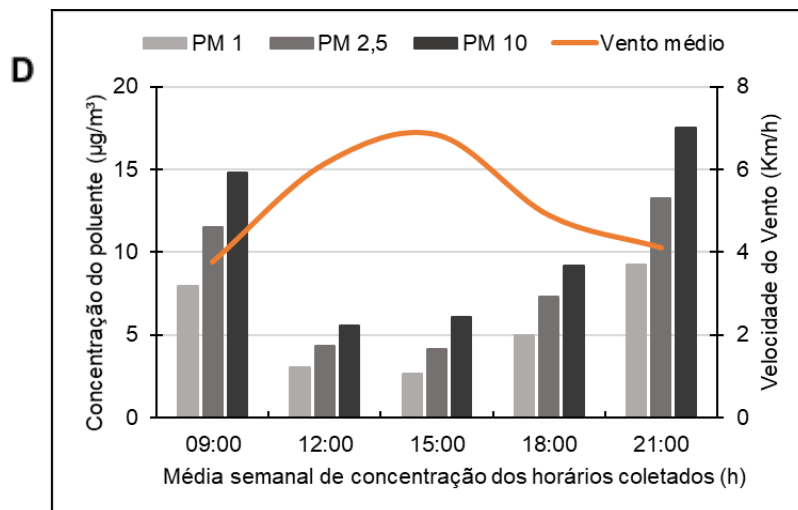
Fonte: Autor, 2023.

4.1.3 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a terceira semana (abril)

O comportamento da concentração de MP durante a terceira semana é apresentado no Gráfico 05.

Gráfico 05 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Terceira Semana. **A:** em relação à temperatura; **B:** em relação a umidade relativa; **C:** em relação a precipitação e **D:** em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

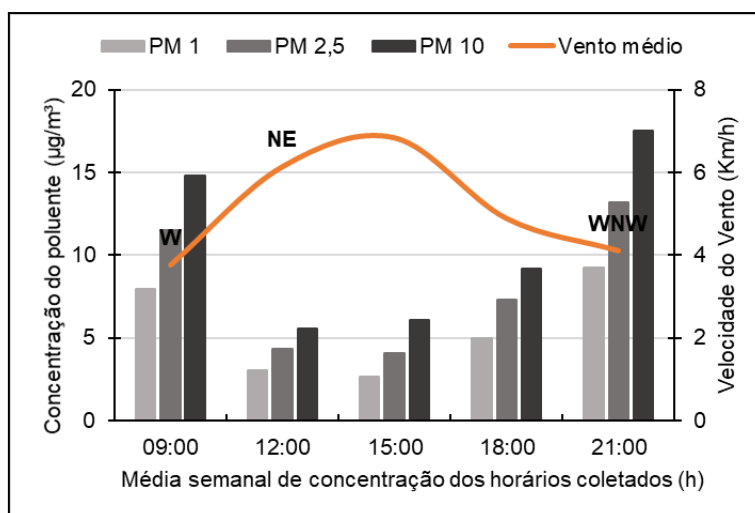
Observando os resultados do Gráfico 05 é possível verificar que no decorrer da terceira semana, para os horários das 12:00 e 15:00 horas, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos, já os horários das 09:00 e 21:00 horas apresentaram os valores mais elevados para concentração e apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, conforme o Apêndice E.

Nos horários das 12:00 e 15:00 horas os valores de temperatura e velocidade dos ventos alcançaram seus registros mais altos; a umidade relativa registrou seus valores mais baixos e a precipitação apresentou baixo volume e ficou oscilante.

A condição climática para a terceira semana foi mais nublado ao início, com possível ocorrência de chuvas passageiras ao final da semana.

O Gráfico 06 aborda a predominância horária da direção do vento para a terceira semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos não apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante como antes evidenciado durante as semanas anteriores, exceto desta vez para o horário das 09:00, 12:00 e 21:00 horas, onde houve predominância de direção no 4º, 1º e 4º quadrante novamente, sendo elas: oeste - W, nordeste - NE e oés-noroeste - WNW, respectivamente.

Gráfico 06 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Terceira Semana.

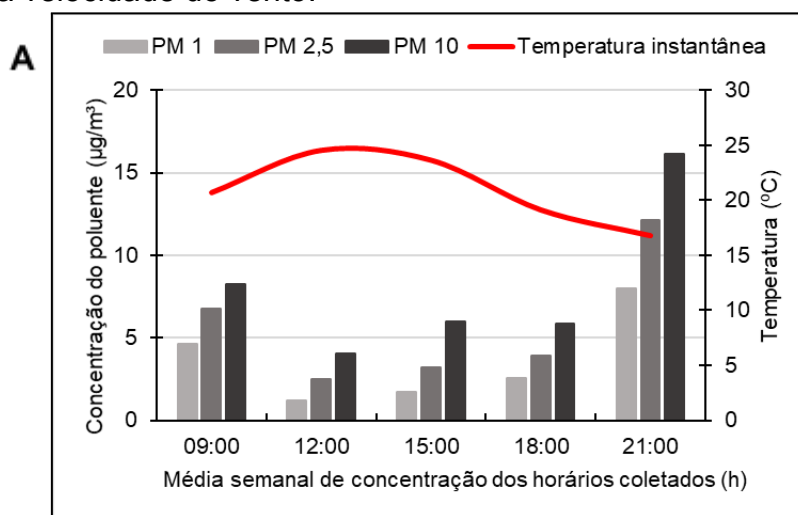


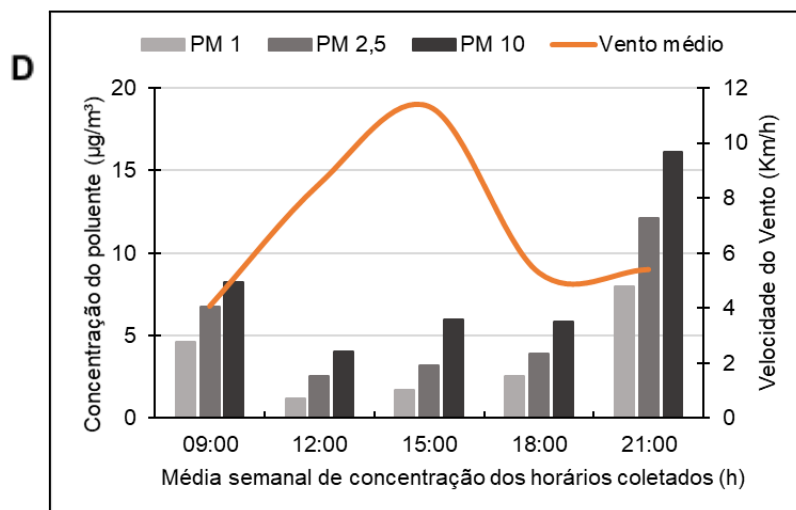
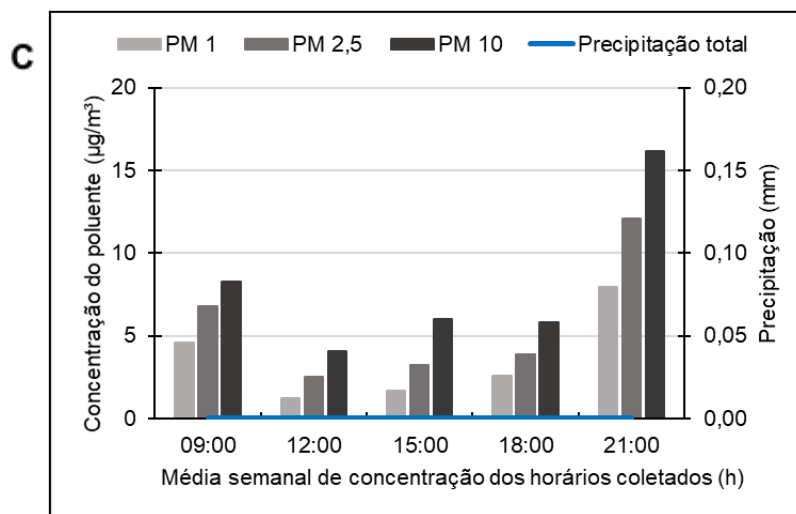
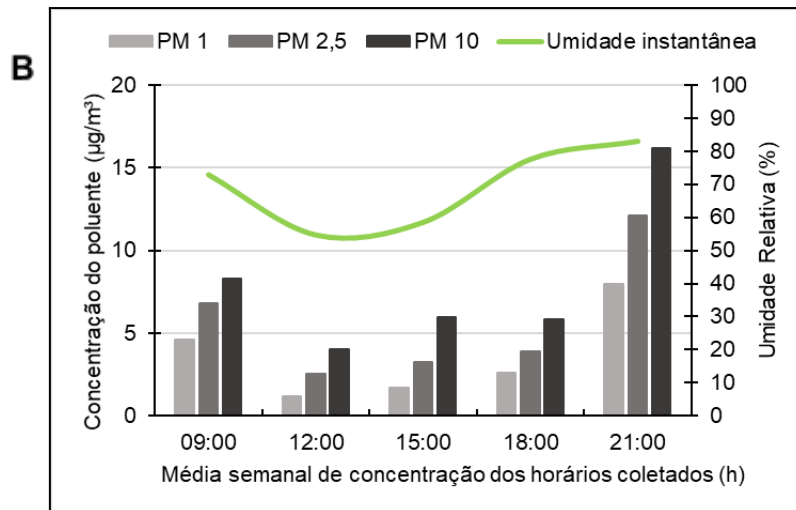
Fonte: Autor, 2023.

4.1.4 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a quarta semana (abril)

O comportamento da concentração de MP durante a quarta semana é apresentado no Gráfico 07.

Gráfico 07 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Quarta Semana. **A**: em relação à temperatura; **B**: em relação a umidade relativa; **C**: em relação a precipitação e **D**: em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 07 é possível verificar que no decorrer da quarta semana, para os horários das 12:00, 15:00 e 18:00 horas, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos, já o horário das 21:00 horas

apresentou os valores mais elevados para concentração e junto com o horário das 09:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, conforme o Apêndice E.

Não houve registros de precipitação durante essa semana.

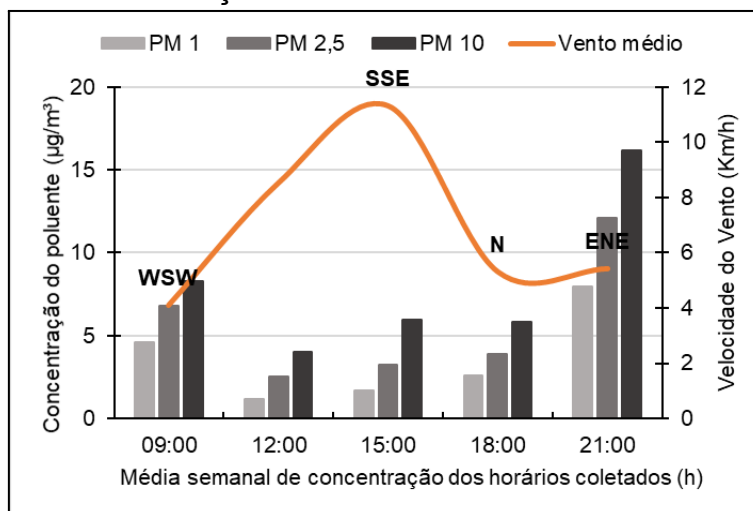
Nos horários das 12:00 e 15:00 horas os valores de temperatura e velocidade dos ventos alcançaram seus registros mais altos; a umidade relativa registrou seus valores mais baixos da mesma forma que a semana anterior.

Porém, às 18:00 horas a velocidade dos ventos apresentou uma baixa significativa quando comparada ao horário anterior.

A condição climática para a quarta semana se mostrou mais nublado para o início da semana e mais ensolarado para o final.

O Gráfico 08 aborda a predominância horária da direção do vento para a quarta semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto o horário das 12:00. Os demais horários apresentaram sequência de predominância de direção no 3º, 2º, 1º e 1º quadrante novamente, sendo elas: oés-sudoeste - WSW, su-sudeste - SSE, norte - N e lés-nordeste - ENE, respectivamente.

Gráfico 08 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Quarta Semana.

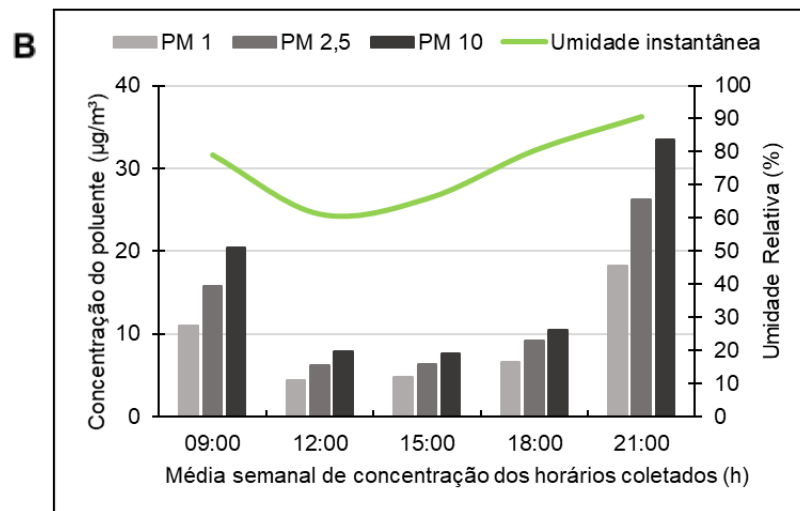
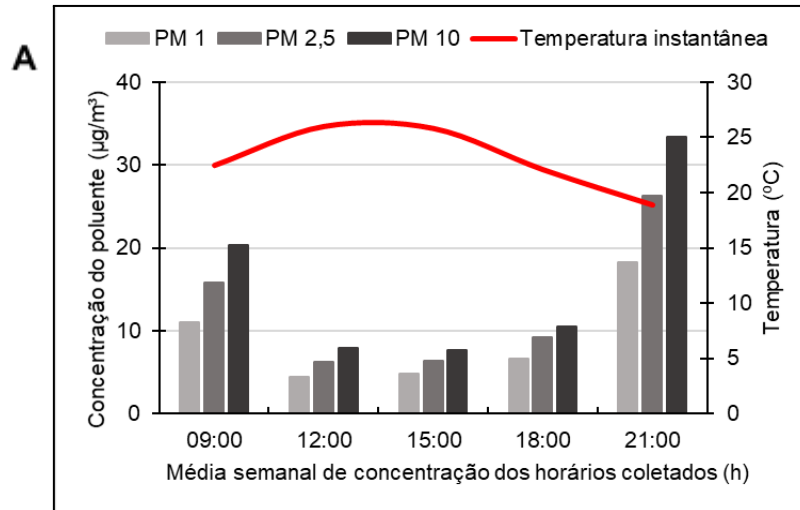


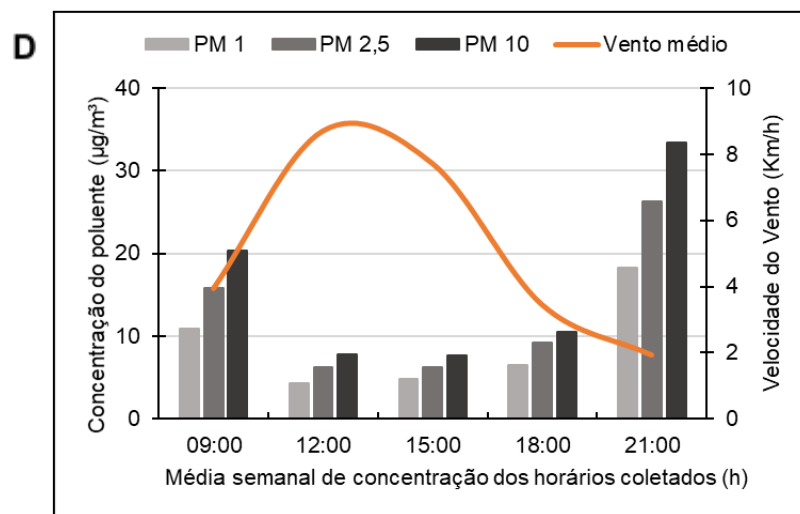
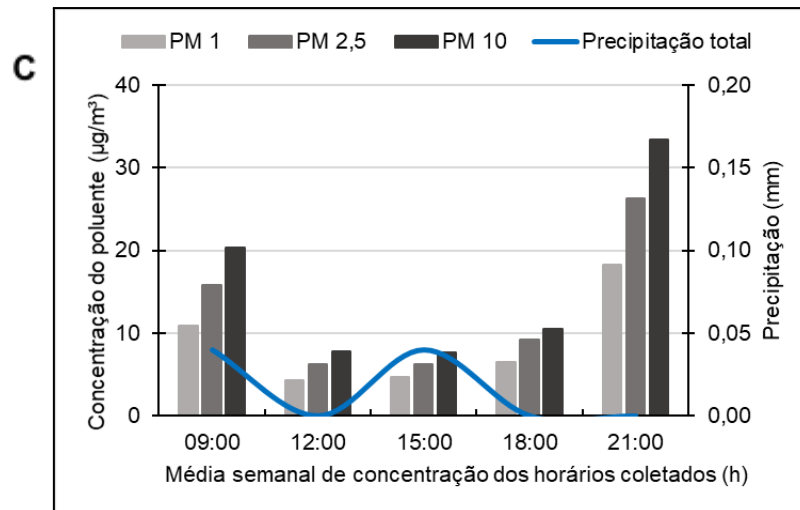
Fonte: Autor, 2023.

4.1.5 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a quinta semana (abril)

O comportamento da concentração de MP durante a quinta semana é apresentado no Gráfico 09.

Gráfico 09 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Quinta Semana. **A:** em relação à temperatura; **B:** em relação a umidade relativa; **C:** em relação a precipitação e **D:** em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 07 é possível verificar que no decorrer da quinta semana, para os horários das 12:00, 15:00 e 18:00 horas, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos, já o horário das 21:00 horas apresentou os valores mais elevados para concentração, mesmo comportamento constatado durante a semana anterior, todavia junto com o horário das 09:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, conforme o Apêndice E.

Nos horários das 12:00 e 15:00 horas os valores de temperatura e velocidade dos ventos alcançaram seus registros mais altos; a umidade relativa registrou seus valores mais baixos da mesma forma que a semana anterior.

