



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciências e Engenharia – Câmpus de Itapeva

EIMY UEHARA INOUE

**Análise comparativa da qualidade do ar na região de Vila Parisi (Cubatão) e
São José do Rio Preto através do índice de qualidade do ar**

Itapeva - SP
2022

EIMY UEHARA INOUE

**Análise comparativa da qualidade do ar na região de Vila Parisi (Cubatão) e
São José do Rio Preto através do índice de qualidade do ar**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Conselho de Curso de
Engenharia de produção, da Universidade
Estadual Paulista (Unesp), Instituto de
Ciências e Engenharia, Câmpus de
Itapeva, como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia de produção.

Itapeva - SP
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

EIMY UEHARA INOUE

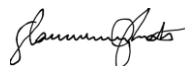
ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO DE VILA PARISI (CUBATÃO) E SÃO JOSÉ DO RIO PRETO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Instituto de Ciências e Engenharia - Campus de Itapeva.

BANCA EXAMINADORA



Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Danielle Goveia
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.



2º Examinador: Prof.(a) Dr.(a) Glaucia Aparecida Prates
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.



3º Examinador: Prof.(a) Dr.(a) Marília da Silva Bertolini
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.

Itapeva, 23 de fevereiro de 2022.

I58a	Inoue, Eimy Uehara Análise comparativa da qualidade do ar na região de Vila Parisi (Cubatão) e São José do Rio Preto através do índice de qualidade do ar / Eimy Uehara Inoue. -- Itapeva, 2022 47 p. : il., tabs., mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva Orientadora: Danielle Goveia 1. Qualidade do ar. 2. Poluição atmosférica. 3. Cubatão. 4. São José do Rio Preto. I. Título.
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade de estar realizando e finalizando uma das maiores e mais emocionantes etapas da minha vida.

Agradeço às pessoas que de várias formas contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e a todos aqueles que compartilharam comigo, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

À minha família por me motivar todos os dias a ser uma pessoa melhor e correr atrás dos meus sonhos e objetivos.

À minha orientadora, professora Dra. Danielle Goveia por todo apoio durante a realização da pesquisa e por ter me dado a oportunidade de trabalhar e ter aprendido tanto nesse período. Serei eternamente grata!

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus Experimental de Itapeva pela experiência única que pude vivenciar durante esse período de graduação.

“Vede entre as nações, e olhai; maravilhai-vos e admirai-vos; porque realizo em vossos dias uma obra, que vós não acreditareis, quando vos for contada.”
(BÍBLIA, Habacuque, 1:5).

RESUMO

A região de Vila Parisi (Cubatão) e São José do Rio Preto, assim como diversas outras áreas no Brasil, convivem com vários tipos de emissões atmosféricas, que muitas vezes não são bem controladas e monitoradas, podendo gerar diversos tipos de poluentes. Esses poluentes podem causar efeitos agudos e crônicos à saúde humana, assim como podem gerar impactos ambientais locais e globais. Paralelamente a isso, grande parte das cidades não possui práticas de monitoramento e inventário de suas emissões, ação essa de fundamental importância para realizar o diagnóstico dos impactos e assim promover medidas de controle e prevenção. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade do ar por meio da avaliação dos parâmetros: velocidade do vento, MP10, NO₂ e do cálculo do Índice da Qualidade do Ar (IQA_r) nas cidades de Vila Parisi (Cubatão) e São José do Rio Preto. As amostragens utilizadas foram colhidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). De acordo com os resultados obtidos, a classificação do índice da qualidade do ar para Vila Parisi foi moderada e para São José do Rio Preto foi boa. Os dados também mostram que há relação entre os poluentes e os fatores meteorológicos, tanto na concentração, quanto na dispersão dos poluentes analisados. Apesar disso, faz-se necessário que a sociedade modifique seus hábitos e atitudes, de forma que o desenvolvimento seja mais sustentável e ambientalmente seguro.

Palavras-chave: qualidade do ar; poluição atmosférica; Cubatão; São José do Rio Preto.

ABSTRACT

The region of Vila Parisi (Cubatão) and São José do Rio Preto, as well as several other areas in Brazil, live with various types of atmospheric emissions, which often are not well controlled and monitored, and can generate various types of pollutants. These pollutants can cause acute and chronic effects to human health, as well as local and global environmental impacts. In parallel to this, most cities do not have monitoring practices and inventory of their emissions, an action of fundamental importance to make the diagnosis of impacts and thus promote control and prevention measures. This research aimed to evaluate the air quality through the assessment of the parameters: wind speed, MP10, NO₂ and the calculation of the Air Quality Index (AIRQI) in the cities of Vila Parisi (Cubatão) and São José do Rio Preto. The samples used were collected by Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB). According to the results obtained, the air quality index classification for Vila Parisi was moderate and for São José do Rio Preto was good. The data also show that there is a relationship between the pollutants and the meteorological factors, both in the concentration and in the dispersion of the pollutants analyzed. Despite this, it is necessary that society changes its habits and attitudes, so that the development is more sustainable and environmentally safe.

Keywords: air quality; atmospheric pollution; Cubatão; São José do Rio Preto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa Cubatão (V. Parisi).....	21
Figura 2 - Mapa São José do Rio Preto	22
Figura 3 - Definição parâmetros (Baixada Santista).....	24
Figura 4 - Definição parâmetros (Turvo/Grande).....	24
Figura 5 - Relatório ozônio (Baixada Santista).....	24
Gráfico 1 - Evolução anual da Velocidade do Vento (São José do Rio Preto)	27
Gráfico 2 - Forecast mensal Velocidade do Vento (Cubatão V. Parisi)	28
Gráfico 3 - Evolução anual da velocidade do vento (Cubatão - V. Parisi)	29
Mapa 1 - Localização das estações da Rede Automática	29
Gráfico 4 - Evolução anual da Velocidade do Vento para as duas regiões	30
Gráfico 5 - MP10: Evolução das concentrações médias anuais.....	31
Gráfico 6 - MP10: Concentração média mensal.....	32
Gráfico 7 - Concentração de MP10 em 2021	34
Gráfico 8 - MP10: Concentrações médias anuais - Baixada Santista e Litoral Norte (2020).....	35
Gráfico 9 - MP10: Concentrações médias anuais - Interior (2020).....	36
Gráfico 10 - Forecast MP10 (Cubatão V. Parisi)	37
Gráfico 11 - Forecast MP10 (São José do Rio Preto)	37
Gráfico 12 - NO2: Concentração média mensal.....	38
Gráfico 13 - Média anual NO2.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de qualidade do ar	20
Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar em vigor no Brasil.....	33
Tabela 3 - IQAr.....	40
Tabela 4 - Relatório de Distribuição da Qualidade - Cubatão - V. Parisi (jan - set 2021)	41
Tabela 5 - Relatório de Distribuição da Qualidade - São José do Rio Preto (jan - set 2021)	41

LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PTS	Partículas totais em suspensão
OMS	Organização Mundial de Saúde
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VV	Velocidade do vento
SP	São Paulo
IQAr	Índice de qualidade do ar
V. Parisi	Vila Parisi

LISTA DE SÍMBOLOS

MP10 e MP2,5	Partículas inaláveis
CO	Monóxido de carbono
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxidos de nitrogênio
SO ₂	Dióxido de enxofre
O ₃	Ozônio
COVs	Compostos orgânicos voláteis
HPAs	Hidrocarbonetos poliaromáticos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivo geral	15
1.2. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. Poluentes atmosféricos	16
3.2. Velocidade do vento	17
3.3. Material Particulado	17
3.4. NO₂	18
3.5. Índice da qualidade do ar (IQAr)	19
3.6. Cidades	20
3.6.1. Vila Parisi (Cubatão)	21
3.6.2. São José do Rio Preto	21
4. MATERIAIS E MÉTODO	23
4.1. Fonte de dados	23
4.2. Coleta de dados	25
4.3. Compilação e análise de dados	25
4.4. Cálculo do índice da qualidade do ar	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Velocidade do vento	27
5.2. Avaliação da qualidade do ar	30
5.2.1. MP10	30
5.2.2. NO ₂	37
5.2.3. IQAr	40
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos causados pela poluição é um assunto discutido desde a antiguidade. Apesar disso, somente com o advento da revolução industrial que a poluição passou a atingir a população em grandes proporções e consequentemente adquirir maior relevância. Dentre os diferentes tipos de poluição observados no meio ambiente, a contaminação do ar tem sido um dos principais tópicos abordados atualmente, uma vez que implica de forma negativa na saúde humana, ecossistema e bens construídos (CANEIRO, 2014).

Sabe-se que atualmente aproximadamente 50% da população do planeta vive em cidades e aglomerados urbanos. Essa rápida urbanização pela qual a sociedade passou trouxe um aumento no consumo de energia, assim como na emissão de poluentes derivados da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas e móveis. Dessa forma, a população e o meio ambiente passaram a ser expostos a níveis progressivamente maiores de poluentes do ar (SANTOS, 2019).

Nesse contexto, o município de Cubatão, assim como a região de São José do Rio Preto são exemplos de locais que enfrentam tais problemas. O primeiro, na década de 1950, vivenciou momentos que influenciaram de forma intensa no desenvolvimento do mesmo. Como consequência de tal período, atualmente Cubatão conta com um dos maiores Complexos Industriais do país (CHENG, 2015). Já o segundo, encontra-se no denominado “vale da cana-de-açúcar” e é uma região em que a produção agrícola de cana-de-açúcar encontra grande representatividade (CARVALHO, 2021). Apesar da geração de oportunidade e de capital por esses empreendimentos, o funcionamento dessas indústrias podem causar muitos impactos socioambientais, que prejudicam tanto a saúde humana, como o meio ambiente.

Tendo em vista os efeitos que essas regiões vêm sofrendo, o presente trabalho pretende investigar os impactos relacionados à poluição atmosférica e compará-los entre as duas regiões. Além disso, busca-se determinar o índice de qualidade do ar e relacionar os resultados obtidos com as atividades realizadas nos locais de estudos, assim como associar os resultados com parâmetros meteorológicos com o comportamento dos ventos.

1.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade do ar por meio do índice de qualidade do ar (IQAr) nas regiões de São José do Rio Preto e V. Parisi (Cubatão), usando como parâmetros a velocidade do vento, partículas inaláveis (MP10) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

1.2. Objetivos específicos

- Determinar a velocidade do vento e a concentração de MP10 e NO₂ nas duas regiões selecionadas;
- Analisar o uso do IQAr como ferramenta de avaliação da qualidade do ar;
- Determinar áreas com boa e má qualidade do ar visando auxiliar na formulação de ações de futuras políticas públicas que melhorem a qualidade de vida da população e do meio ambiente nestas regiões.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Poluentes atmosféricos

A poluição ambiental apresenta-se como um dos principais aspectos a ser discutido pelas entidades, pesquisadores e sociedade em geral, uma vez que se tem detectado um aumento significativo nas concentrações de substâncias que afetam o ambiente atmosférico de forma negativa. Isso se deve principalmente a atividades desenvolvidas pelos seres humanos. Dessa forma, os poluentes atmosféricos causam efeitos principalmente em cidades com alto grau de urbanização e atividade industrial (HORGNIER, 2012);(CASTRO, 2013).

O termo poluente relaciona-se a substâncias que encontram-se presentes no ar e que em determinadas concentrações estão aptas a causar danos ao bem estar humano e à flora e fauna. Além disso, altera a qualidade do ar, tornando-o impróprio e nocivo. De modo geral, os agentes causadores da poluição atmosférica são definidos como substâncias danosas que estão presentes em quantidade suficiente para interferir no equilíbrio e composição da mesma (DA SILVA, 2017).

As fontes emissoras desses contaminantes são classificadas em estacionárias ou móveis. A primeira está relacionada a fontes que estão ligadas a processos de combustão gerados pela produção industrial, usinas ou queima de resíduos. Já a segunda, são, de modo geral, os veículos automotores (CANEIRO, 2014).