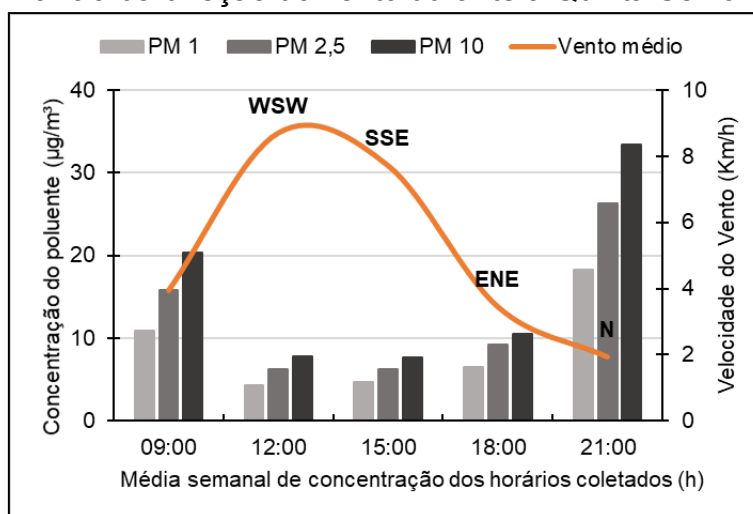
Porém, às 18:00 horas a velocidade dos ventos apresentou uma baixa significativa quando comparada ao horário anterior.

Às 21:00 horas não houve registros de precipitação, onde mais uma vez apresenta concordância com os autores supracitados, que a precipitação tem grande influência sobre a concentração de particulados, uma vez que realiza a deposição úmida.

A condição climática prevalente na quinta semana consistiu em mais sol que nuvens.

O Gráfico 10 aborda a predominância horária da direção do vento para a quarta semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto o horário das 09:00 horas. Os demais horários apresentaram sequência de predominância de direção no 3º, 2º, 1º e 1º quadrante novamente, sendo elas: oés-sudoeste - WSW, su-sudeste - SSE, lés-nordeste - ENE e norte - N, respectivamente.

Gráfico 10 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Quinta Semana.



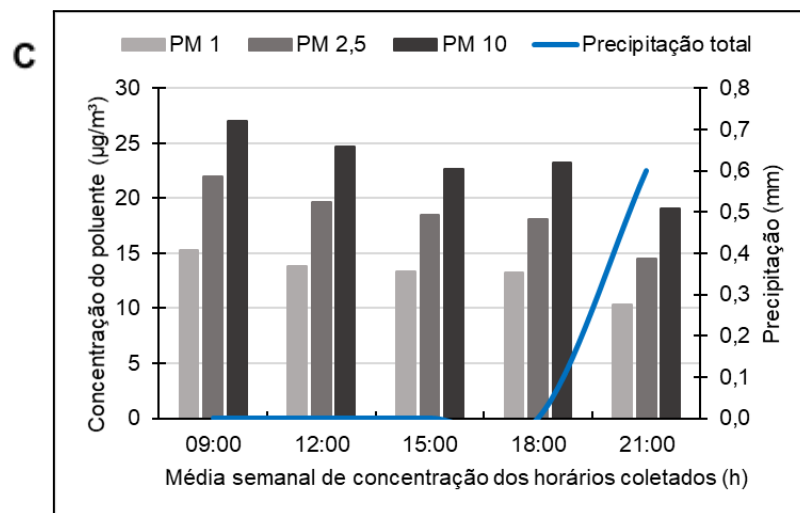
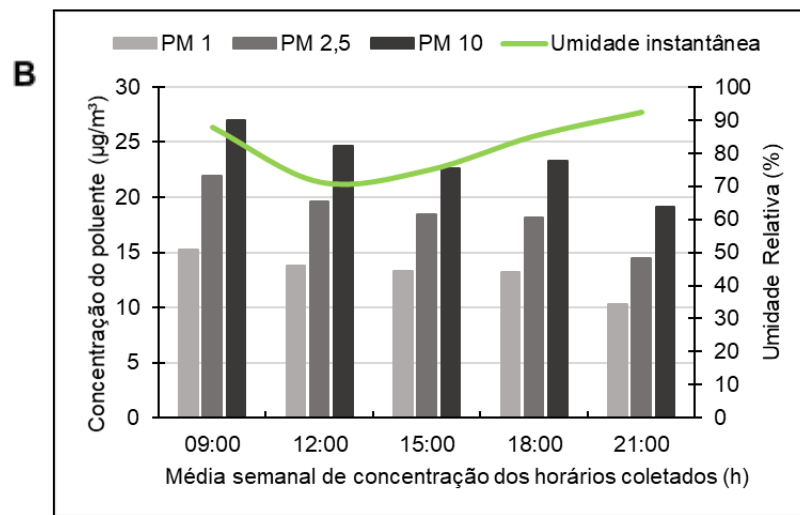
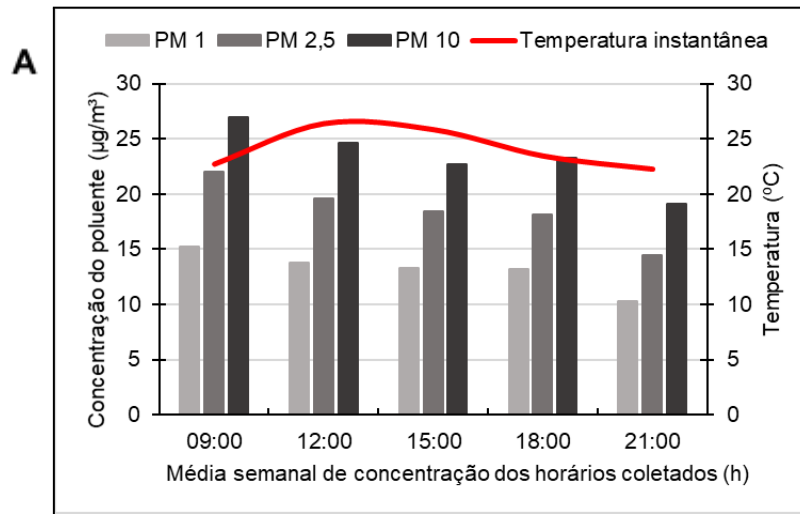
Fonte: Autor, 2023.

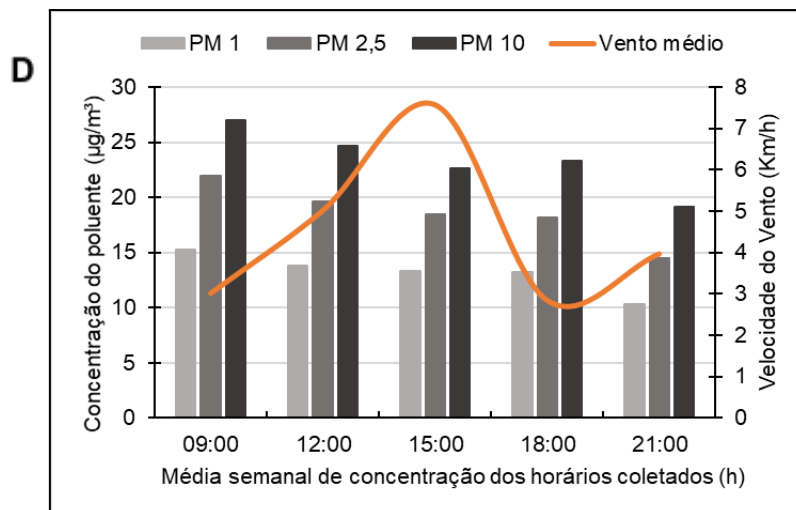
4.1.6 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a sexta semana (maio)

O comportamento da concentração de MP durante a sexta semana é apresentado no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Sexta Semana. **A:** em relação à

temperatura; **B**: em relação a umidade relativa; **C**: em relação a precipitação e **D**: em relação a velocidade do vento.





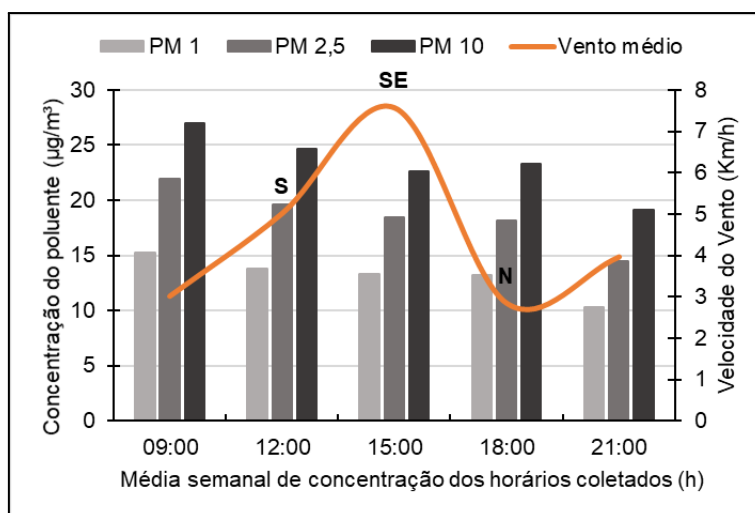
Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 11 é possível verificar que no decorrer da sexta semana, os níveis de particulados apresentaram valores mais uniformes, todavia as 12:00 e 18:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, Apêndice F.

A sexta semana quando comparada às semanas anteriores foi mais atípica, os níveis de concentração não apresentaram grandes oscilações, porém o fato de ocorrer precipitação na média das 21:00 horas fez com que os níveis começassem a baixar, um certo aumento na velocidade dos ventos para esse horário também foi registrado. A condição climática predominante para essa semana era nublado.

O Gráfico 12 aborda a predominância horária da direção do vento para a quarta semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto o horário das 09:00 e 21:00 horas. Os demais horários apresentaram sequência de predominância de direção no 3º, 2º e 1º quadrante novamente, sendo elas: sul - S, sudeste - SE e norte - N, respectivamente.

Gráfico 12 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Sexta Semana.

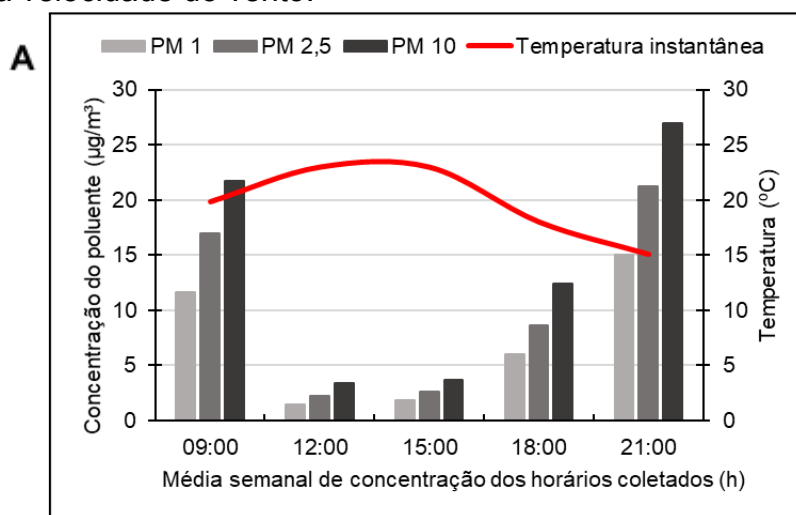


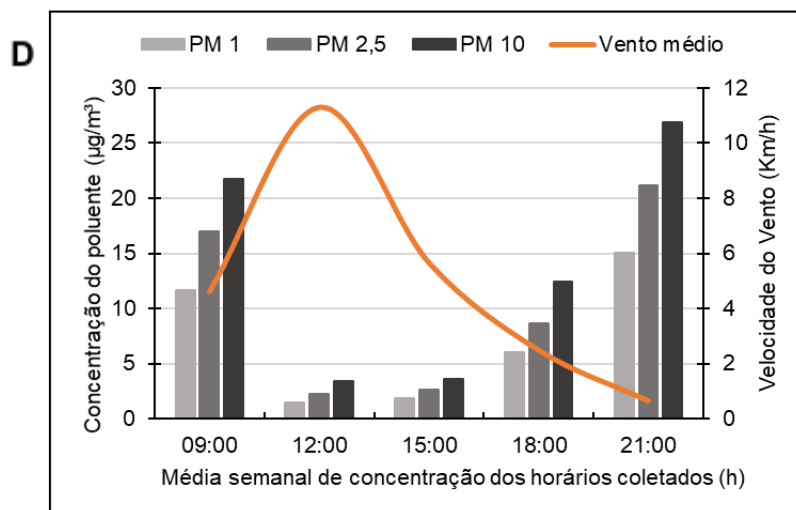
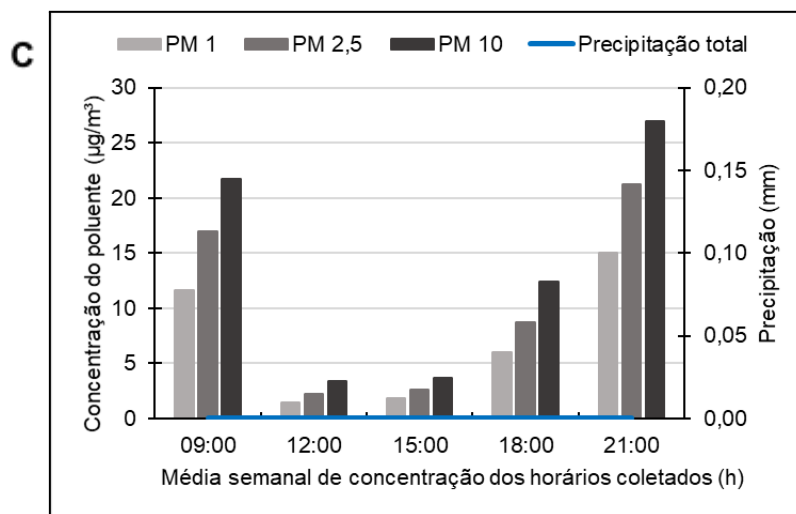
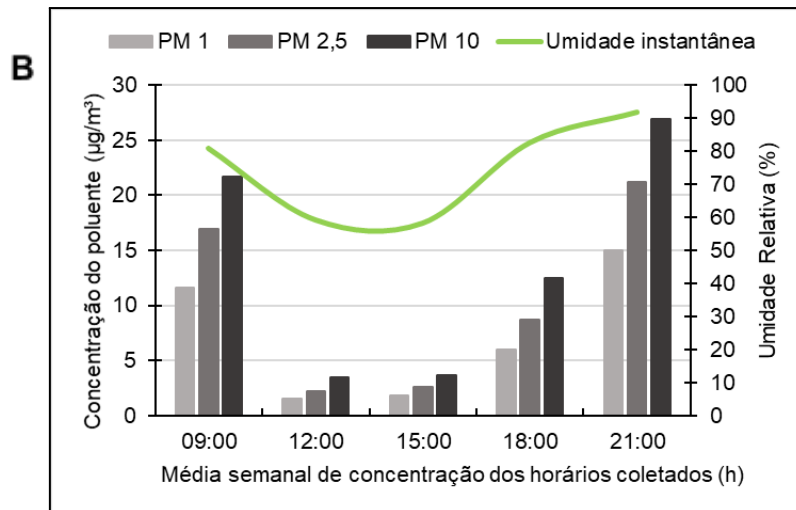
Fonte: Autor, 2023.

4.1.7 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a sétima semana (maio)

O comportamento da concentração de MP durante a sétima semana é apresentado no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Sétima Semana. **A**: em relação à temperatura; **B**: em relação a umidade relativa; **C**: em relação a precipitação e **D**: em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 13 é possível verificar que no decorrer da sétima semana, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos para

os horários das 12:00 e 15:00 horas. Já as 09:00 e 21:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, Apêndice F.

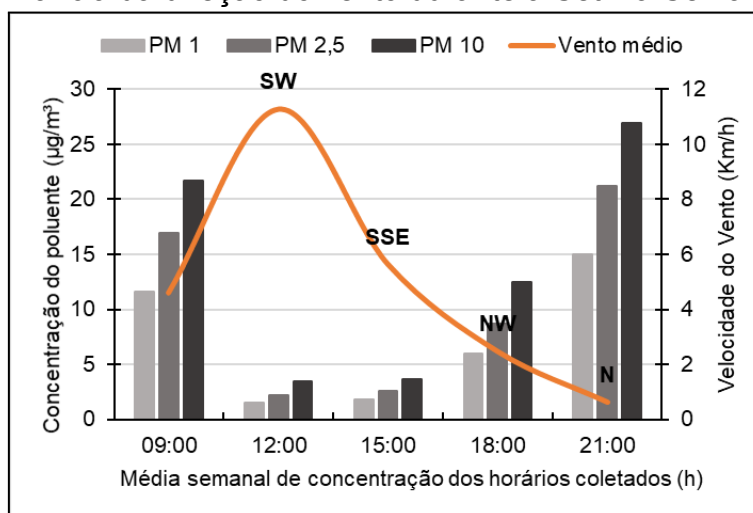
Não houve ocorrência de precipitação durante essa semana.

Nos níveis mais baixos de concentração a temperatura obteve seu registro mais elevado, porém ao entardecer com a queda de temperatura ocasionando uma inversão térmica os níveis de concentração de MP dispararam consideravelmente. Tal fenômeno é muito comum à medida que estações mais frias se aproximam, como anteriormente citado por alguns autores. “As inversões de temperatura originam atmosferas muito estáveis que não favorecem, em geral, a dispersão dos poluentes” (GOMES, 2010, p. 71).

A umidade relativa apresentou valores mais baixos quando a concentração também se apresentou baixa, já a velocidade do vento apresentou seu valor mais elevado nessas condições. A condição climática predominante para essa semana era nublado.

O Gráfico 14 aborda a predominância horária da direção do vento para a quarta semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto o horário das 09:00 horas. Os demais horários apresentaram sequência de predominância de direção no 3º, 2º, 4º e 1º quadrante novamente, sendo elas: sudoeste - SW, su-sudeste - SSE, noroeste - NW e norte - N respectivamente.

Gráfico 14 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Sétima Semana.

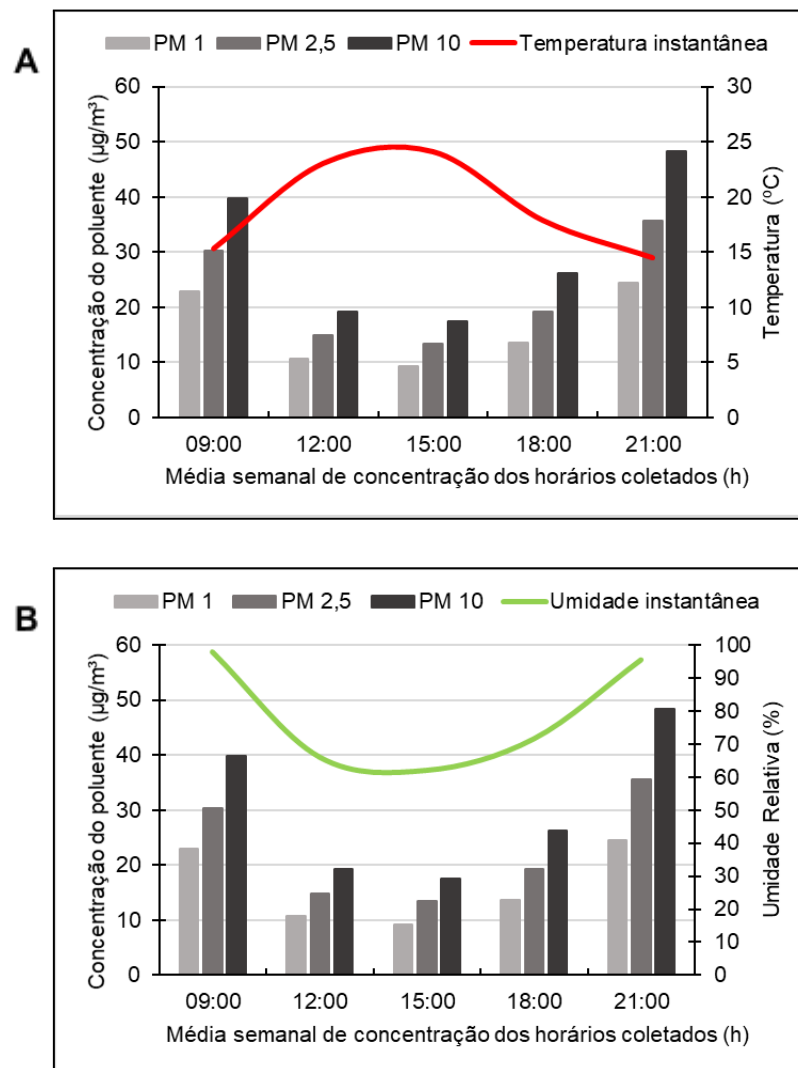


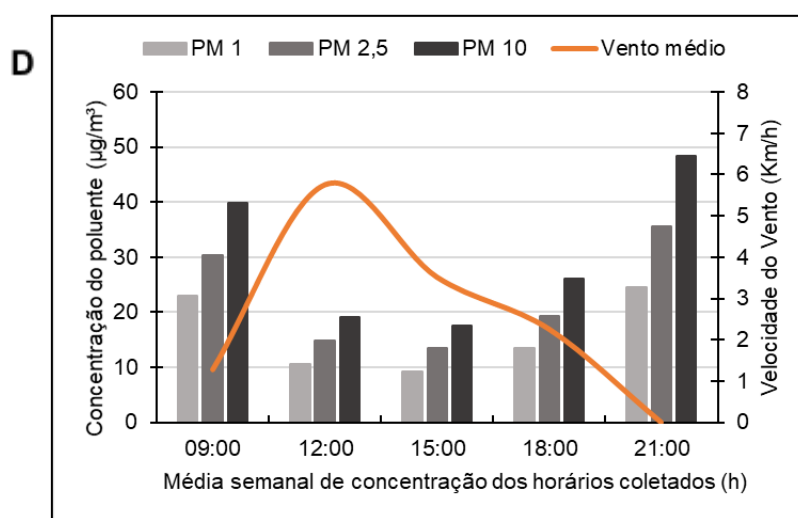
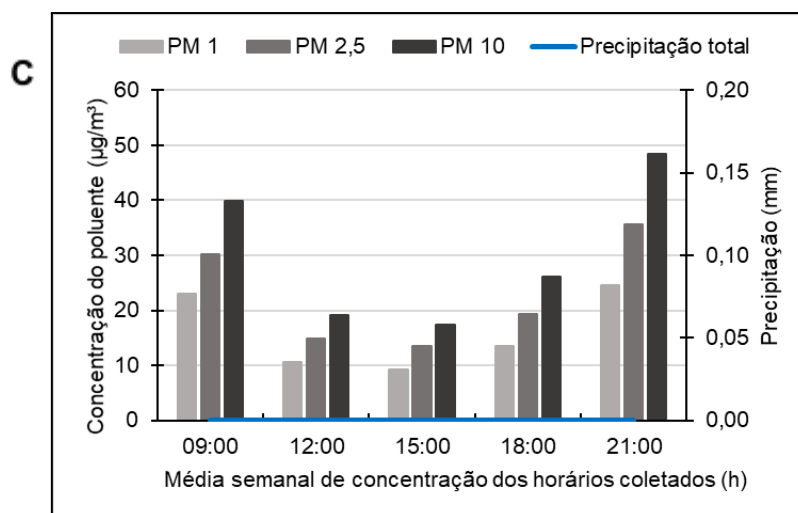
Fonte: Autor, 2023.

4.1.8 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a oitava semana (maio)

O comportamento da concentração de MP durante a oitava semana é apresentado no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Oitava Semana. **A**: em relação à temperatura; **B**: em relação a umidade relativa; **C**: em relação a precipitação e **D**: em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 15 é possível verificar que no decorrer da oitava semana, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos para os horários das 12:00 e 15:00 horas. O horário das 15:00 junto com as 18:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, Apêndice F.

Não houve ocorrência de precipitação durante essa semana.

O panorama desta semana seguiu a tendência da umidade relativa, onde apresentou registros mais elevados e se manifestou elevada, na medida que a umidade baixava a concentração de MP também baixava, conseqüentemente quando a umidade se elevou ao anoitecer os níveis de concentração se elevaram em conjunto.

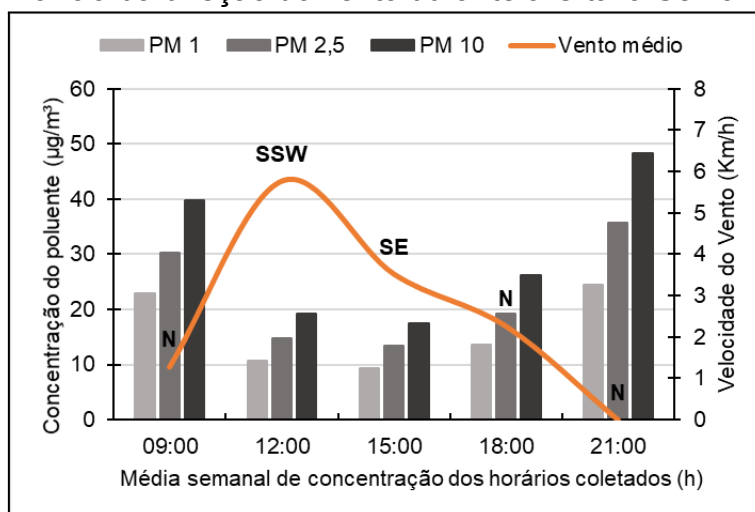
A tendência para esta semana também acompanhou a temperatura, uma vez que quando a temperatura apresentou baixa a concentração se apresentou alta, conseqüentemente a medida que a temperatura aumentou a concentração baixou.

A relação da temperatura com a umidade fica bem evidente na projeção média desta semana.

A condição climática predominante para a oitava semana foi ensolarado.

O Gráfico 16 aborda a predominância horária da direção do vento para a oitava semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, sendo a primeira das 10 semanas a apresentar uma moda para todos os horários coletados. Os mesmos apresentaram sequência de predominância de direção no 1º, 3º, 2º, 1º e 1º quadrante novamente, sendo elas: norte - N, su-sudoeste - SSW, sudeste - SE, norte - N e norte - N, respectivamente.

Gráfico 16 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Oitava Semana.

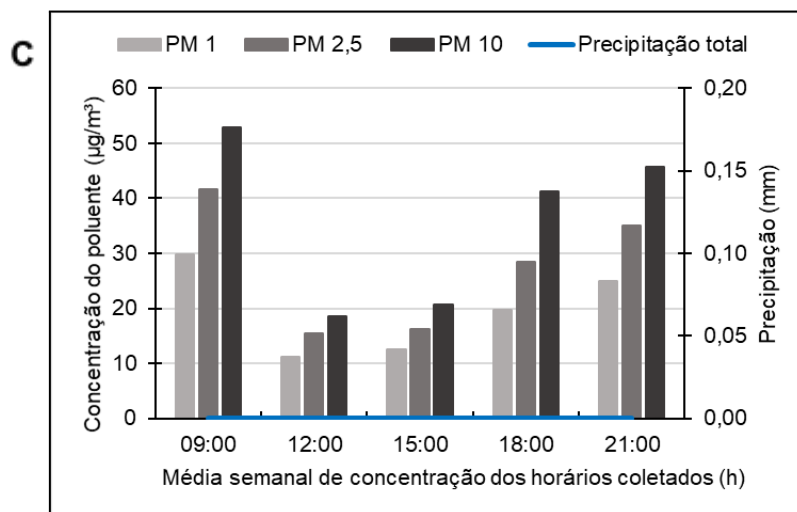
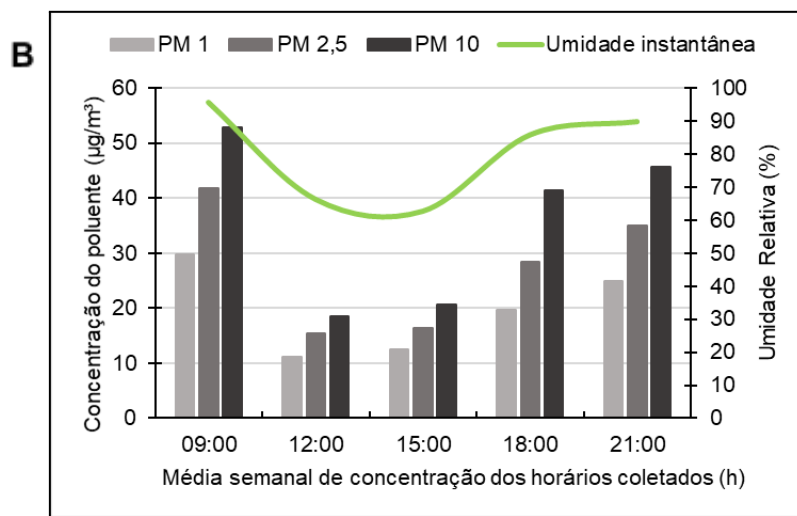
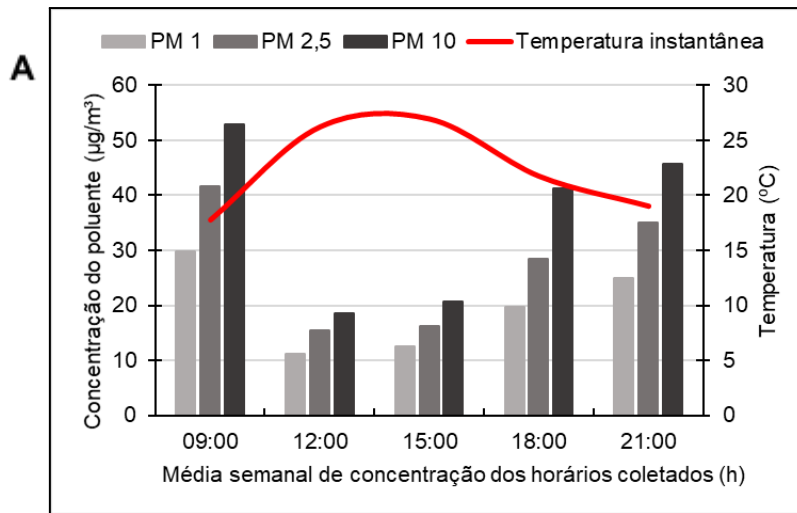


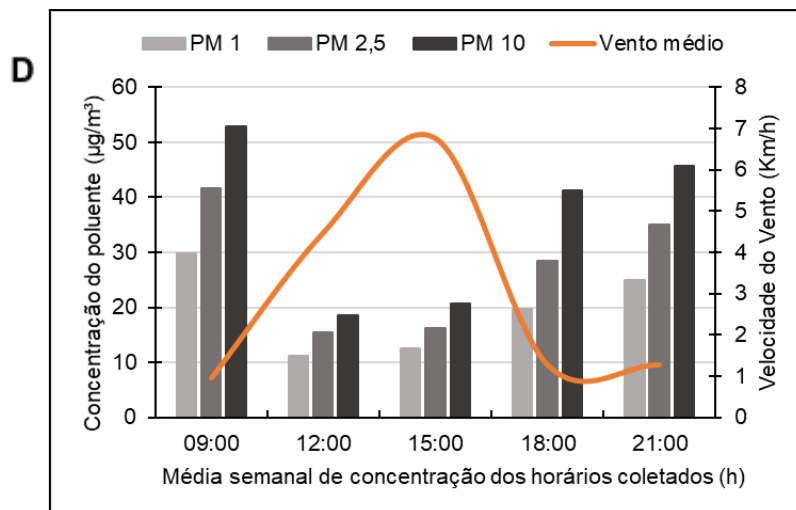
Fonte: Autor, 2023.

4.1.9 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a nona semana (maio)

O comportamento da concentração de MP durante a nona semana é apresentado no Gráfico 17.

Gráfico 17 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Nona Semana. **A:** em relação à temperatura; **B:** em relação a umidade relativa; **C:** em relação a precipitação e **D:** em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 17 é possível verificar que no decorrer da nona semana, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos para os horários das 12:00 e 15:00 horas. Os horários das 09:00 e 18:00 horas apresentaram maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, Apêndice F.

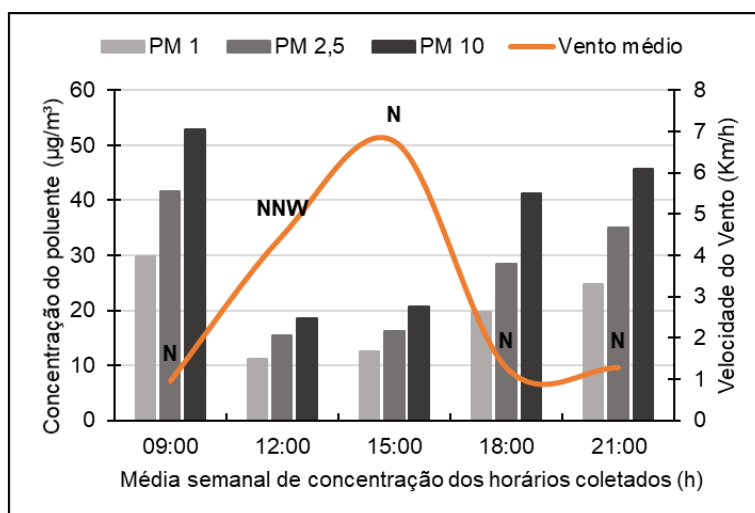
Não houve ocorrência de precipitação durante essa semana.

O panorama desta semana seguiu a tendência da umidade relativa e da temperatura como durante a oitava semana. A oscilação de velocidade do vento novamente mostra que quando a velocidade se mantém alta a concentração de MP se configura baixa, quando a velocidade do vento apresenta queda brusca a concentração dispara.

A condição climática predominante para a nona semana foi ensolarado.

O Gráfico 18 aborda a predominância horária da direção do vento para a nona semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante para todos os horários coletados. Os mesmos apresentaram sequência de predominância de direção no 1º, 4º, 1º, 1º e 1º quadrante novamente, sendo elas: norte - N, nor-noroeste - NNW, norte - N, norte - N e norte - N, respectivamente.

Gráfico 18 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Nona Semana.

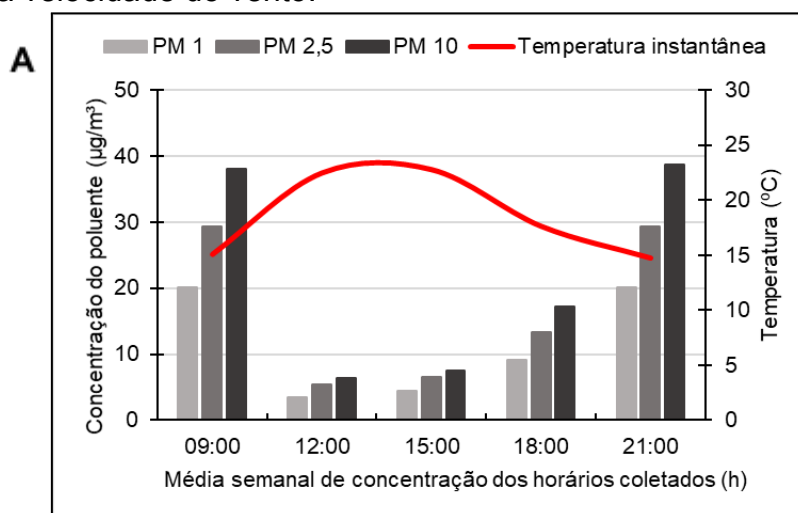


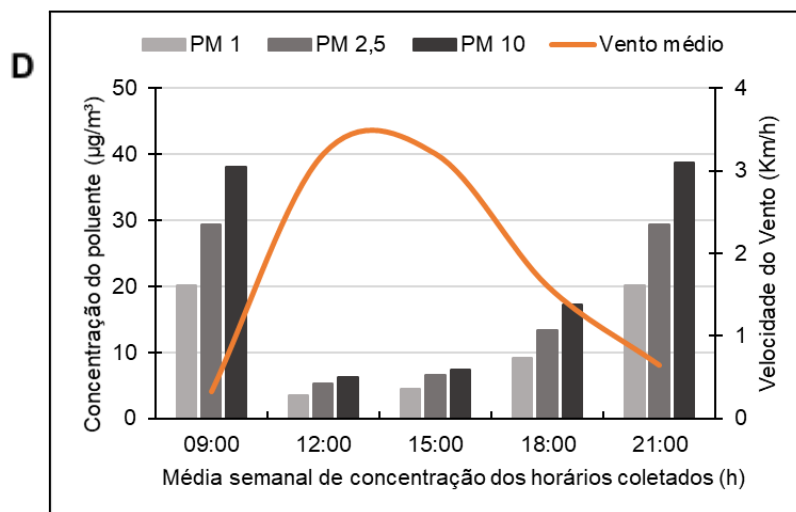
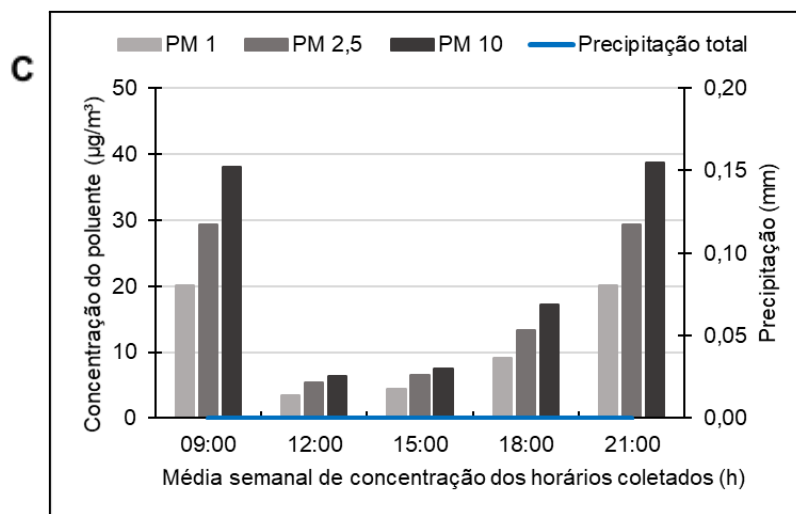
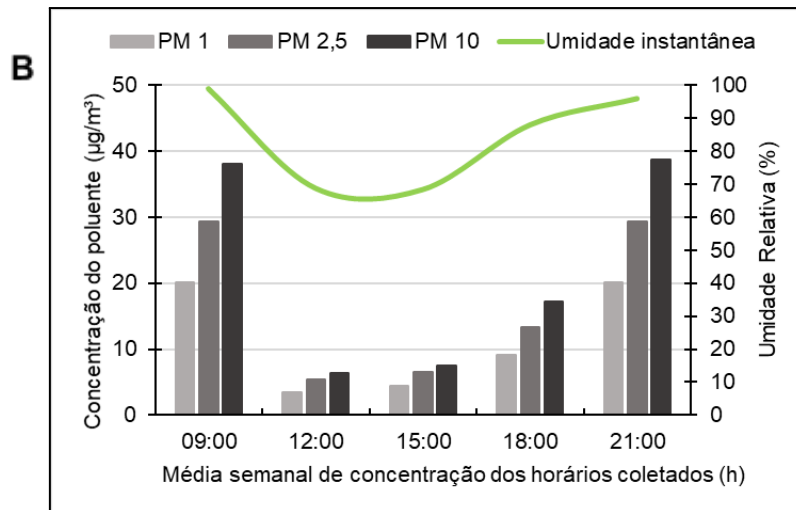
Fonte: Autor, 2023.