Teoricamente os poluentes atmosféricos podem ser divididos em primários, aqueles que são emitidos diretamente pelas fontes de emissão, e os secundários, aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes e/ou constituintes naturais na atmosfera (CANEIRO, 2014).

As atividades industriais e os veículos automotores estão relacionados principalmente a problemas ambientais e de saúde pública. Dentre os poluentes que apresentam maior importância pode-se citar: o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx), o dióxido de enxofre (SO₂), o ozônio (O₃), a fumaça e os materiais particulados, representados pelas partículas inaláveis (PM₁₀ e PM_{2,5}) e pelas partículas em suspensão. Complementarmente, as substâncias decorrentes da evaporação/combustão dos combustíveis fósseis, são

representadas principalmente pelos compostos orgânicos voláteis (COVs) e os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) (CASTRO, 2013).

3.2. Velocidade do vento

O vento corresponde a movimentação do ar que ocorre devido a diferença de pressão atmosférica entre as áreas de alta pressão para as de baixa pressão. Ele pode contribuir na mistura dos poluentes com o ar limpo, influenciando assim na sua diluição. Em diferentes territórios, existe a possibilidade de o vento mudar de direção e de velocidade devido à topografia da região, orientação das ruas e adensamento industrial. Em áreas urbanas, por exemplo, há uma diminuição da diluição dos poluentes do ar pelo vento, pois este encontra impedimentos em seu caminho (XIE, 2007).

A velocidade do vento possui papel importante na diluição dos poluentes, uma vez que ventos fortes tendem a diminuir a concentração dos poluentes, espalhando-os. Ventos mais calmos tendem a concentrar a poluição em um único local, induzindo a acumulação dos mesmos (KUMAR, 2008).

3.3. Material Particulado

O material particulado, como as partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (MP10), é definido como um grupo de poluentes constituídos por poeiras, fumaça e qualquer outro tipo de matéria que esteja suspenso na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho (CETESB, [20--?]). Diversos estudos científicos evidenciam a relação entre a exposição ao material particulado e os riscos de desenvolver doenças cardiovasculares e respiratórias. Dessa forma, o conhecimento acerca do material particulado torna-se um dos mais importantes em termos de poluentes com potencial de risco à saúde humana (RODRIGUES, 2013).

Esses materiais podem ser classificados de acordo com a sua origem como primários ou secundários, assim como conforme o seu tamanho. As partículas menores são mais prejudiciais à saúde humana, uma vez que são inaláveis. Elas possuem diâmetro menor do que 10 μm e podem ser divididas em duas categorias: inaláveis finas MP2,5 (<2,5 μm) e inaláveis grossas (2,5 a 10 μm) (RABELO, 2017).

A gravidade dessas partículas está diretamente relacionada com o seu tamanho, uma vez que quanto menor for a sua dimensão mais fácil será a entrada no sistema respiratório. As partículas finas são capazes de chegar aos alvéolos pulmonares, atingindo a circulação sanguínea e as grossas, por sua vez, ficam presas na região superior do sistema respiratório (QUEROL, 2001).

O tempo que as partículas permanecerão no ar depende diretamente do tamanho das mesmas, sendo que as partículas mais grossas são capazes de se sedimentar rapidamente, o que faz com que elas sejam constantemente ressuspensas por conta dos ventos e do fluxo de veículos. Essa ressuspensão pode ainda contribuir para que elas sejam transportadas em escala regional e até mesmo global, por conta da ação de correntes de ar (MAGALHÃES, 2005).

As emissões deste poluente são derivadas de diversas fontes. Alguns são emitidos diretamente de fonte específica, como incêndios, rodovias não pavimentadas e chaminés, porém, a maioria tem origem nas reações químicas de compostos como o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio, derivados da produção de energia, indústrias e veículos em geral (USEPA, [2021]).

3.4. NO₂

O dióxido de nitrogênio é originado desde a queima de combustíveis fósseis até desmatamento e queima de biomassa, além de ser emitido por fontes estacionárias como motores de veículos. Juntamente com o ácido sulfúrico, provoca a chuva ácida, assim como favorece a ocorrência de infecções respiratórias (DA SILVA, 2017).

O dióxido de nitrogênio é o óxido de nitrogênio mais relevante em termos de efeito à saúde humana. Ele possui como característica solubilidade em água e forte poder oxidante. Ele também é responsável por absorver radiação solar visível, causando danos à visibilidade, e, quando em altas concentrações, possui influência direta nas mudanças climáticas (OMS, 2000).

O dióxido de nitrogênio pode ser originado por fontes naturais, como atividades vulcânicas, como também por fontes antrópicas, como pela combustão de combustíveis fósseis, veículos automotores e desmatamento (DA SILVA, 2017).

Quando expostos a altos níveis de NO_2 as pessoas ficam sujeitas a sofrer irritações nas vias respiratórias podendo levar a piora no quadro de doenças respiratórias, assim como no desenvolvimento de asma e de possíveis infecções respiratórias (USEPA, [2021]). Em relação aos danos causados ao meio ambiente, pode-se citar a conversão do mesmo em ácido nítrico e nitratos, que são responsáveis por aumentar o número de partículas respiráveis no ar, assim como pode ocasionar a chuva ácida (VESILIND, 2018).

3.5. Índice da qualidade do ar (IQAr)

O Índice de Qualidade do Ar é uma ferramenta que relata diariamente as condições da qualidade do ar em um determinado local. Esse índice é capaz de apontar o quão limpo ou insalubre se encontra o ar e quais efeitos à saúde eles podem estar relacionados (RABELO, 2017).

O IQAr é utilizado hoje em diversos países, com algumas variações, à medida que cada país possui uma legislação própria com níveis e padrões diferentes. Apesar disso, a vantagem que esse índice apresenta é relevante em qualquer lugar. Segundo a CETESB, o IQAr facilita a compreensão e divulgação de estudos complexos de poluição atmosférica, já que foca nos efeitos a curto prazo que a exposição de determinado composto pode causar às pessoas que respiram aquele ar específico. De acordo com a CETESB, cada poluente irá se encaixar em uma determinada faixa qualitativa do índice (valor adimensional), de acordo com sua concentração final conforme mostra a Tabela 1 (RABELO, 2017).

Tabela 1 - Índice de qualidade do ar

Estrutura do índice de qualidade do ar							
Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 – Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 – 240	>20 – 40
N3 – Ruim	81 – 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 – 320	>40 – 365
N4 – Muito Ruim	121 – 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 – 1130	>365 – 800
N5 – Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: CETESB [20--?].

O índice de um determinado local é definido pelo poluente que teve a pior classificação. Se uma região, por exemplo, teve a classificação da maioria de seus poluentes como “boa”, porém um deles teve sua classificação como “ruim”, o índice daquela área será divulgado como ruim.

3.6. Cidades

Visando uma melhor comparação, escolheram-se cidades que estão localizadas em Unidades Vocacionais diferentes.

O município de Cubatão está localizado na Unidade Vocacional Industrial, composta predominantemente por empresas do setor petroquímico, siderúrgico e de fertilizantes. Cubatão ficou conhecida como uma área afetada por sérios problemas de poluição devido as grandes emissões de poluentes industriais, sua topografia acidentada e suas condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes. Já a região de São José do Rio Preto apresenta-se na Unidade

Vocacional Agropecuária, onde existem grandes extensões de plantio de cana-de-açúcar e usinas de produção de álcool e açúcar, que podem contribuir para as emissões atmosféricas, tanto por queima de palha de cana como pelo processo industrial das referidas usinas (CETESB, 2019).

3.6.1. Vila Parisi (Cubatão)

Cubatão é um município que ocupa uma área de 148 km² e situa-se a 57 km da Capital paulista. Atualmente conta com vinte e cinco empresas de grande porte, próximas ao Porto de Santos, e ao sistema rodoviário Anchieta-Imigrantes. Compõe o maior Polo Industrial da América Latina (IBGE, s.d.).

O Município de Cubatão não pode ser dissociado de seu entorno. Ele possui um importante polo industrial instalado e sofre influencia das atividades do Porto de Santos, com tráfego intenso de caminhões, assim como é via de acesso às praias do litoral Centro e Sul do Estado de São Paulo. Dessa forma, sofre impacto direto dos poluentes emitidos pelo seu entorno e do seu próprio polo industrial, causando muitos malefícios para sua população e meio ambiente (CHENG, 2015).

Figura 1 – Mapa Cubatão (V. Parisi)



Fonte: Google (2022).

3.6.2. São José do Rio Preto

São José do Rio Preto é uma cidade de médio porte localizada no sudeste do Brasil que possui população estimada de 450.000 habitantes. Localizada no noroeste do estado de São Paulo (cerca de 450 km da capital) é uma área considerada agropecuária, de cultura de cana de açúcar, com uma produção de aproximadamente 500 mil toneladas (MANTOVAN, 2016).

Em São José do Rio Preto, além dos poluentes liberados pela frota veicular acontece também a queima da palha da cana-de-açúcar, responsável pela liberação de partículas e gases no meio ambiente. Estudos realizados sobre esses poluentes mostram que eles são responsáveis por internações por doenças respiratórias e cardiovasculares em diversos locais no Brasil (MANTOVAN, 2016).

Figura 2 – Mapa São José do Rio Preto



Fonte: Google (2022).

Dessa forma, é de fundamental importância entender os danos que são causados nessas regiões para que medidas possam ser tomadas, assim como é possível fazer uma comparação entre os efeitos dos poluentes entre uma região agropecuária (São José do Rio Preto) e uma industrial (Cubatão).

4. MATERIAIS E MÉTODO

Esta é uma pesquisa descritiva, baseada em revisão da literatura, com o objetivo de reunir o conhecimento e informações referente a avaliação da qualidade do ar em uma área industrial (Cubatão - V. Parisi) e agropecuária (São José do Rio Preto), através do índice de qualidade do ar.

A análise restringiu-se aos estudos que avaliaram a ação dos contaminantes: velocidade do vento (VV), material particulado (MP10) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

A poluição atmosférica e suas consequências estão muito presentes na realidade do Brasil, justificando assim, a realização desta pesquisa, que tem como objetivo buscar um melhor entendimento da situação atual da qualidade do ar nas regiões de V. Parisi (Cubatão) e São José do Rio Preto. O levantamento e análises realizados neste trabalho trazem importante colaboração para o processo de tomada de decisões em políticas públicas na área de poluição ambiental, atuando como mais um instrumento para o conhecimento e controle da poluição atmosférica em âmbito local, regional e nacional.

4.1. Fonte de dados

Os bancos de dados utilizados foram: Google acadêmico, ScienceDirect e CETESB.

Para a escolha dos parâmetros, analisaram-se quais deles tinham informações disponíveis para ambas as cidades no site da QUALAR (sistema de informações de qualidade do ar da CETESB), conforme Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Definição parâmetros (Baixada Santista)

Fonte: QUALAR (2021)

Figura 4 – Definição parâmetros (Turvo/Grande)

Fonte: QUALAR (2021)

Após isso, ainda era necessário verificar se as regiões estavam englobadas no relatório para determinado parâmetro. Para o ozônio, por exemplo, Cubatão – V. Parisi não continha informações, conforme Figura 5.

Figura 5 – Relatório ozônio (Baixada Santista)



Sistema de Informação de Qualidade do Ar

RELATÓRIO - MÉDIA MENSAL

Ano: 2021

Parâmetro: O3 (Ozônio) µg/m3

Realizar representatividade mensal: N

7 - BAIXADA SANTISTA													
Local de amostragem	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média do Período
Cubatão-Centro	31	26	26	17	22	18	24	32	--	--	--	--	24
Cubatão-Vale do Mogi	16	15	16	13	15	11	17	17	--	--	--	--	15
Santos	35	27	26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29
Santos-Ponta da Praia	29	22	23	18	20	19	24	29	--	--	--	--	23

Fonte: QUALAR (2021)

4.2. Coleta de dados

Para a coleta de dados, utilizou-se o histórico das emissões dos poluentes atmosféricos e as informações transmitidas pela CETESB, órgão responsável pelo controle dessas emissões, disponibilizados pela publicação de relatórios anuais da qualidade do ar, de dados de monitoramento e pela divulgação no site de todas as políticas que vêm sendo tomadas, além do plano de emergência.