4.1.10 Concentração de MP em relação às variáveis meteorológicas durante a décima semana (maio e junho)

O comportamento da concentração de MP durante a décima semana é apresentado no Gráfico 19.

Gráfico 19 - Relação Média entre a concentração dos poluentes e o comportamento das variáveis meteorológicas durante a Décima Semana. **A**: em relação à temperatura; **B**: em relação a umidade relativa; **C**: em relação a precipitação e **D**: em relação a velocidade do vento.





Fonte: Autor, 2023.

Observando os resultados do Gráfico 19 é possível verificar que no decorrer da nona semana, os níveis de particulados apresentaram valores mais baixos para

os horários das 12:00 e 15:00 horas. O horário das 09:00 horas apresentou maior variação entre si, de acordo com o desvio padrão, Apêndice F.

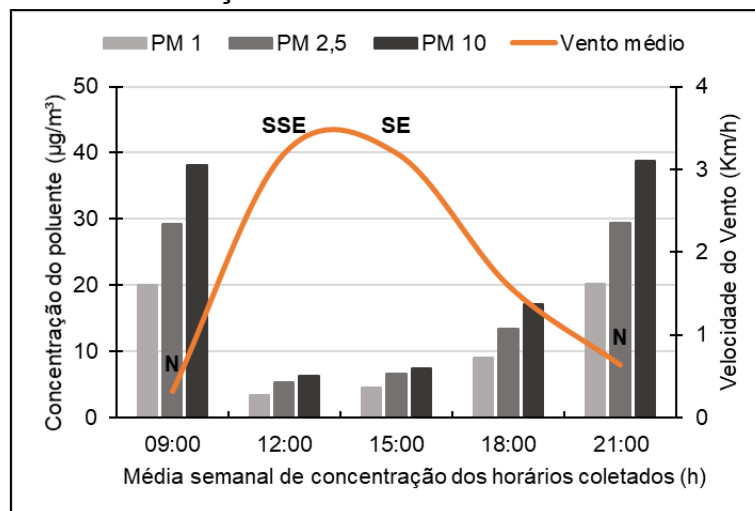
Não houve ocorrência de precipitação durante essa semana.

O panorama desta semana seguiu a tendência da umidade relativa, temperatura e velocidade do vento como durante a nona semana.

A condição climática predominante para a décima semana foi nublado no início e ensolarado ao final da semana.

O Gráfico 20 aborda a predominância horária da direção do vento para a quarta semana, onde foi possível verificar que para os horários observados os ventos apresentaram um padrão predominante de direção por quadrante, exceto o horário das 18:00 horas. Os demais horários apresentaram sequência de predominância de direção no 1º, 2º, 2º e 1º quadrante novamente, sendo elas: norte - N, su-sudeste - SSE, sudeste - SE e norte - N, respectivamente.

Gráfico 20 - Relação entre a concentração dos poluentes, média da velocidade do vento e predominância da direção do vento durante a Décima Semana.



Fonte: Autor, 2023.

4.2 PICOS HORÁRIOS DE CONCENTRAÇÃO DE MP

Os picos de concentração para os padrões de qualidade do ar da USEPA e CONAMA foram registrados nos dias, conforme o Quadro 18.

Quadro 18 - Identificação dos dias de pico de concentração de $MP_{2,5}$ em relação a umidade relativa e condição climática.

Data	Horários	Concentração de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Umidade Relativa (%)	Condição Climática
04/04/2023	18:00	39,3	72,75	Parcialmente claro
18/04/2023	21:00	29,2	92,8	Parcialmente nublado
26/04/2023	09:00	33,5	94,8	Chuvvas passageiras
27/04/2023	21:00	41,2	92,5	Parcialmente nublado
28/04/2023	21:00	34,6	91,4	Parcialmente nublado
04/05/2023	09:00	27	92,1	Nuvens esparsas
05/05/2023	18:00	34,5	91,6	Nublado
09/05/2023	21:00	25,8	92,3	Claro
10/05/2023	21:00	40,1	93,4	Claro
15/05/2023	21:00	39,5	95	Predominantemente nublado
18/05/2023	21:00	39,2	96	Claro
19/05/2023	21:00	47,1	96	Parcialmente nublado
22/05/2023	09:00	49,4	98	Predominantemente claro
23/05/2023	09:00	42,5	99	Ensolarado
24/05/2023	09:00	61,9	99	Ensolarado
25/05/2023	09:00	25,5	89	Ensolarado
30/05/2023	21:00	29,5	97	Nublado
31/05/2023	09:00	34	99	Nublado
01/06/2023	21:00	34,5	96	Claro
02/06/2023	09:00	46,3	99	Ensolarado

Fonte: Autor, 2023.

É possível identificar 10 registros de picos de concentração de $MP_{2,5}$ para às 21:00 horas, 8 registros para às 09:00 horas e 2 para às 18:00 horas. Os horários das 12:00 e 15:00 horas não apresentaram picos de concentração, pelo menos não com o maior valor registrado.

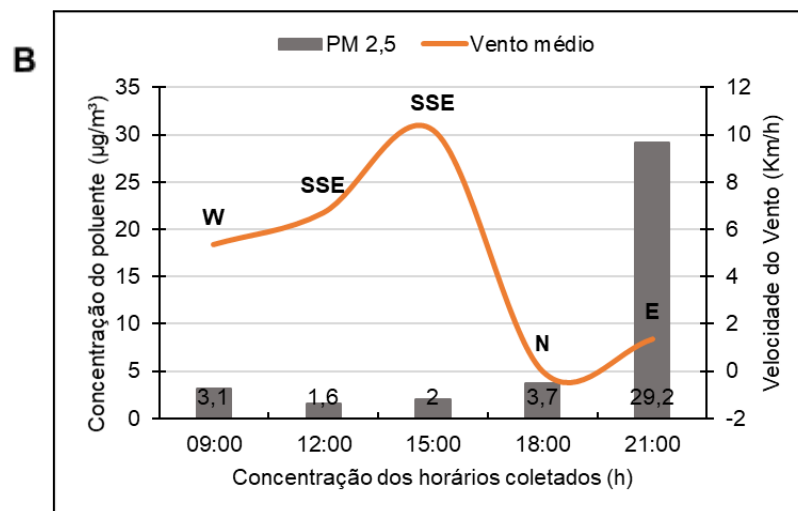
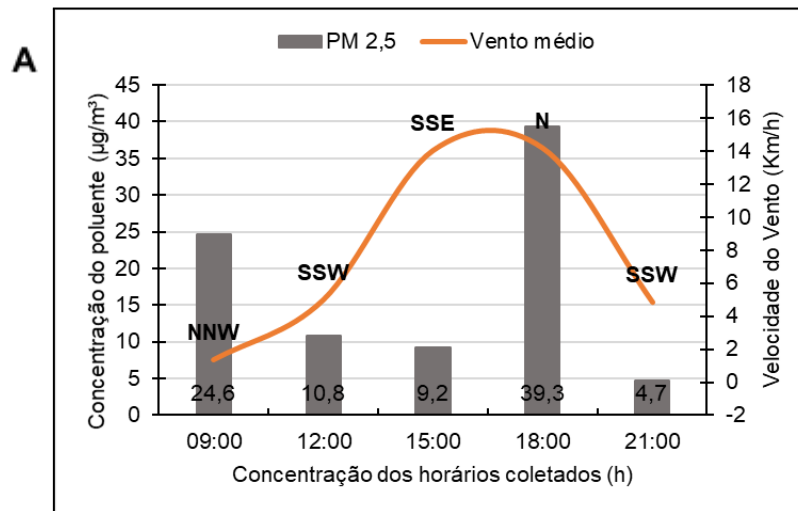
Dos 20 dias que registraram picos de concentração de $MP_{2,5}$, 8 apresentaram a condição climática com percepções de dias nublados, onde a umidade relativa se apresentava alta, sendo maior que 90% em praticamente todos os horários de pico.

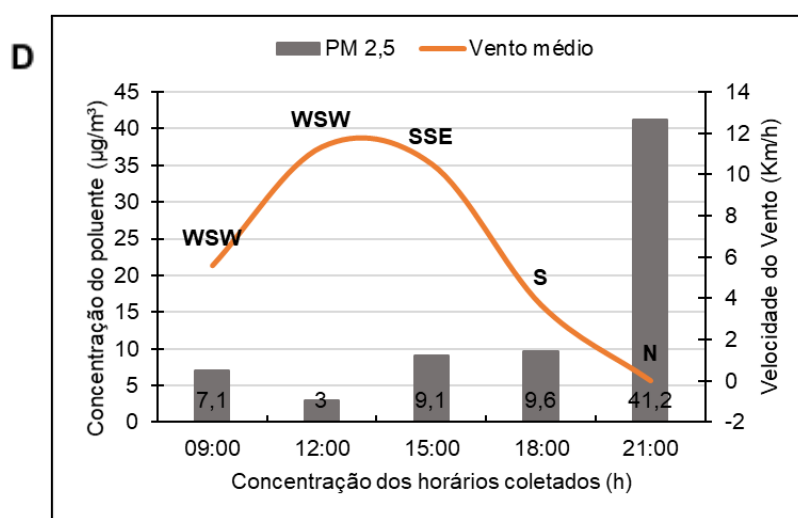
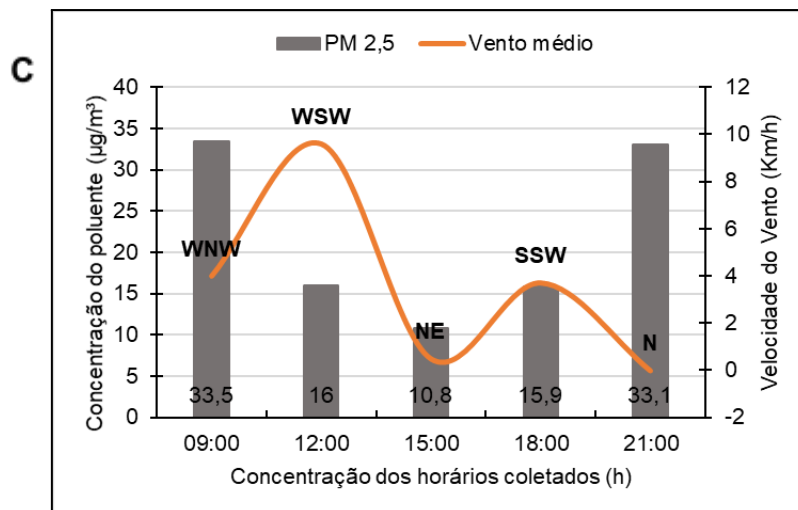
Essa condição, em especial no horário das 09:00 horas, remota as possíveis condições de cerração, nevoeiros, etc. que favorecem a suspensão dos particulados na atmosfera, como já mencionado pelos autores.

4.2.1 Picos horários de concentração em relação à dinâmica dos ventos

Em relação a velocidade e direção do vento, os Gráficos 21, 22, 23, 24 e 25 exibem o panorama de pico de concentração de $MP_{2,5}$ registrado.

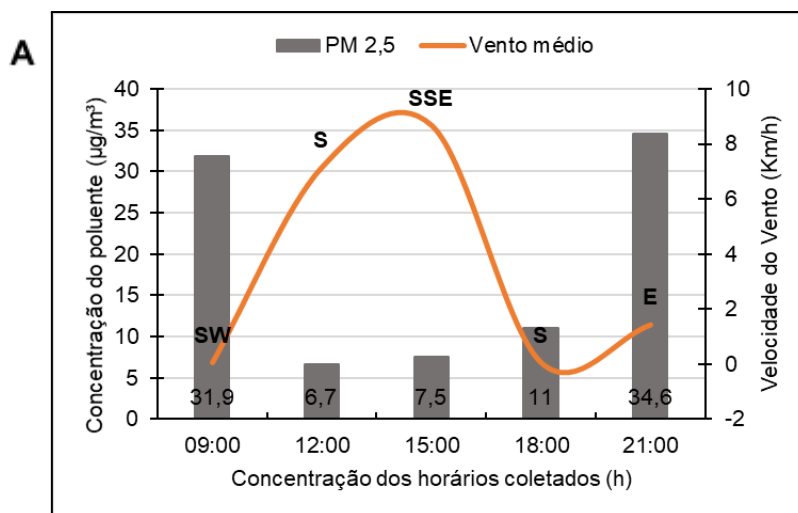
Gráfico 21 - Comportamento gráfico dos dias de pico. **A:** registrado em 04/04/2023; **B:** registrado em 18/04/2023; **C:** registrado em 26/04/2023 e **D:** registrado em 27/04/2023.

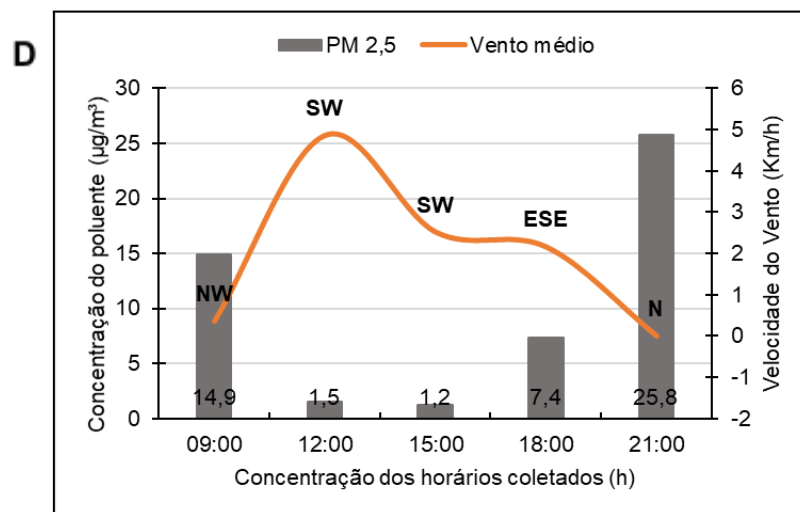
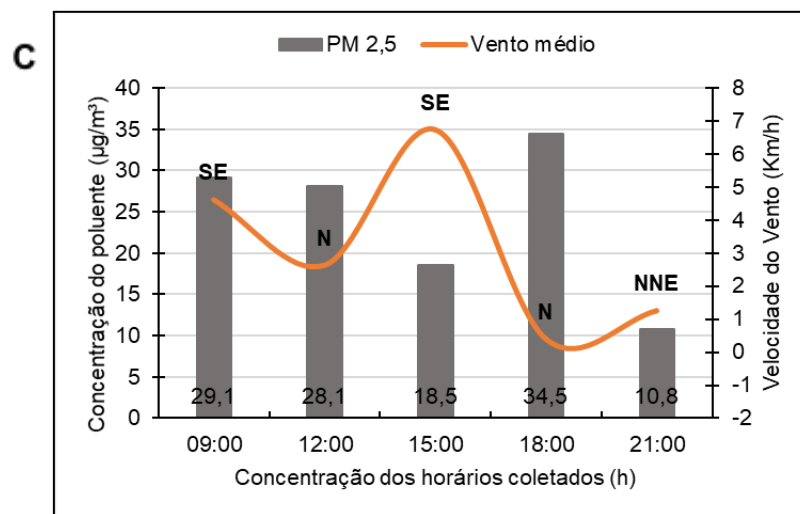
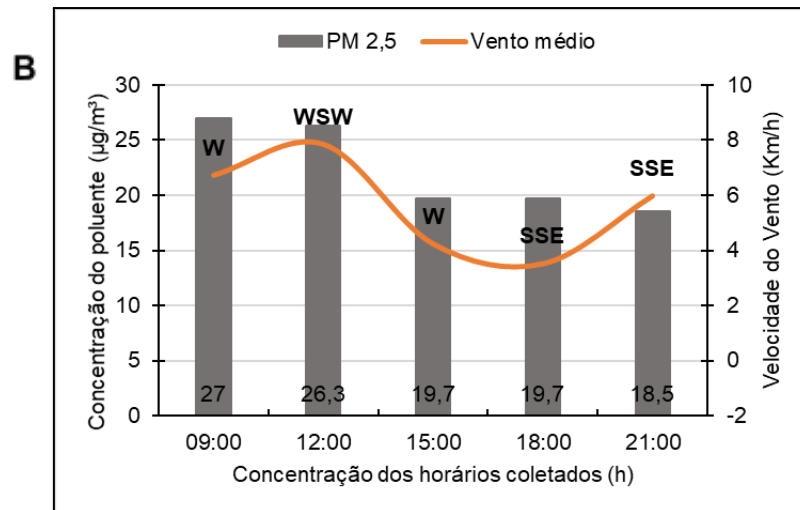




Fonte: Autor, 2023.