4.3. Compilação e análise de dados

Tendo em vista a diversidade e variedade de informações coletadas na leitura dos estudos científicos, buscou-se uma forma adequada de sistematização dos dados, visando possibilitar a identificação rápida e efetiva de tópicos essenciais para a pesquisa. Essas informações foram compiladas tomando como base os seguintes tópicos:

- Referência bibliográfica: autoria e data de publicação;
- Local do estudo: cidade ou região e país;
- Poluentes e fontes de poluição analisados.

4.4. Cálculo do índice da qualidade do ar

O cálculo do IQAr é realizado para sete poluentes diferentes, sendo eles: SO₂, PTs, PI, Fumaça, CO, O₃ e NO₂. Entretanto, o presente estudo levou em consideração apenas os parâmetros NO₂ e MP10. O cálculo para a obtenção do índice está apresentado na Equação 1 abaixo.

Equação 1 – Cálculo índice da qualidade do ar

$$\text{Índice} = \text{Índice}_{\text{inicial}} + [(\text{Índice}_{\text{final}} - \text{Índice}_{\text{inicial}} / \text{Conc.}_{\text{final}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})] \times (\text{Conc.}_{\text{medida}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})$$

Onde:

Índice= IQAr desejado;

Índice inicial= Valor do índice correspondente à Conc. Inicial;

Índice final= Valor do índice correspondente à Conc. Final;

Conc. inicial= Concentração inicial na faixa onde se encontra a concentração medida;

Conc. final= Concentração final na faixa onde se encontra a concentração medida;

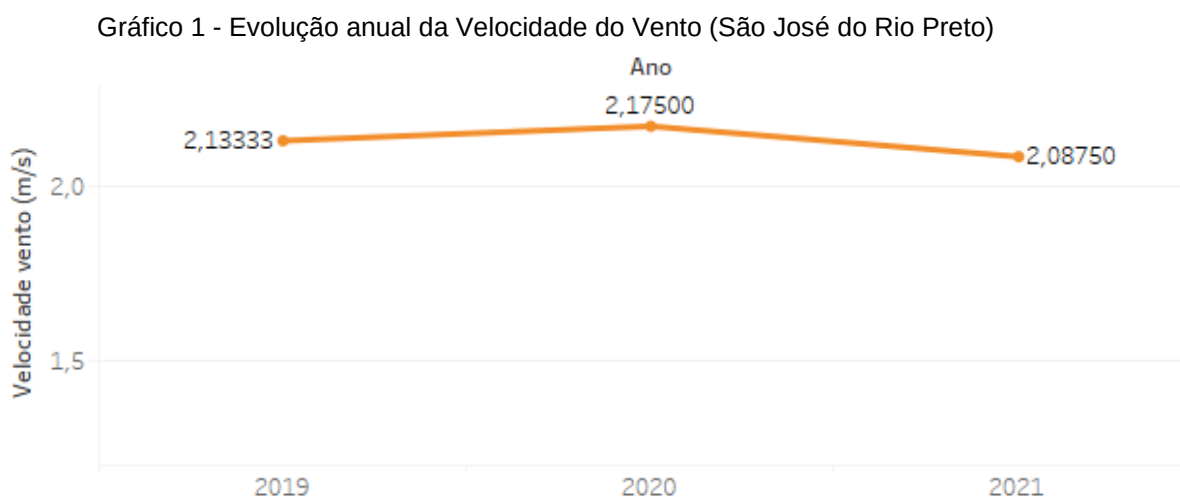
Conc. medida= Concentração medida.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir é apresentada a avaliação dos dados a partir das informações disponibilizadas pelo monitoramento realizado pela CETESB na Estação São José do Rio Preto e na Estação V. Parisi (Cubatão).

5.1. Velocidade do vento

A velocidade do vento na região de São José do Rio Preto seguiu um padrão no decorrer dos últimos 3 anos (Gráfico 1). Um dos motivos para isso acontecer é o fato de que as medições foram realizadas no passar dos anos, isto é, no mesmo período para os 3 anos, de modo que a dinâmica do vento foi semelhante. Além disso, os pontos de amostragem foram monitorados de forma pontual.

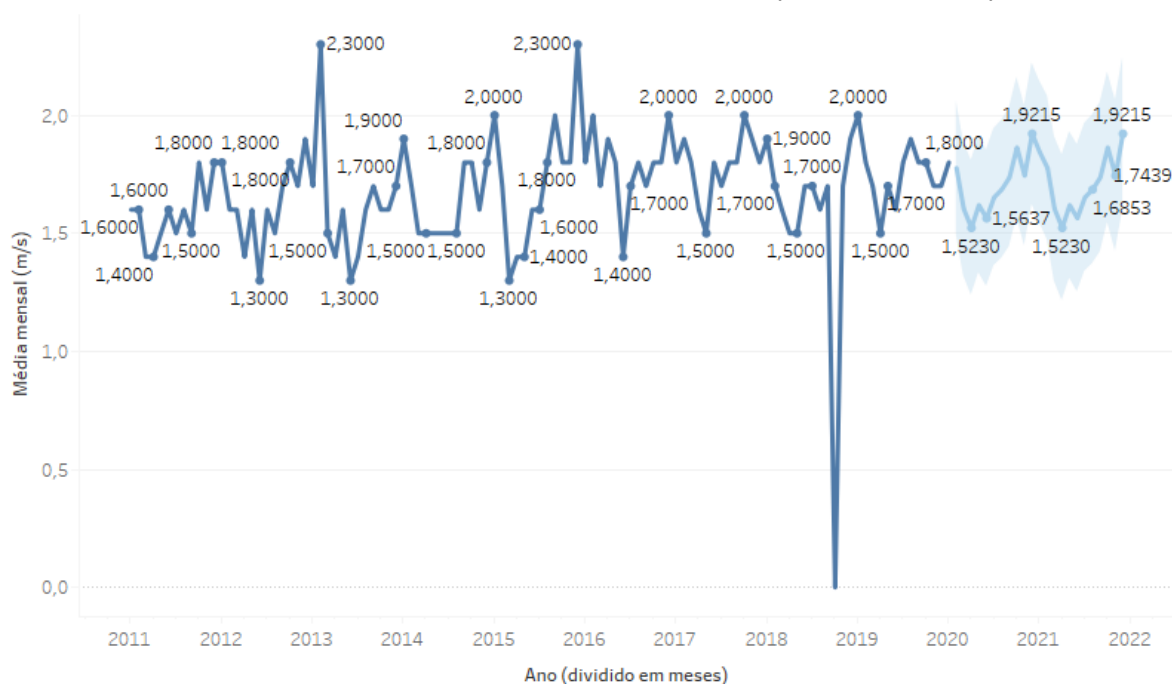


Fonte: Autoria própria (2021).