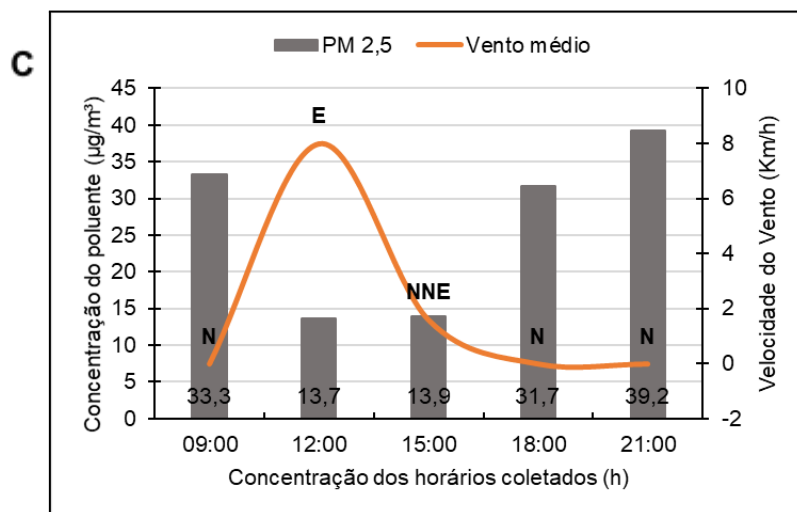
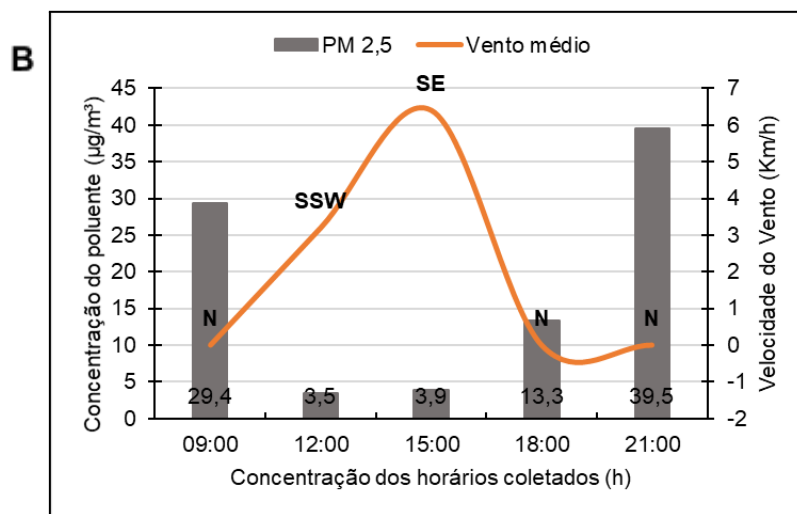
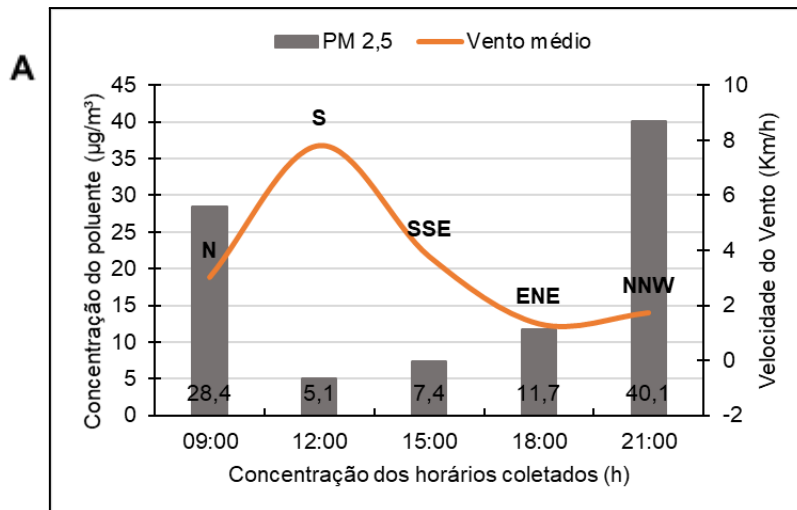
Gráfico 22 - Comportamento gráfico dos dias de pico. **A**: registrado em 28/04/2023; **B**: registrado em 04/05/2023; **C**: registrado em 05/05/2023 e **D**: registrado em 09/05/2023.

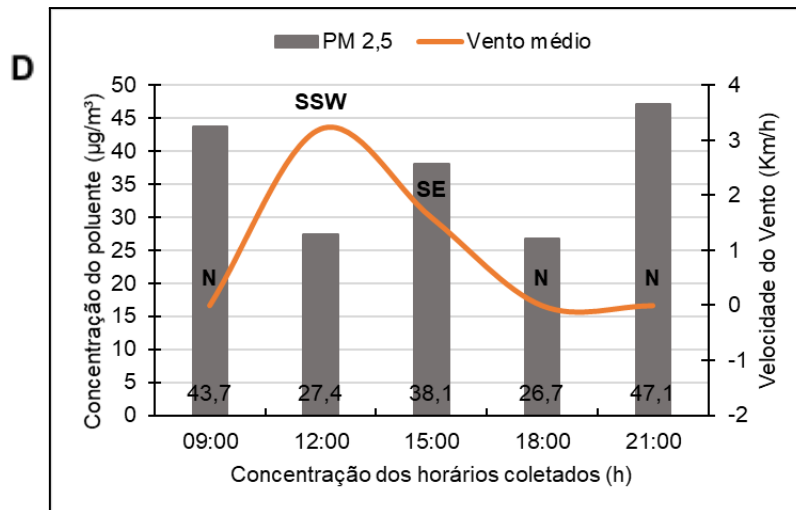




Fonte: Autor, 2023.

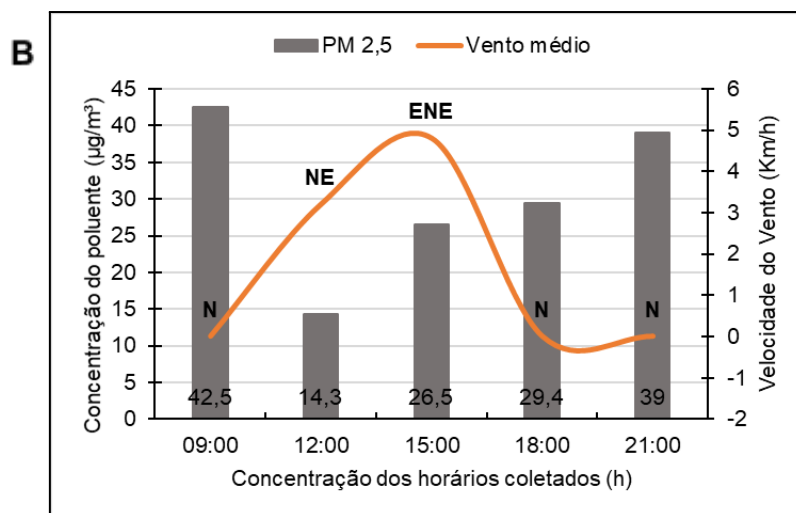
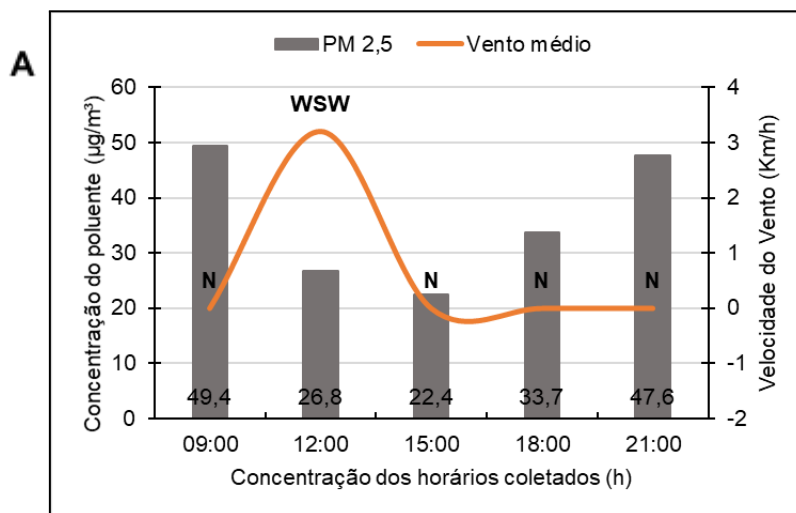
Gráfico 23 - Comportamento gráfico dos dias de pico. **A:** registrado em 10/05/2023; **B:** registrado em 15/05/2023; **C:** registrado em 18/05/2023 e **D:** registrado em 19/05/2023.

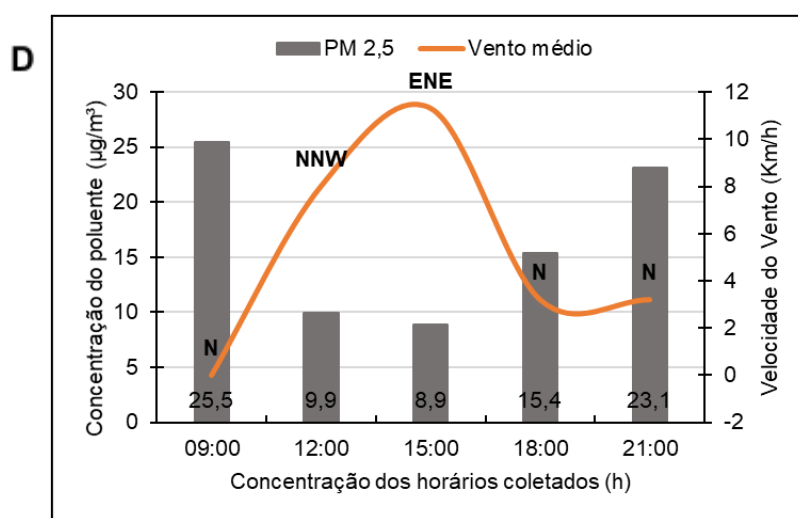
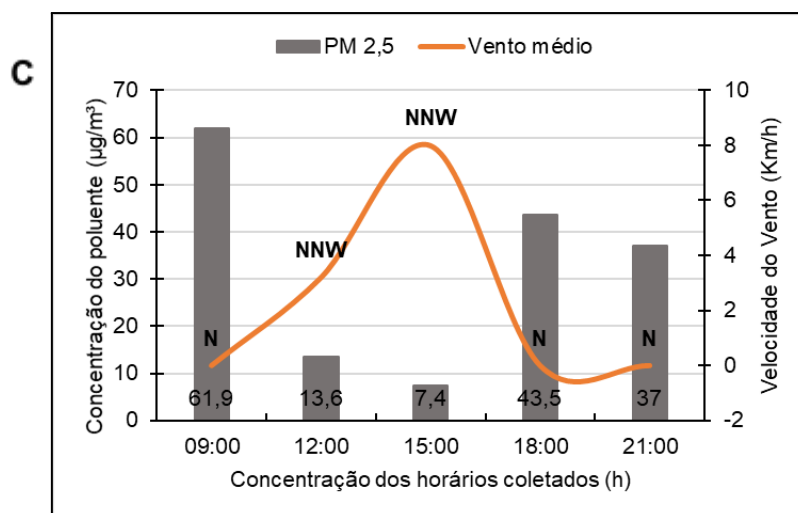




Fonte: Autor, 2023.

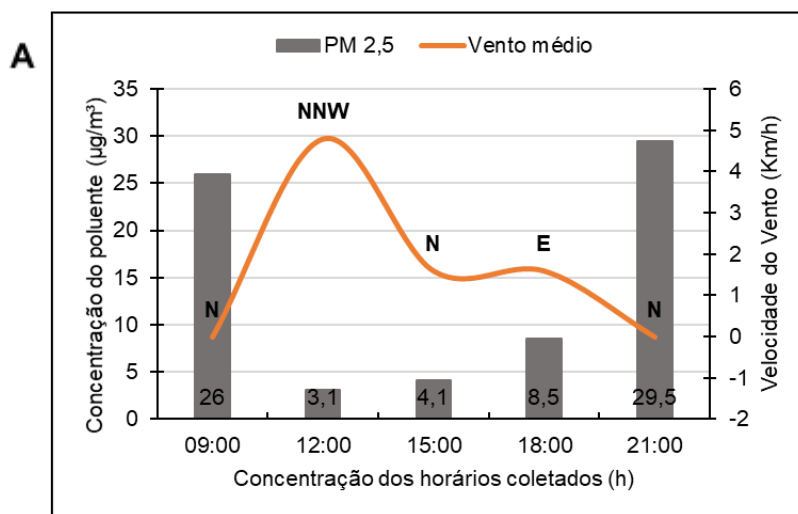
Gráfico 24 - Comportamento gráfico dos dias de pico. **A:** registrado em 22/05/2023; **B:** registrado em 23/05/2023; **C:** registrado em 24/05/2023 e **D:** registrado em 25/05/2023.

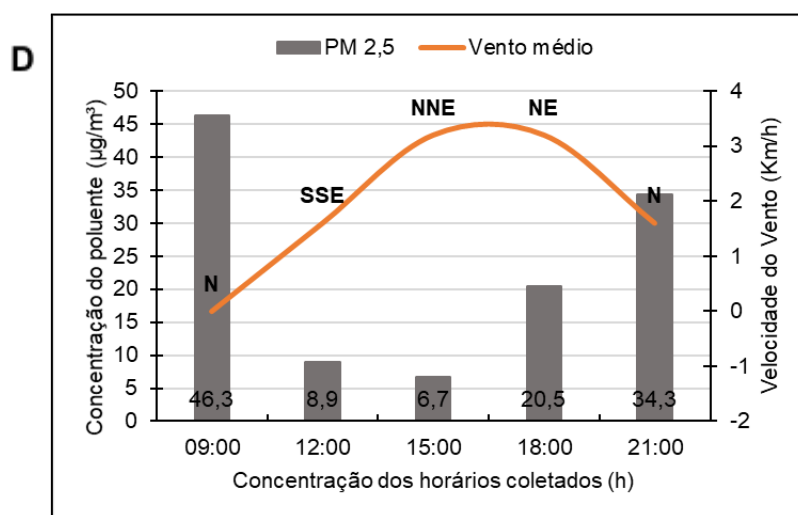
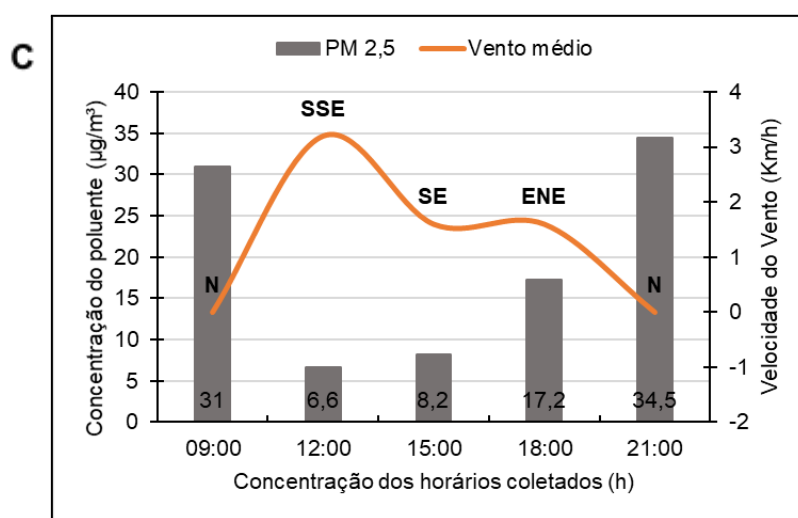
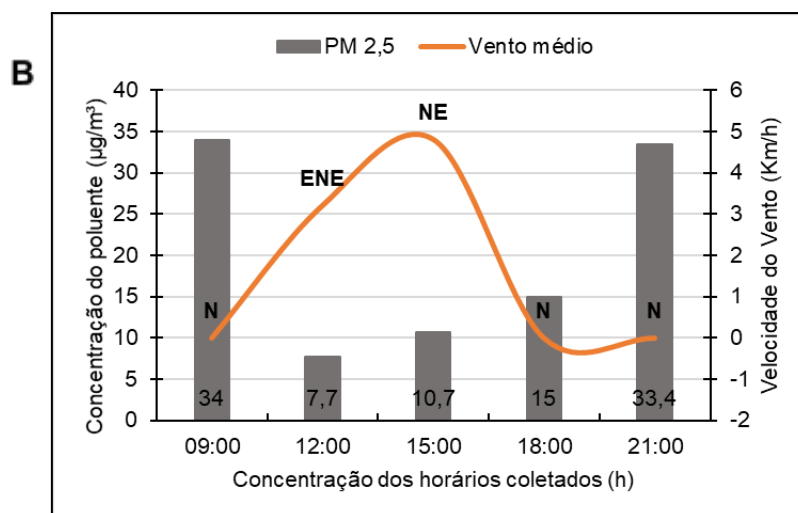




Fonte: Autor, 2023.

Gráfico 25 - Comportamento gráfico dos dias de pico. **A:** registrado em 30/05/2023; **B:** registrado em 31/05/2023; **C:** registrado em 01/06/2023 e **D:** registrado em 02/06/2023.





Fonte: Autor, 2023.

Analisando os panoramas gráficos deste item é possível identificar direções e velocidades predominantes para os horários de picos de concentração de $MP_{2,5}$.

Em conjunto aos horários de predominância dos picos já supracitados, as direções mais aparentes são advindas do primeiro quadrante da rosa dos ventos, ou seja, sendo representadas pelas direções: norte - N, nor-nordeste - NNE, nordeste - NE e lés-nordeste - ENE.

As velocidades dos ventos que apresentou predominância nos picos de concentração foram registradas sendo igual a zero ou bem próxima de zero.

Ainda houve ocorrências de baixas concentrações para ventos advindos do primeiro quadrante, mas com velocidades diferentes de zero, como as registradas nos dias 05/05/2023, 10/05/2023, 18/05/2023, 23/05/2023, 25/05/2023, 30/05/2023, 31/05/2023, 01/06/2023 e 02/06/2023.

As concentrações mais baixas, sendo mais ocorrentes nos horários 12:00 e 15:00 horas dos dias de pico, apresentaram velocidade do vento mais elevada e/ou diferente de zero. As direções apresentaram predominância para estes horários foram registradas como componentes do terceiro e segundo/primeiro quadrante respectivamente, sendo representadas pelas direções: sul - S, sul-sudoeste SSW, sudoeste - SO e oés-sudoeste - WSW (terceiro quadrante); leste - E, lés-sudeste ESE, sudeste - SE e sul-sudeste - SSE (segundo quadrante); e norte - N, nor-nordeste - NNE, nordeste - NE e lés-nordeste - ENE (primeiro quadrante).

Ainda houve ocorrências de altas concentrações para ventos advindos do segundo quadrante, mas com velocidades baixas e/ou próximas a zero, como as registradas nos dias 05/05/2023 e 19/05/2023.

Os ventos decorrentes do quarto quadrante, sendo representadas pelas direções: oeste - W, oés-noroeste - WNW, noroeste - NO e nor-noroeste - NNW, também estiveram envolvidos em horários de pico, sendo registrados nos dias 26/04/2023 e 04/05/2023. Suas velocidades foram registradas baixas, próximas a zero.

Essas constatações reafirmam a respeito do que já é trazido pelos autores citados neste trabalho, onde afirmam que a oscilação de velocidade do vento influencia diretamente na dispersão dos particulados, conseqüentemente em sua concentração. “Quanto mais veloz for o vento, maior será a probabilidade de o poluente ser diluído na atmosfera” (SOUZA, 2010, p. 08).

5. CONCLUSÃO

Observando os dados coletados, os registros e os panoramas de concentração em relação às variáveis meteorológicas, sendo eles os valores estatísticos e picos de concentração juntamente com os apontamentos abordados na fundamentação teórica sobre as problemáticas envolvidas no quesito poluição atmosférica é possível afirmar que as variáveis meteorológicas apresentam influência significativa sobre a concentração de particulados na atmosfera.

As médias semanais mostram um perfil recorrente quando se relacionam os níveis de concentração de MP com a temperatura e umidade relativa. Esse comportamento, diga-se de passagem, quase que padrão, deixa claro como essa dinâmica segue um “roteiro diário” para a estação no qual foi desenvolvido esse trabalho, com temperaturas mais baixas pela manhã, entardecer e noite, e mais elevadas ao longo do dia; com umidade relativa mais elevada pela manhã, entardecer e noite, e mais baixas ao longo do dia.

A precipitação se mostrou uma grande influência para a deposição úmida dos particulados, nos registros em que houve sua ocorrência, a concentração sempre resultava em baixas.

A dinâmica dos ventos, de modo particular e como objetivo principal de análise deste trabalho se mostrou um grande agente influenciador na dispersão de particulados.

Os registros apontam que essa variável deve ser analisada de forma conjunta a suas direções e velocidades, uma vez que em dias de velocidades baixas ou iguais a zero, o nível de concentração apresentou valores mais elevados, sendo estes exibidos no item 4.2. Todavia, em registros de velocidades mais elevadas, os níveis caíram consideravelmente.

Essa regra nem sempre acompanhou a variável de direção, pois em alguns casos os ventos de direções do primeiro quadrante estavam sempre mais associados com pioras nos níveis de concentração, enquanto ventos das direções do terceiro e segundo quadrante apresentavam mais baixas para os níveis de concentração.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho não se preocupou em discutir rigor entre legislações estadunidenses e brasileiras, o que seria um tema a ser abordado em outro trabalho. Os cálculos de IQAr não seguiram a regra de média diária prevista no CONAMA, visto que o intuito era descobrir e discutir concentrações pontuais e relacioná-las à dinâmica das variáveis atmosféricas.

Uma continuação para este trabalho seria investigar o comportamento de concentração com as mesmas variáveis em outras estações do ano, uma vez que este trabalho desenvolveu-se majoritariamente durante o outono. Como também identificar as possíveis fontes de contribuição para o local onde se desenvolveu este trabalho.

REFERÊNCIAS

AIRLINK. **Air Quality Sensor User Guide**. AirLink. Davis instruments. 2020.

Disponível em:

<https://support.davisinstruments.com/article/98sqa2oqss-manual-air-link-air-quality-sensor-user-guide-7210>. Acesso em: 06 maio 2023.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 1ª reimpressão. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 318 p.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 5/1989, de 15 de junho de 1989.

Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.

Poder Executivo, Brasília, DF, de 25 de agosto de 1989, Seção 1, p. 14713-14714

Disponível em:

<https://www.suape.pe.gov.br/pt/publicacoes/245-resolucao/167-resolucao-conama-n-5-de-15-de-junho-de-1989?layout=publicacoes>. Acesso em: 31 mar. 2023.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 18/1986, de 06 de maio de 1986.

Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Poder Executivo, Brasília, DF, de 06 de maio de 1986, Seção 1, p. 8792-8795. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=41. Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 297/2002, de 26 de fevereiro de 2002.

Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. Poder Executivo, Brasília, DF, de 26 de fevereiro de 2002, Seção 1, p. 86-88. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=294. Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA nº 491/2018, de 19 de novembro de 2018.

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Poder Executivo, Brasília, DF, de 21 de novembro de 2018, Seção 1, p. 155-156. Disponível em:

<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 31 mar. 2023.

BRASIL. Constituição (1993). Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993. **Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras**

providências. Brasília, DF, 29 out. 1993. Seção 1, p. 1-28. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8723.htm. Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva - INCA. Ministério da Saúde. **Poluição do ar, câncer e outras doenças: o que você precisa saber ?**

2021. Disponível em:

https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/cartilha_poluicao_do_ar_impressao.pdf. Acesso em: 04 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Poluição do ar**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poluentes/poluicao-do-ar>. Acesso em: 04 maio 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar**. 2023. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. Acesso em: 04 maio 2023.

BRITO, Gabriel Ferreira da Silva; SODRÉ, Fernando Fabriz; ALMEIDA, Fernanda Vasconcelos de. Impact of Particulate Matter on Air Quality. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 1335-1354, 2018. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180092>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328919041_Impact_of_Particulate_Matter_on_Air_Quality. Acesso em: 30 mar. 2023.

CANÇADO, José Eduardo Delfini et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 5-11, maio 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-37132006000800003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/yH38LJFNcw4yCMRR5zdqW8m/?lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2023.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Umidade relativa cai em nível de emergência no Ceará**. 2015. FUNCEME. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=1316>. Acesso em: 06 maio 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **PADRÕES E ÍNDICES: Índice de qualidade do ar e saúde**. 2023a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 31 mar. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **QUALIDADE DO AR: Poluentes**. 2023b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Redes de Monitoramento**. 2023c. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/redes-de-monitoramento/>. Acesso em: 06 maio 2023.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2. ed. São Paulo: Signus, 2000. 192.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3. ed. São Paulo: Signus, 2007. 192.

DONATO, Ricardo da Silva; PETERSON, Michael; PAVEI, Paula Tramontin. **AVALIAÇÃO DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA QUALIDADE DO AR AMBIENTAL EM ÁREA URBANA**. 2022. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2022.

EPAGRI (Santa Catarina). CIRAM. **Agroconnect**. 2023. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GOMES, João Fernando Pereira. **Poluição atmosférica**: um manual universitário. 2. ed. Porto: Polindústria, 2010. 266 p.

KANSKI, Alison. The World's Greenhouse Gas Emissions in One Graphic. **The Australian**, 2015. Disponível em: <https://www.theaustralian.com.au/news/the-worlds-greenhouse-gas-emissions-in-one-graphic/news-story/53cee925fd24465b88b8ede1daea85c4>. Acesso em: 04 maio 2023.

LAGO, Davi. Estado da qualidade do ar no Brasil. **Veja**, 2021. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/matheus-leitao/estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil/>. Acesso em: 04 maio 2023.

LCQAR. Laboratório de Controle da Qualidade do Ar. **Avaliação do Impacto das Emissões Veiculares, Queimadas, Industriais e Naturais na Qualidade do Ar em Santa Catarina - ano base 2020**, Coordenação técnica Dr. Leonardo Hoinaski; Florianópolis: LCQAR, 2020. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/projeto-avaliacao-do-ar/1906-avaliacao-do-impacto-das-emissoes-santa-catarina-2020/file>. Acesso em: 04 maio 2023.

LCQAR. Laboratório de Controle da Qualidade do Ar. **Emissões Industriais no Estado de Santa Catarina - ano base 2019**, Coordenação técnica Dr. Leonardo Hoinaski; Florianópolis: LCQAR, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/224649>. Acesso em: 31 mar. 2023.

LCQAR. Laboratório de Controle da Qualidade do Ar. **Emissões Veiculares no Estado de Santa Catarina - ano base 2017**, Coordenação técnica Dr. Leonardo Hoinaski; Florianópolis: LCQAR, 2017. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/projeto-avaliacao-do-ar/1907-inventario-de-emissoes-veiculares-2017/file>. Acesso em: 05 maio 2023.

MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri; GOUVEIA, Nelson. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 19, n. 10, p. 4141-4147, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/WctGzcT5NMPncqyXH64Ymt/?lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MOREIRA, Davidson Martins; TIRABASSI, Tiziano; MORAES, Marcelo Romero de. Meteorologia e poluição atmosférica. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 1, junho de 2008, p. 1-13. UNIPAMPA (SciELO). <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/VMNkStGKNBbNDZsSyQmjKxD/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PINTO, Josefa Eliane Santana de Siqueira. **SATURAÇÃO E CONDENSAÇÃO DO AR**. In: SERGIPE. Universidade Federal de Sergipe - UFS, 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/50194186-Saturacao-e-condensacao-do-ar.html>. Acesso em: 09 jun. 2023.

RIBEIRO, Elizene Veloso; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan; HORN, Adolf Heinrich; TRINDADE, Wallace Magalhães. COMPORTAMENTO DO VENTO E ASPECTOS GEOMÓRFICOS QUE CONDICIONAM A MOVIMENTAÇÃO DA PLUMA DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DO DISTRITO INDUSTRIAL DE PIRAPORA - MG. **Geographia**, [S.L.], v. 22, n. 48, p. 01-15, 20 jul. 2020. Pró Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/geographia2020.v22i48.a14103>. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/14103>. Acesso em: 30 mar. 2023.

RIGO, Diego Schleder; COLOMBO, Rafael; GRUB, Julian. **A real problematização e controle da poluição atmosférica no Brasil**. In: 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2008, Bento Gonçalves – Rs, Brasil, 2008. p. 1-8. Disponível em: https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=53&ano=_primeiro. Acesso em: 04 maio 2023.

SANTA CATARINA. CONSEMA. Resolução CONSEMA nº 190/2022, de 01 de abril de 2022. **Estabelece as diretrizes para os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos de fontes fixas e critérios para o controle da Qualidade do Ar nas áreas de influência direta da atividade**. Poder Executivo, Florianópolis, SC, de 17 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=431624>. Acesso em: 31 mar. 2023.

SANTOS, Vladimir Aparecido dos; SILVA, Charlei Aparecido da. O CLIMA DE DOURADOS (MS) E A PROPOSIÇÃO DE UM ROTEIRO METODOLÓGICO SIMPLES PARA ENTENDER A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE ÁREAS URBANAS. **REVISTA GEONORTE**, [S. I.], v. 3, n. 4, p. 969-982, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2159>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SÃO PAULO. Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas. **Umidade relativa do ar**. Prefeitura de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>. Acesso em: 05 maio 2023.

SEDDON, Jessica; CONTRERAS, Seth; ELLIOTT, Beth. **5 impactos pouco conhecidos da poluição do ar**: a poluição do ar afeta a água e o clima local. A poluição do ar afeta a água e o clima local. 2019. WRI Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/5-impactos-pouco-conhecidos-da-poluicao-do-ar#:~:text=A%20polui%C3%A7%C3%A3o%20atmosf%C3%A9rica%20afeta%20quase,de%20fertilidade%20e%20leucemia%20infantil>. Acesso em: 04 maio 2023.

SILVEIRA, Rafael Brito; ALVES, Maikon Passos Amiltos; MURARA, Pedro. ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS NO LITORAL DE SANTA CATARINA. In: X SIMPÓSIO BRASILEIROS DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 10., 2014, Curitiba. **Anais do XI SBCG**. 2014. v. 1, p. 380-392. Disponível em: <http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/80.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2018.

SOUZA, Natan Felipe. **A QUALIDADE DO AR EM MORRO DA FUMAÇA E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE DA POPULAÇÃO**. 2010. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124521/242.pdf?sequence=1>.
Acesso em: 27 mar. 2023.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Wildfire Smoke and Your Patients' Health: The Air Quality Index**: health-based categories of air quality. 2022a. Disponível em:
<https://www.epa.gov/wildfire-smoke-course/wildfire-smoke-and-your-patients-health-air-quality-index>. Acesso em: 06 maio 2023.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Particulate Matter (PM) Pollution**: health and environmental effects of particulate matter (PM). Disponível em:
<https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>. 2022b. Acesso em: 30 mar. 2023.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **NAAQS Table**. Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. 2023. Acesso em: 07 jun. 2023.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality**. 2018. Disponível em:
<https://www.airnow.gov/publications/air-quality-index/technical-assistance-document-for-reporting-the-daily-aqi/>. Acesso em: 07 maio 2023.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. Tradução 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p.

WHO. World Health Organization. **Poluição do ar**. 2023. Disponível em:
https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2. Acesso em: 18 mar. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A - DADOS COLETADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS (PRIMEIRA A QUINTA SEMANA)

Mês	Dia	Horário	°C	%	mm	Km/h	Direção do vento médio
Março/Abril			Temperatura instantânea	Umidade instantânea	Precipitação total	Vento médio	
Primeira semana	29/03/2023	09:00	27,16	70,87	0	1,62	ENE
		12:00	33,34	56,96	0	8,21	SE
		15:00	27,16	77,45	0	9,11	NNW
		18:00	24,62	84,2	0,4	4,54	NE
		21:00	23,09	87,6	0	2,81	WNW
	30/03/2023	09:00	26,21	74,21	0	3,31	WNW
		12:00	30,56	54,88	0	4,79	ENE
		15:00	30,42	66,69	0	9,32	SE
		18:00	25,34	80,5	0	5,94	S
		21:00	23,39	89,8	0	2,84	WNW
	31/03/2023	09:00	25,14	80,5	0	4,03	W
		12:00	30,05	61,82	0	4,46	WNW
		15:00	30,89	63,03	0	12,67	SSE
		18:00	27,27	72,18	0	5,33	E
		21:00	22,29	93,5	0	2,59	NNW
Segunda semana	03/04/2023	09:00	23,63	68,64	0	1,26	N
		12:00	27,66	49,89	0	2,88	ESE
		15:00	30,07	46,11	0	5,26	N
		18:00	26,11	63,41	0	10,55	E
		21:00	20,44	88,8	0	2,02	WNW
	04/04/2023	09:00	24,69	73,79	0	1,33	NNW
		12:00	31,34	52,7	0	4,97	SSW

		15:00	28,75	60,7	0	14,04	SSE	
		18:00	25,24	72,75	0	14,18	N	
		21:00	23,77	86,1	0	4,82	SSW	
	05/04/2023	09:00	24,43	78,02	0	6,52	WSW	
		12:00	24,93	79,28	0	9,94	SSE	
		15:00	25,49	74,82	0	8,57	SSE	
		18:00	21,77	88,4	0	8,1	SE	
		21:00	20,68	90,9	0,2	7,24	NNW	
		06/04/2023	09:00	20,72	89,6	0	3,46	WSW
	12:00		21,1	90	1,4	3,89	NNW	
	15:00		20,21	91,7	1,6	3,64	SSE	
	18:00		20,03	92,4	0,2	1,26	NNE	
	21:00		19,93	93,3	0	0,83	N	
	07/04/2023	09:00	20,16	91,4	0	5,47	WNW	
		12:00	21,74	85,9	0	4,36	WSW	
		15:00	19,86	92,5	0,6	12,42	E	
		18:00	19,89	92,6	0	4,43	W	
		21:00	19,13	94,5	0,6	2,92	W	
	Terceira semana	10/04/2023	09:00	24,91	75,95	0	0,07	WNW
			12:00	29,67	60,34	0	3,6	E
15:00			30,63	55,52	0	8,42	SE	
18:00			25,75	77,09	0	2,3	ESE	
21:00			21,33	92,1	0	0,76	N	
11/04/2023		09:00	24,81	79,99	0	3,2	E	
		12:00	30,9	51,99	0	3,89	NE	
		15:00	31,8	55,53	0	9,22	E	

		18:00	27,79	72,66	0	7,74	E
		21:00	23,74	84,9	0	2,84	NE
	12/04/2023	09:00	26,1	75,22	0	1,94	W
		12:00	34,63	42,91	0	4,18	NE
		15:00	35,09	40,52	0	6,34	S
		18:00	29,98	60,61	0	5,4	ENE
		21:00	24,76	81,6	0	6,8	WNW
		09:00	23,7	88,2	0	9,22	SW
	13/04/2023	12:00	25,45	74,97	0	14,76	S
		15:00	23,27	80,8	0	9,5	SSW
		18:00	21,29	89	0	8,71	WSW
		21:00	20,62	91,5	0	7,13	WNW
		09:00	19,7	94,6	0,6	4,39	W
	14/04/2023	12:00	20,55	90,5	0	4,25	WNW
		15:00	20,96	90,7	0,4	0,68	NW
		18:00	20,42	93	0,2	0,29	NW
		21:00	19,38	93,4	1,4	.3,02	ENE
		09:00	23,22	90,4	0	1,66	WSW
	Quarta semana	17/04/2023	12:00	26,38	74,62	0	3,96
15:00			23,95	77,75	0	13,14	SSE
18:00			21,89	76,57	0	7,92	SSW
21:00			19,45	85,8	0	6,26	NW
09:00			22,02	74,09	0	5,36	W
18/04/2023		12:00	24,08	65,02	0	6,7	SSE
		15:00	23,11	70,83	0	10,19	SSE
		18:00	-	-	-	-	-

	19/04/2023	21:00	15,85	92,8	0	1,37	E
		09:00	19,86	67,13	0	2,41	SSE
		12:00	24,11	34,37	0	15,77	W
		15:00	22,12	38,51	0	14,54	W
		18:00	17,91	56,61	0	8,17	SW
		21:00	15,8	63,99	0	14,18	WNW
	20/04/2023	09:00	19,01	55,39	0	10,87	WSW
		12:00	23,56	43,74	0	11,66	WSW
		15:00	25,49	40,58	0	7,42	SSW
		18:00	-	-	-	-	-
		21:00	12,92	91,1	0	1,58	ENE
	21/04/2023	09:00	19,42	77,46	0	0,14	NW
		12:00	24,51	56,16	0	4,5	NNE
		15:00	23,5	65,21	0	11,3	ESE
		18:00	21,89	71,65	0	10,44	E
21:00		20	81,1	0	3,71	ENE	
Quinta semana	24/04/2023	09:00	24,84	72,43	0	8,21	ENE
		12:00	27,61	58,75	0	9,4	NE
		15:00	27,65	61,08	0	11,02	ENE
		18:00	24,39	72,07	0	6,55	ENE
		21:00	21,68	87,5	0	4,07	N
	25/04/2023	09:00	23,01	74,29	0	1,8	NNW
		12:00	27,27	58,3	0	5,98	NNE
		15:00	26,95	66,75	0	7,81	ESE
		18:00	-	-	-	-	ENE
		21:00	21,5	88,2	0	4,1	E