Já para a velocidade do vento na região de V. Parisi (Cubatão), fez-se necessário a elaboração de *forecast*, à medida que para alguns meses dos anos de 2020 e 2021 os dados de velocidade para a região não foram registrados. Para isso, utilizou-se os valores mensais de velocidade do vento dos últimos nove anos (2011 a 2019) para a região e criou-se uma projeção para os anos de 2020 e 2021 por meio do *software* Tableau. O gráfico 2 apresenta os valores de velocidade do vento para todos os meses dos anos de 2011 a 2019, porém, por serem muitos dados, eles não são mostrados visualmente.

A previsão no Tableau usa uma técnica conhecida como suavização exponencial, isto é, os algoritmos de previsão buscam encontrar um padrão regular em medidas que podem ser continuadas no futuro. Ele seleciona automaticamente o melhor de até oito modelos, o melhor sendo aquele que gera a previsão de maior qualidade (TABLEAU, [20--?]). O gráfico gerado apresenta-se abaixo.

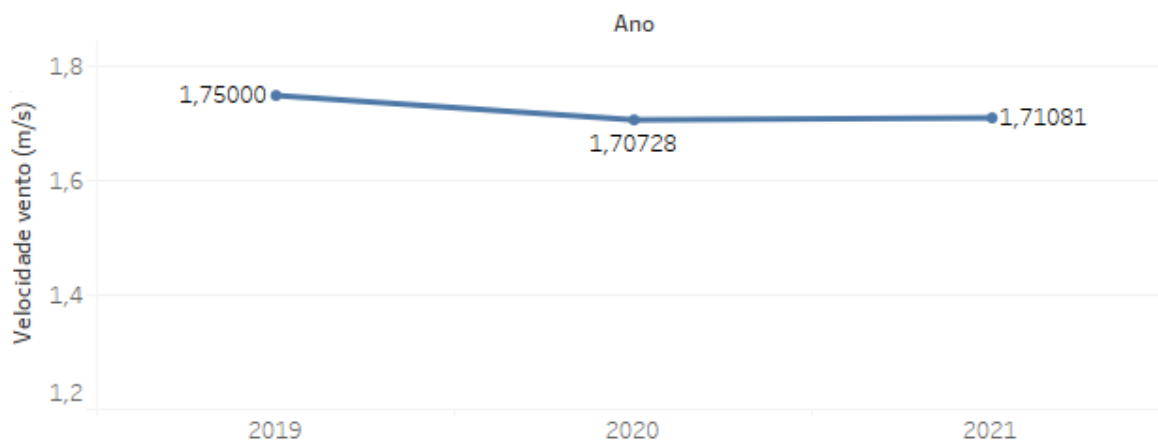
Gráfico 2 - Forecast mensal Velocidade do Vento (Cubatão V. Parisi)



Fonte: Autoria própria (2021).

A partir disso, foi possível plotar um gráfico das medições dos 3 últimos anos (2020, 2021 e 2022) em Vila Parisi. Esse gráfico representa a média da velocidade do vento para cada ano, isto é, foi feito a média desse parâmetro para o ano de 2020, 2021 e 2022. Assim como ocorrido para a região de São José do Rio Preto, é possível observar que a velocidade do vento seguiu um padrão no decorrer dos 3 anos (Gráfico 3). Além disso, o valor da velocidade foi diminuindo com o passar do tempo.

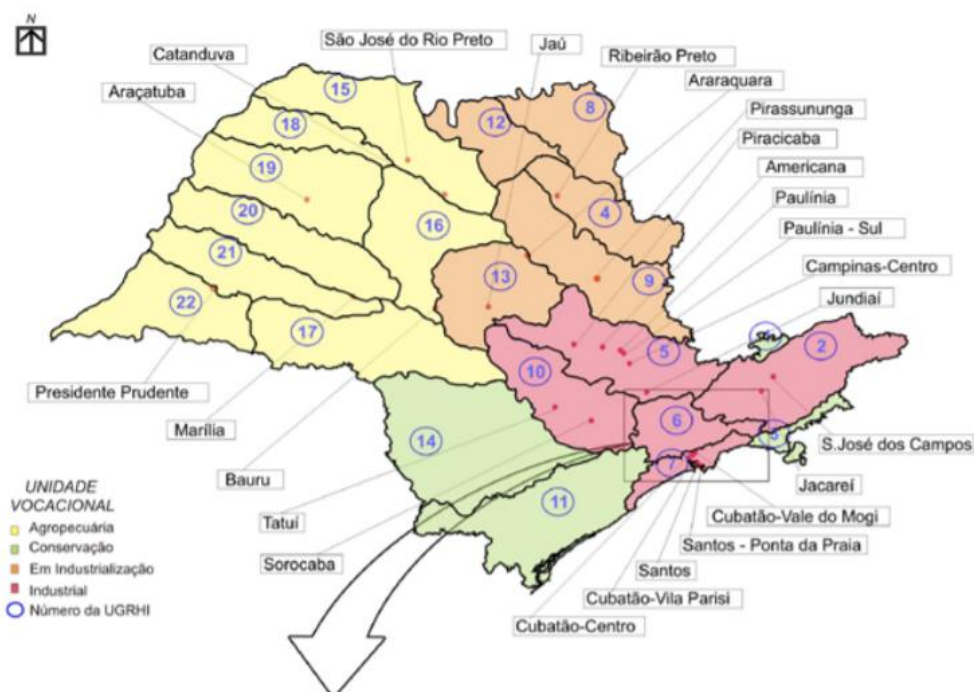
Gráfico 3 - Evolução anual da velocidade do vento (Cubatão - V. Parisi)



Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando-se as duas regiões, pode-se observar que a velocidade do vento é muito maior em São José do Rio Preto do que em Cubatão. Tal situação ocorre, pois São José do Rio Preto encontra-se em uma Unidade Vocacional Agropecuária, conforme mostrado no Mapa 1, ou seja, o vento encontra maior dificuldade em deparar-se com barramentos que dificultem a sua circulação.