	26/04/2023	09:00	20,31	94,8	0,2	4	WNW
		12:00	23,34	81,9	0	9,58	WSW
		15:00	23,45	81,8	0,2	0,5	NE
		18:00	20,55	92,5	0	3,71	SSW
		21:00	18,36	93,3	0	0	N
	27/04/2023	09:00	22,79	74,1	0	5,58	WSW
		12:00	26,24	53,17	0	11,34	WSW
		15:00	25,9	65,48	0	10,51	SSE
		18:00	22,2	74,46	0	3,67	S
		21:00	17,09	92,5	0	0	N
	28/04/2023	09:00	21,3	79,62	0	0,07	SW
		12:00	25,37	53,89	0	7,16	S
		15:00	24,97	54,15	0	8,68	SSE
		18:00	20,97	73,83	0	0,07	S
		21:00	15,72	91,4	0	1,44	E

APÊNDICE B - DADOS COLETADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS (SEXTA A DÉCIMA SEMANA)

Mês	Dia	Horário	°C	%	mm	Km/h	Direção do vento médio
Maio/Junho			Temperatura instantânea	Umidade instantânea	Precipitação total	Vento médio	
Sexta semana	01/05/2023	09:00	23,21	73,34	0	0,4	E
		12:00	30,08	47,44	0	6,55	S
		15:00	29,42	48,71	0	15,66	ESE
		18:00	23,53	76,61	0	0	N
		21:00	22,57	89	0	4,25	WNW

	02/05/2023	09:00	22,4	90,6	0	1,98	SW
		12:00	26,19	68,96	0	6,23	S
		15:00	24,31	82,2	0	8,82	S
		18:00	22,85	87	0	3,6	S
		21:00	21,93	91,3	0	2,99	SSW
	03/05/2023	09:00	22,53	90,5	0	1,33	NNW
		12:00	25,21	76,65	0	1,8	WSW
		15:00	25,89	73,01	0	2,41	SE
		18:00	23,74	81,4	0	6,66	E
		21:00	22,33	93	2,8	5,33	ESE
	04/05/2023	09:00	22,53	92,1	0	6,73	W
		12:00	25,06	82,9	0	7,85	WSW
		15:00	24,55	86,1	0	4,25	W
		18:00	23,71	89,5	0	3,53	SSE
		21:00	22,5	94	0	5,98	SSE
	05/05/2023	09:00	22,99	92,7	0	4,61	SE
		12:00	25,49	80,5	0	2,63	N
		15:00	25,13	84	0	6,73	SE
		18:00	23,52	91,6	0	0,4	N
		21:00	22,05	94,7	0,2	1,26	NNE
Sétima semana	08/05/2023	09:00	24,91	86,3	0	0,25	NNW
		12:00	24,72	79,15	0	15,77	SSE
		15:00	22,75	81,5	0	7,34	SEE
		18:00	22,27	82,6	0	2,63	SE
		21:00	20,76	92,4	0	0	N
	09/05/2023	09:00	20,88	77,8	0	0,36	NW

		12:00	25,1	41,67	0	4,86	SW
		15:00	26,47	36,98	0	2,52	SW
		18:00	18,31	78,78	0	2,16	ESE
		21:00	14,31	92,3	0	0	N
	10/05/2023	09:00	17,46	82,6	0	3,02	N
		12:00	23,95	52,32	0	7,81	S
		15:00	22,7	61,84	0	3,78	SSE
		18:00	17,54	85	0	1,33	ENE
		21:00	13,9	93,4	0	1,73	NNW
	11/05/2023	09:00	19,39	72,9	0	7,56	SW
		12:00	21,89	47,93	0	17,1	SW
		15:00	22,5	46,99	0	9,61	WSW
		18:00	14,48	83,2	0	5,15	NW
		21:00	13,5	89,2	0	1,44	N
	12/05/2023	09:00	16,56	84,8	0	11,88	WSW
		12:00	19,24	74,65	0	10,94	NW
		15:00	20,4	63,57	0	5	W
		18:00	17,42	83,4	0	1,12	NW
		21:00	12,9	91,9	0	0	N
	Oitava semana	15/05/2023	09:00	15,6	99	0	0
12:00			25,4	55	0	3,2	SSW
15:00			25,7	52	0	6,4	SE
18:00			17,1	87	0	0	N
21:00			13,6	95	0	0	N
16/05/2023		09:00	16,7	93	0	6,4	SW
		12:00	22,3	70	0	8	SSW

		15:00	22,4	70	0	8	SSW
		18:00	17,8	85	0	0	N
		21:00	15,8	96	0	0	N
	17/05/2023	09:00	14,6	99	0	0	N
		12:00	21,9	70	0	6,4	ENE
		15:00	23,1	66	0	0	N
		18:00	19,2	78	0	11,3	E
		21:00	14,3	94	0	0	N
	18/05/2023	09:00	16,6	99	0	0	N
		12:00	23,2	62	0	8	E
		15:00	24,8	56	0	1,6	NNE
		18:00	17,9	15,6	0	0	N
		21:00	14	96	0	0	N
	19/05/2023	09:00	13	99	0	0	N
		12:00	22,6	73	0	3,2	SSW
		15:00	24,7	66	0	1,6	SE
		18:00	17,4	92	0	0	N
		21:00	14,6	96	0	0	N
	Nona semana	22/05/2023	09:00	16,3	98	0	0
12:00			24,2	67	0	3,2	WSW
15:00			24,2	69	0	0	N
18:00			19,5	89	0	0	N
21:00			15,9	96	0	0	N
23/05/2023		09:00	16,4	99	0	0	N
		12:00	27,6	61	0	3,2	NE
		15:00	27,8	62	0	4,8	ENE

		18:00	19,8	90	0	0	N
		21:00	17,4	96	0	0	N
	24/05/2023	09:00	17,4	99	0	0	N
		12:00	26,6	64	0	3,2	NNW
		15:00	27,9	54	0	8	NNW
		18:00	22,8	82	0	0	N
		21:00	18,3	94	0	0	N
	25/05/2023	09:00	19,4	89	0	0	N
		12:00	26,6	68	0	8	NNW
		15:00	27,7	60	0	11,3	ENE
		18:00	23,8	80	0	3,2	N
		21:00	22,2	80	0	3,2	N
	26/05/2023	09:00	19,3	93	0	4,8	WSW
		12:00	26,1	72	0	4,8	NNE
		15:00	27,1	69	0	9,7	N
		18:00	22,8	88	0	3,2	NE
		21:00	21,3	83	0	3,2	NE
	Décima semana	29/05/2023	09:00	15,3	98	0	1,6
12:00			18,6	78	0	3,2	SSW
15:00			18,6	78	0	4,8	SE
18:00			15,9	91	0	1,6	NO
21:00			15,6	95	0	1,6	N
30/05/2023		09:00	15,2	99	0	0	N
		12:00	21,1	78	0	4,8	NNW
		15:00	21,2	81	0	1,6	N
		18:00	17,9	91	0	1,6	E

	31/05/2023	21:00	15,2	97	0	0	N
		09:00	15,9	99	0	0	N
		12:00	23,8	69	0	3,2	ENE
		15:00	23,9	66	0	4,8	NE
		18:00	17,5	92	0	0	N
		21:00	14,6	96	0	0	N
	01/06/2023	09:00	15,3	99	0	0	N
		12:00	23,3	62	0	3,2	SSE
		15:00	24,6	56	0	1,6	SE
		18:00	18,7	84	0	1,6	ENE
		21:00	14,1	96	0	0	N
	02/06/2023	09:00	13,7	99	0	0	N
		12:00	25,4	56	0	1,6	SSE
		15:00	25,4	60	0	3,2	NNE
		18:00	18,1	81	0	3,2	NE
21:00		14,2	95	0	1,6	N	

APÊNDICE C - DADOS COLETADOS DE IQAR E CONCENTRAÇÃO DE MP (PRIMEIRA A QUINTA SEMANA)

Mês	Dia	Horário	Índice da USEPA MP2,5		Concentração do poluente ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Condição Climática	Índice da CONAMA MP2,5
			Qualidade do Ar	IQAr Atual	MP1	MP2,5	MP10		IQAr Atual
Primeira semana	29/03/2023	09:00	-	-	-	-	-	-	-
		12:00	Moderado	28,8	5,6	6,9	8,2	Mais Sol do que nuvens	8,96
		15:00	Moderado	38,7	7	9,3	13,4	Parcialmente ensolarado	11,2

		18:00	-	-	-	-	-	-	-
		21:00	Bom	11,8	2,2	2,8	3,3	Chuva leve	3,52
	30/03/2023	09:00	Bom	15,8	2,8	3,8	4,6	Predominantemente nublado	4,48
		12:00	Bom	14,3	2,2	3,4	4,2	Mais Sol do que nuvens	3,52
		15:00	Bom	29,2	5	7	12,1	Pancadas de chuva	8
		18:00	Bom	14,9	2	3,6	5,2	Mais nuvens do que claridade	3,2
		21:00	Bom	48,7	8,1	11,7	13,2	Nuvens passageiras	12,96
		09:00	Bom	29,8	5,2	7,1	9,9	Parcialmente nublado	8,32
	31/03/2023	12:00	Bom	32,4	5,7	7,8	10,4	Predominantemente ensolarado	9,12
		15:00	Bom	49,8	8	11,9	14,3	Parcialmente nublado	12,8
		18:00	-	-	-	-	-	-	-
		21:00	Moderado	86,1	20,8	28,8	36,8	Predominantemente nublado	33,28
		09:00	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda semana	03/04/2023	12:00	-	-	-	-	-	-
15:00			-	-	-	-	-	-	-
18:00			Moderado	70,6	14,7	21,40	27,3	Predominantemente claro	23,52
21:00			Moderado	92,2	21,3	31,70	45,6	Predominantemente claro	34,08
09:00			Moderado	77,4	16,9	24,60	30,3	Ensolarado	27,04
04/04/2023		12:00	Moderado	44,9	7,2	10,80	12,7	Mais Sol do que nuvens	11,52
		15:00	Moderado	38,5	7	9,20	11,1	Mais Sol do que nuvens	11,2
		18:00	Bom	110,4	26,5	39,30	51,5	Parcialmente claro	42,4
		21:00	Bom	19,6	2,7	4,70	12,5	Parcialmente nublado	4,32
		09:00	Bom	17	2,4	4,10	5,3	Chuvas passageiras	3,84
05/04/2023	12:00	Bom	7,9	1,2	1,90	2,6	Tempestades isoladas	1,92	

		15:00	Bom	7,6	0,7	1,80	3,3	Chuviscos	1,12	
		18:00	Bom	4,2	0,6	1,00	1,5	Chuvas passageiras	0,96	
		21:00	Bom	8,5	1,1	2,00	5,1	Chuvas passageiras	1,76	
	06/04/2023	09:00	Bom	37,7	5,7	9,00	11	Chuvas passageiras	9,12	
		12:00	Bom	18,1	1,7	4,30	5	Chuvas passageiras	2,72	
		15:00	Bom	34	5,9	8,20	9,7	Chuvas passageiras	9,44	
		18:00	Bom	28,7	5,3	6,90	9,8	Chuviscos	8,48	
		21:00	Moderado	55,7	10,9	14,30	17,2	Chuviscos	17,44	
	07/04/2023	09:00	Bom	30,7	5,6	7,40	8,3	Chuva leve	8,96	
		12:00	Bom	54,3	11	13,70	14,6	Pancadas de chuva	17,6	
		15:00	Bom	11,8	2,1	2,80	5,4	Pancadas de chuva	3,36	
		18:00	Bom	23,1	3,9	5,60	6,7	Chuva leve	6,24	
		21:00	Bom	19,1	3,1	4,60	5,4	Chuvas passageiras	4,96	
	Terceira semana	10/04/2023	09:00	Bom	29,4	5	7,10	8,9	Predominantemente ensolarado	8
			12:00	Bom	9,3	1,6	2,20	4,1	Parcialmente nublado	2,56
15:00			Bom	11,1	1,2	2,70	3,8	Parcialmente nublado	1,92	
18:00			Bom	28,7	4,3	6,90	10,1	Mais claridade do que nuvens	6,88	
21:00			Moderado	59,9	11,7	16,30	20,7	Nuvens passageiras	18,72	
11/04/2023		09:00	Moderado	76,8	17,2	24,40	29,7	Predominantemente ensolarado	27,52	
		12:00	Moderado	34,5	6,1	8,30	8,9	Predominantemente ensolarado	9,76	
		15:00	Bom	29,3	5,1	7,00	10	Mais Sol do que nuvens	8,16	
		18:00	Bom	20,5	3,1	4,90	5,5	Mais claridade do que nuvens	4,96	
		21:00	Moderado	76,3	16,6	24,10	28,6	Nuvens passageiras	26,56	

	12/04/2023	09:00	Moderado	60,6	12,2	16,70	20,3	Ensolarado	19,52
		12:00	Bom	22,4	3,9	5,40	6,6	Parcialmente nublado	6,24
		15:00	Bom	14,3	2,6	3,40	5	Mais Sol do que nuvens	4,16
		18:00	Bom	54	10	13,50	15,1	Mais claridade do que nuvens	16
		21:00	Moderado	67	14,2	19,70	25,1	Nuvens passageiras	22,72
	13/04/2023	09:00	Moderado	35,5	5,3	8,50	12,1	Mais nuvens do que sol	8,48
		12:00	Bom	7,4	0,6	1,80	2,6	Chuvas passageiras	0,96
		15:00	Bom	15,5	1,8	3,70	7,4	Chuvas passageiras	2,88
		18:00	Bom	20,5	2,9	5	6,9	Chuvas passageiras	4,64
		21:00	Bom	11,4	1,4	2,70	8,6	Chuvas passageiras	2,24
	14/04/2023	09:00	Bom	2,8	0,1	0,70	2,9	Chuva leve	0,16
		12:00	Bom	16,2	2,9	3,90	5,5	Chuvas passageiras	4,64
		15:00	Bom	15,3	2,6	3,70	4,1	Chuvas passageiras	4,16
		18:00	Bom	26	4,7	6,20	8,3	Chuva leve	7,52
		21:00	Bom	13,6	2,3	3,30	4,6	Pancadas de chuva	3,68
Quarta semana	17/04/2023	09:00	Moderado	41,8	7	10	11,5	Predominantemente nublado	11,2
		12:00	Bom	21	3,1	5	6,4	Mais nuvens do que Sol	4,96
		15:00	Bom	20,8	3	5	7,8	Chuvas passageiras	4,8
		18:00	Bom	9,6	1,3	2,3	5,1	Chuviscos	2,08
		21:00	Bom	14,3	2,2	3,4	5,1	Chuviscos	3,52
	18/04/2023	09:00	Bom	13	2	3,1	5	Mais nuvens do que Sol	3,2
		12:00	Bom	6,8	0,7	1,6	3,9	Parcialmente nublado	1,12
		15:00	Bom	8,3	1,1	2	3,4	Mais Sol do que nuvens	1,76
		18:00	Bom	15,4	2,6	3,7	5,5	Chuvas passageiras	4,16
		21:00	Moderado	87	19,7	29,2	37,2	Parcialmente nublado	31,52

	19/04/2023	09:00	Bom	12,3	1,6	3	4,2	Predominantemente ensolarado	2,56
		12:00	Bom	5,4	0,5	1,3	1,7	Mais Sol do que nuvens	0,8
		15:00	Bom	15,5	1,6	3,7	7,6	Nublado	2,56
		18:00	Bom	8,8	1,4	2,1	2,1	Nublado	2,24
		21:00	Bom	18,4	2,6	4,4	5,7	Chuvas passageiras	4,16
	20/04/2023	09:00	Moderado	6,5	1,3	1,6	2,3	Parcialmente nublado	2,08
		12:00	Bom	2,1	0	0,5	0,8	Predominantemente ensolarado	0
		15:00	Bom	10,5	1,2	2,5	5,2	Predominantemente ensolarado	1,92
		18:00	Bom	21,3	3,7	5,1	7,1	Predominantemente claro	5,92
		21:00	Moderado	65	12,1	18,8	27,6	Predominantemente claro	19,36
	21/04/2023	09:00	Moderado	59,7	11,1	16,2	18,3	Predominantemente ensolarado	17,76
		12:00	Bom	17,4	1,7	4,2	7,4	Predominantemente ensolarado	2,72
		15:00	Bom	12	1,6	2,9	5,9	Predominantemente ensolarado	2,56
		18:00	Bom	26,4	3,9	6,3	9,4	Predominantemente claro	6,24
		21:00	Bom	19,7	3,2	4,7	5,2	Predominantemente claro	5,12
Quinta semana	24/04/2023	09:00	Bom	7,9	1,5	1,9	1,9	Mais Sol do que nuvens	2,4
		12:00	Bom	5,5	0,9	1,3	3,9	Mais Sol do que nuvens	1,44
		15:00	Bom	8,6	1,2	2,1	5,3	Mais Sol do que nuvens	1,92
		18:00	Bom	4,5	0,5	1,1	1,8	Nuvens passageiras	0,8
		21:00	Bom	42,3	7,4	10,1	12,4	Nuvens passageiras	11,84
	25/04/2023	09:00	Moderado	19,1	3	4,6	6	Mais Sol do que nuvens	4,8
		12:00	Bom	17,5	2,7	4,2	6,2	Mais Sol do que nuvens	4,32

		15:00	Bom	8,5	1,3	2	3,6	Mais Sol do que nuvens	2,08
		18:00	Bom	34,8	6,4	8,3	11,5	Nuvens passageiras	10,24
		21:00	Bom	51,2	8,5	12,2	13,3	Predominantemente nublado	13,6
	26/04/2023	09:00	Moderado	96,1	22,4	33,5	46,3	Chuvas passageiras	35,84
		12:00	Moderado	59,3	10,6	16	18,9	Mais Sol do que nuvens	16,96
		15:00	Moderado	44,8	8	10,8	10,9	Mais Sol do que nuvens	12,8
		18:00	Moderado	59	11,2	15,9	17,1	Nuvens passageiras	17,92
		21:00	Moderado	95,1	23,3	33,1	42,3	Nuvens passageiras	37,28
	27/04/2023	09:00	Bom	29,5	5,1	7,1	8,1	Predominantemente ensolarado	8,16
		12:00	Bom	12,6	2,6	3	3	Parcialmente nublado	4,16
		15:00	Bom	37,7	7	9,1	9,3	Parcialmente nublado	11,2
		18:00	Bom	39,9	7,4	9,6	10,4	Parcialmente nublado	11,84
		21:00	Moderado	115	28,4	41,2	54	Parcialmente nublado	46,30
	28/04/2023	09:00	Moderado	92,6	22,8	31,9	39,5	Predominantemente ensolarado	37,57
		12:00	Bom	28	5	6,7	7,3	Predominantemente ensolarado	8
15:00		Bom	31,4	6,3	7,5	9	Predominantemente ensolarado	10,08	
18:00		Bom	45,7	7,3	11	11,8	Parcialmente nublado	11,68	
21:00		Moderado	98,2	23,8	34,6	45,1	Parcialmente nublado	38,08	