Mapa 1 – Localização das estações da Rede Automática.



Fonte: CETESB (2019).

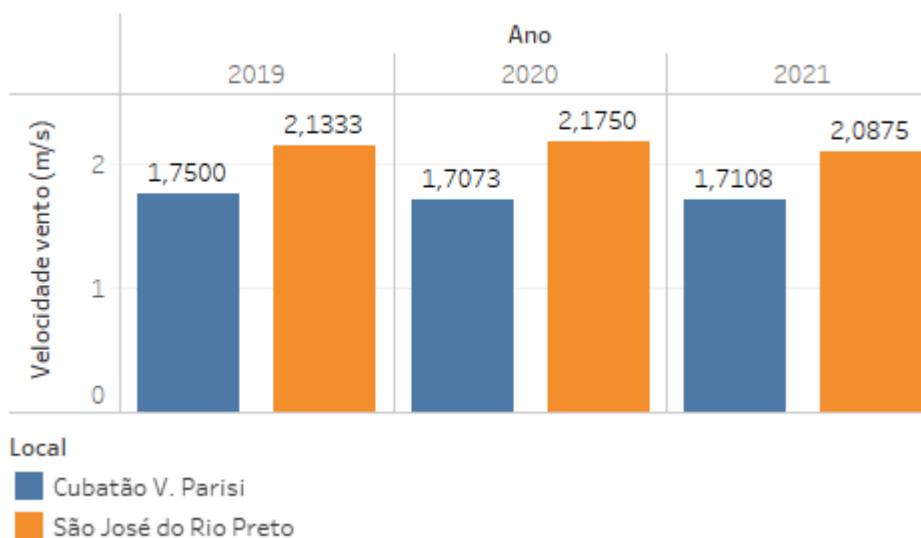
Analisando-se o Gráfico 4, a diferença mais perceptível ocorreu no ano de 2020, onde na região de Cubatão foram registrados ventos de 1,7073 m/s, porém,

em São José do Rio Preto, os ventos chegaram a atingir uma velocidade de 2,1750 m/s, tendo uma diferença de 0,4677 m/s. A velocidade do vento mais baixa dentre os pontos e as duas regiões foi de 1,7073 m/s, e aconteceu em 2020 em Cubatão, mas em geral a velocidade dos ventos nesse ponto não variou muito de um ano para o outro.

Uma possível explicação para que a porcentagem de ocorrência de períodos de calmaria tenha sido alta na estação de Cubatão - V. Parisi pode estar associada ao fato de que os ventos medidos neste local tenham tido suas velocidades reduzidas devido ao efeito de barreira provocado pelo grande adensamento industrial da região (COUTO, 2003).

Já com relação a São José do Rio Preto, a velocidade dos ventos é maior uma vez que a região está localizada em uma Unidade Vocacional Agropecuária, isto é, locais que apresentam maior potencial eólico e que as atividades econômicas não influenciam demasiadamente no comportamento dos ventos (MERGEL, 2017).

Gráfico 4 - Evolução anual da Velocidade do Vento para as duas regiões



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2. Avaliação da qualidade do ar

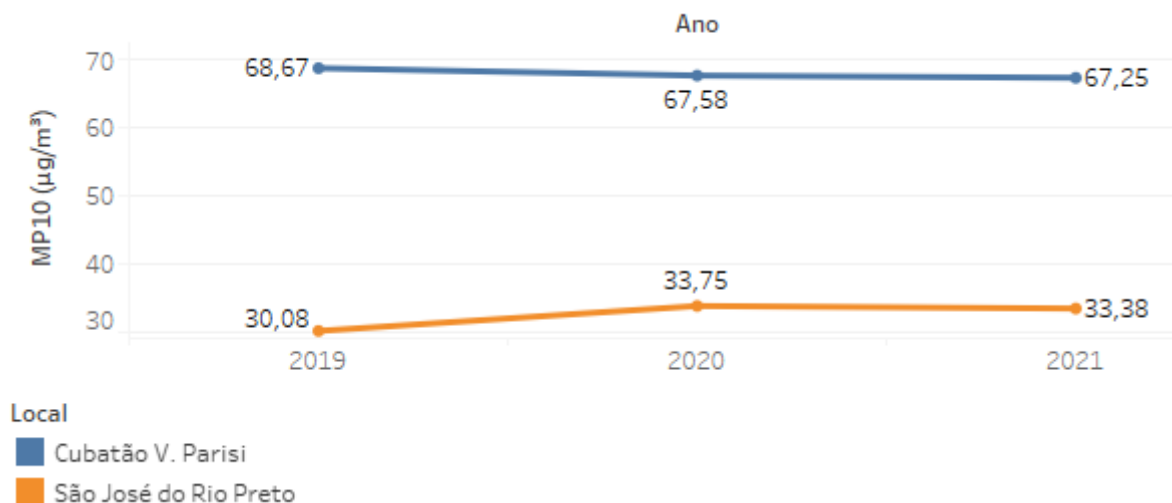
5.2.1. MP10

O padrão anual de MP10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado na estação Cubatão - V. Parisi em 2019, 2020 e provavelmente passará no ano de 2021 também, conforme pode ser observado nos gráficos: Gráfico 5, Gráfico 8 e Gráfico 9.