APÊNDICE D - DADOS COLETADOS DE IQAR E CONCENTRAÇÃO DE MP (SEXTA A DÉCIMA SEMANA)

Mês	Dia	Horário	Índice da USEPA MP2,5	Concentração do poluente ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Condição Climática	Índice da CONAMA MP2,5
-----	-----	---------	-----------------------	---	--------------------	------------------------

Maio/ Junho			Qualidade do Ar	IQAr Atual	MP1	MP2,5	MP10		IQAr Atual
Sexta semana	01/05/2023	09:00	Moderado	59,6	11,9	16,20	19,8	Ensolarado	25,92
		12:00	Bom	22	4,1	5,30	5,3	Predominantemente ensolarado	8,48
		15:00	Moderado	76	17	24,00	31	Predominantemente ensolarado	38,4
		18:00	Bom	37,5	7,1	9,00	9,2	Parcialmente nublado	14,4
		21:00	Moderado	61,7	12,9	17,20	22,7	Parcialmente nublado	27,52
	02/05/2023	09:00	Moderado	63,1	12,9	17,90	23	Nublado	28,64
		12:00	Moderado	71,4	16,5	21,80	27,5	Predominantemente ensolarado	34,88
		15:00	Bom	48,9	8,9	11,70	14,2	Nublado	18,72
		18:00	Bom	31	5,1	7,40	11,5	Parcialmente nublado	11,84
		21:00	Bom	32,3	4,3	7,80	14,3	Nublado	12,48
	03/05/2023	09:00	Moderado	67	14	19,70	25,2	Nublado	31,52
		12:00	Moderado	60,2	11,1	16,50	19,7	Nublado	26,4
		15:00	Moderado	64,1	11,8	18,30	22,6	Nublado	29,28
		18:00	Moderado	67,5	15,4	20,00	28,5	Nublado	32
		21:00	Moderado	63,3	13,2	18,00	25,5	Nublado	28,8
	04/05/2023	09:00	Moderado	82,4	17,4	27,00	31,1	Nuvens esparsas	44,12
		12:00	Moderado	80,9	17,3	26,30	35	Parcialmente nublado	43,03
		15:00	Moderado	67	14,8	19,70	23,7	Nublado	31,52
		18:00	Moderado	66,9	14,2	19,70	22,2	Pancadas de chuva	31,52
		21:00	Moderado	64,5	13,6	18,50	19,9	Tempestades isoladas	29,6
	05/05/2023	09:00	Moderado	86,8	20,1	29,10	35,9	Nublado	47,4
		12:00	Moderado	84,6	20,1	28,10	35,7	Nublado	45,84
		15:00	Moderado	64,5	14,2	18,50	21,8	Sol mocozado	29,6

		18:00	Moderado	98,2	24,4	34,50	44,9	Nublado	55,82
		21:00	Bom	45,2	7,5	10,80	13,1	Nublado	17,28
Sétima semana	08/05/2023	09:00	Moderado	90	21,8	30,60	38,2	Nublado	49,74
		12:00	Bom	3,9	0	0,90	3,6	Nublado	1,44
		15:00	-	-	-	-	-	-	-
		18:00	Bom	22	4,3	5,30	9,5	Nublado	8,48
		21:00	Bom	48,6	9	11,70	14,3	Nublado	18,72
	09/05/2023	09:00	Moderado	56,9	10	14,90	18,6	Predominantemente nublado	23,84
		12:00	Bom	6,3	1	1,50	1,5	Ensolarado	2,4
		15:00	Bom	5	0,8	1,20	2	Ensolarado	1,92
		18:00	Bom	30,8	4,7	7,40	12,3	Predominantemente claro	11,84
		21:00	Moderado	79,7	18,7	25,80	31,4	Claro	42,2
	10/05/2023	09:00	Moderado	85,3	18,2	28,40	40,4	Predominantemente ensolarado	46,3
		12:00	Bom	21,4	3,6	5,10	6,4	Nublado	8,16
		15:00	Bom	30,7	5,3	7,40	9,6	Nublado	11,84
		18:00	Bom	48,6	9,2	11,70	13,8	Nuvens dispersas	18,72
		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	112,4	27,5	40,10	53,3	Claro	64,56
	11/05/2023	09:00	Bom	38,3	7,2	9,20	9,6	Nuvens dispersas	14,72
		12:00	Bom	13,7	2,9	3,30	3,9	Parcialmente nublado	5,28
		15:00	Bom	7,2	1,2	1,70	2,1	Parcialmente nublado	2,72
		18:00	Bom	33,3	5,2	8,00	10,6	Nublado	12,8
		21:00	Moderado	54,2	10	13,60	16,8	Nublado	21,76
12/05/2023	09:00	Bom	7	1	1,70	1,7	Nublado	2,72	
	12:00	Bom	1,3	0	0,30	1,8	Nublado	0,48	

		15:00	Bom	0,5	0	0,10	0,9	Parcialmente nublado	0,16
		18:00	Bom	45,8	6,6	11,00	16	Parcialmente nublado	17,6
		21:00	Moderado	56,7	10	14,80	18,8	Predominantemente nublado	23,68
Oitava semana	15/05/2023	09:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	117,9	29,3	29,40	42,4	Nublado	64,56
		12:00	Bom	14,5	2,3	3,50	3,5	Nublado	5,6
		15:00	Bom	16,4	2,9	3,90	5,3	Nublado	6,24
		18:00	Moderado	53,5	9,3	13,30	17,3	Predominantemente nublado	21,28
		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	110,7	26,8	39,50	54,2	Predominantemente nublado	63,62
	16/05/2023	09:00	Moderado	56,4	9,8	14,70	16,2	Ensolarado	23,52
		12:00	-	-	-	-	-	-	-
		15:00	Bom	18,4	2,3	4,40	7,3	Ensolarado	7,04
		18:00	-	-	-	-	-	-	-
		21:00	Moderado	94,1	21,3	32,60	46,6	Claro	52,86
	17/05/2023	09:00	-	-	-	-	-	-	-
		12:00	-	-	-	-	-	-	-
		15:00	Bom	29,2	4,5	7,00	8,8	Predominantemente ensolarado	11,2
		18:00	Bom	22	3,4	5,30	8,8	Nuvens dispersas	8,48
		21:00	Moderado	67,1	13,6	19,80	26,1	Claro	31,68
	18/05/2023	09:00	Moderado	95,6	23,3	33,30	42,7	Ensolarado	53,95
		12:00	Moderado	54,4	10,2	13,70	17,3	Ensolarado	21,92
		15:00	Moderado	54,7	9,8	13,90	16,9	Ensolarado	22,24
		18:00	Moderado	92,3	22,5	31,70	42,3	Claro	51,45

		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	110,1	27,6	39,20	50,1	Claro	63,15
	19/05/2023	09:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	121,1	29,4	43,70	57,9	Ensolarado	70,17
		12:00	Moderado	83,1	19,5	27,40	36,8	Ensolarado	44,74
		15:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	107,3	26,9	38,10	49,1	Nublado	61,44
		18:00	Moderado	81,7	19,1	26,70	36,3	Nublado	43,65
		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	130,9	33,2	47,10	64,8	Parcialmente nublado	75,48
Nona semana	22/05/2023	09:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	135,2	34,4	49,40	65,7	Nublado	79,06
		12:00	Moderado	81,9	18,7	26,80	31,2	Nublado	43,81
		15:00	Moderado	72,7	17,5	22,40	28	Parcialmente nublado	35,84
		18:00	Moderado	96,5	22,1	33,70	57,2	Nuvens dispersas	54,57
		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	130,7	32,9	47,60	64,4	Predominantemente claro	76,26
	23/05/2023	09:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	118,2	29,8	42,50	52,3	Ensolarado	68,3
		12:00	Moderado	55,5	10,5	14,30	16,8	Ensolarado	22,88
		15:00	Moderado	81,2	20,2	26,50	35,7	Ensolarado	43,34
		18:00	Moderado	87,3	20,1	29,40	42,7	Claro	47,86
		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	109,6	27,6	39,00	53,4	Claro	62,84
	24/05/2023	09:00	Insalubre	154,3	45,1	61,90	75,4	Ensolarado	99,56
		12:00	Moderado	54,1	9,5	13,60	17,8	Ensolarado	21,76
		15:00	Bom	30,9	5,7	7,40	9,6	Ensolarado	11,84
		18:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	120,6	30,6	43,50	57,9	Claro	69,86

		21:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	104,6	26,5	37,00	48,4	Claro	59,72
	25/05/2023	09:00	Moderado	79,3	18,8	25,50	34,2	Ensolarado	41,78
		12:00	Bom	41,1	7,3	9,90	11,9	Ensolarado	15,84
		15:00	Bom	37,2	6,6	8,90	9,5	Ensolarado	14,24
		18:00	Moderado	58	12	15,40	18,4	Claro	24,64
		21:00	Moderado	74	16,9	23,10	26,3	Claro	36,96
	26/05/2023	09:00	Moderado	87	20,6	29,20	36,8	Ensolarado	47,55
		12:00	Moderado	52,3	9,5	12,70	15,1	Nublado	20,32
		15:00	-	-	-	-	-	-	-
		18:00	Moderado	67,4	13,8	19,90	30,4	Nublado	31,84
21:00		Moderado	85,5	20,4	28,50	36,3	Nublado	46,46	
Décima semana	29/05/2023	09:00	Bom	38,7	5,7	9,3	9,7	Nublado	14,88
		12:00	Bom	1,5	0	0,4	0,7	Parcialmente nublado	0,64
		15:00	Bom	12,4	1,5	3	3,2	Nublado	4,8
		18:00	Bom	23,6	3,9	5,7	6,9	Nublado	9,12
		21:00	Moderado	57,2	10,2	15	22,3	Predominantemente nublado	24
	30/05/2023	09:00	Moderado	80,2	17,9	26	31,5	Nublado	42,56
		12:00	Bom	12,8	1,7	3,1	3,9	Nublado	4,96
		15:00	Bom	17,3	2,8	4,1	4,6	Nublado	6,56
		18:00	Bom	35,2	6,5	8,5	10	Nublado	13,6
		21:00	Moderado	87,7	20,2	29,5	37,9	Nublado	48,02
	31/05/2023	09:00	Moderado	97	23,8	34	48,9	Nublado	55,04
		12:00	Bom	32,1	4,6	7,7	7,9	Nublado	12,32
		15:00	Bom	44,5	7,1	10,7	11,4	Ensolarado	17,12
		18:00	Moderado	57,1	9,8	15	23,4	Predominantemente claro	24

		21:00	Moderado	95,8	23,1	33,4	44,4	Claro	54,1
	01/06/2023	09:00	Moderado	90,7	20,8	31	40	Ensolarado	50,36
		12:00	Bom	27,7	4,6	6,6	7,3	Ensolarado	10,56
		15:00	Bom	34,2	5,9	8,2	9,9	Ensolarado	13,12
		18:00	Moderado	61,8	11,3	17,2	22,4	Claro	27,52
		21:00	Moderado	98	23,9	34,5	46	Claro	55,82
	02/06/2023	09:00	Pouco saudável para grupos sensíveis	127,5	32,3	46,3	60,2	Ensolarado	74,23
		12:00	Bom	37	6,3	8,9	11,7	Ensolarado	14,24
		15:00	Bom	27,8	4,9	6,7	8,1	Ensolarado	10,72
		18:00	Moderado	68,7	14,1	20,5	23,1	Claro	32,8
		21:00	Moderado	97,7	23,5	34,3	43,21	Claro	55,51

APÊNDICE E - DESVIO PADRÃO MÉDIO (PRIMEIRA A QUINTA SEMANA)

Mês	Unidade	°C	%	mm	Km/h	Índice de IQAr - USEPA	Concentração do poluente atual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Índice de IQAr - CONAMA
Março/ Abril	Horário semanal	Temperatura instantânea	Umidade instantânea	Precipitação total	Vento médio	IQAr Atual	MP 1	MP 2,5	MP 10	IQAr Atual
Primeira Semana	Valor do DP médio horário 09:00	0,69	3,54	0,00	0,91	7,00	1,20	1,65	2,65	2,64
	Valor do DP médio horário 12:00	1,35	2,62	0,00	1,59	7,24	1,53	1,76	2,27	2,81
	Valor do DP médio horário 15:00	1,55	5,60	0,00	1,54	7,04	1,11	1,67	0,78	2,67
	Valor do DP médio horário 18:00	1,02	4,52	0,18	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Valor do DP médio horário	0,42	2,13	0,00	0,10	24,82	6,96	9,58	12,69	15,70

	21:00									
Segunda Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,83	8,17	0,00	1,91	18,35	4,63	6,66	8,29	10,66
	Valor do DP médio horário 12:00	3,32	16,21	0,45	1,89	18,30	3,83	4,58	4,93	7,32
	Valor do DP médio horário 15:00	3,87	15,81	0,53	3,56	13,28	2,53	3,20	3,03	5,12
	Valor do DP médio horário 18:00	2,45	11,07	0,06	3,89	34,48	8,32	12,41	16,03	19,96
	Valor do DP médio horário 21:00	1,19	2,62	0,19	1,97	27,94	6,62	9,23	11,39	14,95
Terceira Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,72	6,89	0,19	2,43	22,14	5,39	7,26	8,18	11,61
	Valor do DP médio horário 12:00	4,19	14,87	0,00	3,45	8,39	1,58	2,02	1,77	3,24
	Valor do DP médio horário 15:00	4,99	16,91	0,13	2,66	4,88	0,98	1,16	2,11	1,86
	Valor do DP médio horário 18:00	3,35	10,02	0,06	2,87	9,62	2,00	2,48	2,74	3,97
	Valor do DP médio horário 21:00	1,83	4,36	0,45	2,28	26,51	5,91	8,18	8,74	13,08
Quarta Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,53	9,31	0,00	3,22	19,27	3,56	5,06	5,31	8,09
	Valor do DP médio horário 12:00	0,74	12,58	0,00	4,16	6,93	0,96	1,66	2,29	2,66
	Valor do DP médio horário 15:00	0,87	15,22	0,00	2,02	3,78	0,52	0,90	1,38	1,45
	Valor do DP médio horário 18:00	2,20	11,15	0,00	4,24	6,04	0,98	1,44	1,93	2,30
	Valor do DP médio horário 21:00	2,34	8,33	0,00	3,84	28,10	6,35	9,52	12,99	15,43

Quinta Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,32	6,53	0,06	2,40	36,25	9,31	13,52	18,03	21,96
	Valor do DP médio horário 12:00	1,29	8,28	0,00	1,70	15,26	2,75	4,09	4,42	6,54
	Valor do DP médio horário 15:00	1,26	6,74	0,06	2,88	14,12	2,81	3,40	2,54	5,44
	Valor do DP médio horário 18:00	1,04	8,30	0,00	1,44	13,70	2,49	3,58	3,54	5,73
	Valor do DP médio horário 21:00	2,18	2,18	0,00	1,73	26,89	8,26	12,07	16,46	19,58

APÊNDICE F - DESVIO PADRÃO MÉDIO (SEXTA A DÉCIMA SEMANA)

Mês	Unidade	°C	%	mm	Km/h	Índice de IQAr - USEPA	Concentração do poluente atual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Índice de IQAr - CONAMA
Mai/ Junho	Horário semanal	Temperatura instantânea	Umidade instantânea	Precipitação total	Vento médio	IQAr Atual	MP 1	MP 2,5	MP 10	IQAr Atual
Sexta Semana	Valor do DP médio horário 09:00	0,29	5,80	0,00	2,13	10,26	2,79	4,86	5,20	8,19
	Valor do DP médio horário 12:00	1,47	10,47	0,00	2,24	18,18	4,98	6,96	9,71	11,43
	Valor do DP médio horário 15:00	1,44	11,16	0,00	3,73	6,08	2,39	2,75	3,75	4,40
	Valor do DP médio horário 18:00	0,25	4,97	0,00	2,11	20,78	5,71	7,94	10,75	12,80
	Valor do DP médio horário 21:00	0,23	1,80	0,88	1,47	11,72	3,52	4,13	4,32	6,60
Sétima Semana	Valor do DP médio horário 09:00	2,44	4,42	0,00	4,08	26,28	6,69	10,03	14,08	16,44
	Valor do DP médio horário	1,93	14,20	0,00	4,11	6,58	1,40	1,58	1,43	2,53

	12:00									
	Valor do DP médio horário 15:00	1,40	12,95	0,00	2,26	9,93	1,74	2,40	2,98	3,84
	Valor do DP médio horário 18:00	1,83	1,53	0,00	1,13	8,88	1,52	2,14	1,97	3,42
	Valor do DP médio horário 21:00	2,27	1,06	0,00	0,76	20,58	6,45	9,40	12,34	15,37
Oitava Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,20	1,92	0,00	2,05	21,75	6,58	8,23	11,80	14,76
	Valor do DP médio horário 12:00	0,98	6,00	0,00	2,05	24,11	5,89	8,36	11,73	13,77
	Valor do DP médio horário 15:00	1,11	6,40	0,00	2,94	28,64	7,26	10,03	12,65	16,17
	Valor do DP médio horário 18:00	0,54	22,37	0,00	3,62	24,63	7,23	9,95	13,13	16,34
	Valor do DP médio horário 21:00	0,59	0,72	0,00	0,00	17,58	5,64	7,55	9,61	12,07
Nona Semana	Valor do DP médio horário 09:00	1,27	3,68	0,00	1,54	25,32	8,03	11,48	14,14	18,07
	Valor do DP médio horário 12:00	0,86	3,12	0,00	1,54	9,97	3,04	4,54	5,06	7,55
	Valor do DP médio horário 15:00	1,10	4,96	0,00	3,49	21,45	6,35	8,15	11,15	13,28
	Valor do DP médio horário 18:00	1,67	3,84	0,00	1,54	18,61	5,46	8,58	13,54	14,01
	Valor do DP médio horário 21:00	2,18	6,64	0,00	1,54	16,90	4,97	7,39	11,57	11,79
Décima Semana	Valor do DP médio horário 09:00	0,55	0,32	0,00	0,51	21,90	6,64	9,34	13,97	14,95
	Valor do DP médio horário 12:00	2,07	7,68	0,00	0,64	12,06	2,07	2,87	3,20	4,60

	Valor do DP médio horário 15:00	2,27	9,04	0,00	1,28	9,91	1,83	2,39	2,83	3,83
	Valor do DP médio horário 18:00	0,74	4,24	0,00	0,64	15,90	3,14	5,02	6,97	8,04
	Valor do DP médio horário 21:00	0,53	0,64	0,00	0,77	12,03	3,99	5,74	6,93	9,40