O Gráfico 5 mostra a evolução das concentrações médias anuais nas duas estações. Por meio dele é possível observar que nos três últimos anos de monitoramento não houve variação significativa nos níveis médios de partículas inaláveis. Apesar disso, também é possível constatar que em 2020 houve um aumento de $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação de São José do Rio Preto.

Apesar de muitas regiões terem apresentado diminuição ou estabilização na emissão de MP10 em 2020, por conta da diminuição de circulação de veículos que ocorreu em decorrência da pandemia de Covid-19, São José do Rio Preto apresentou aumento da mesma. Tal situação pode ter acontecido uma vez que a região registrou aumento de 42% do número de focos de incêndio em agosto de 2020, comparado ao mesmo período do ano anterior. Esses incêndios acontecem por dois motivos: condições climáticas e fator humano. Pode-se incluir nas ações humanas jogar bitucas de cigarros acesos às margens de rodovias e estradas, limpeza de pastagens por meio do fogo, entre outros (CARVALHO, 2020). Sabe-se também que 31% da área queimada no Brasil em 2019 foi destinada para uso da agropecuária e por ser uma região caracterizada pela agropecuária, pode ser um dos motivos também para o aumento na concentração de MP10 (GRILLI, 2020).

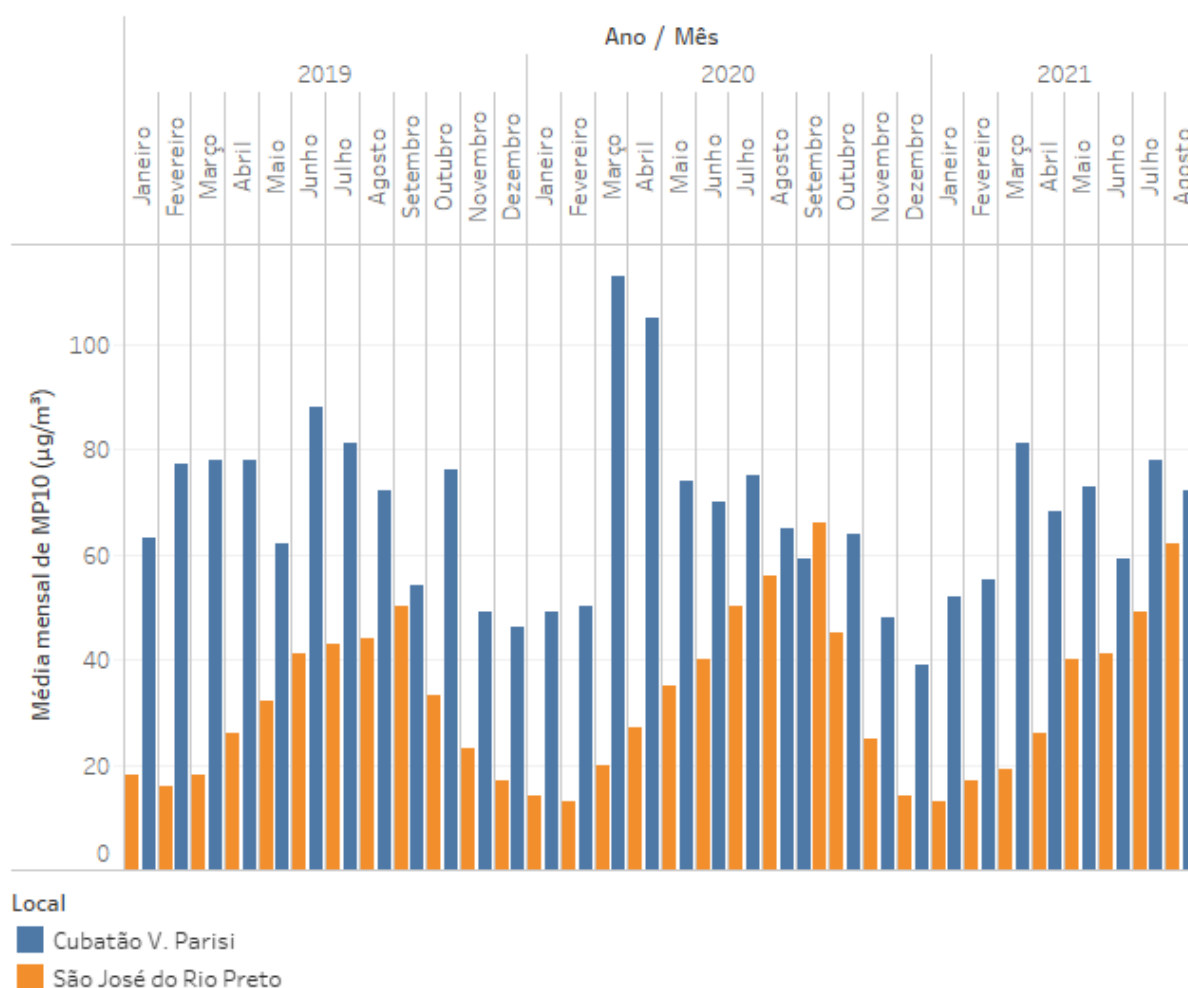
Gráfico 5 - MP10: Evolução das concentrações médias anuais.



Fonte: Autoria própria (2021).

O Gráfico 6 mostra o perfil das médias mensais das concentrações de MP10. Observa-se que, de modo geral, a maior parte das concentrações elevadas ocorreu no período de inverno, isto é, nos meses de maio a setembro.

Gráfico 6 - MP10: Concentração média mensal.



Fonte: Autoria própria (2021).

Pode-se verificar também que as concentrações de MP10 registradas na estação de Cubatão - V. Parisi são muito maiores do que na estação São José do Rio Preto, que pode ser justificado à medida que V. Parisi apresenta um grande aglomerado de indústrias petroquímicas, siderúrgicas, químicas, fertilizantes entre outras. Comparando-se com a Tabela 2, que apresenta os valores recomendados pela OMS, a concentração de MP10 para a região está alta.

Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar em vigor no Brasil.

POLUENTE	TEMPO MÉDIO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO (VIOLAÇÕES ACEITAS POR ANO)	
		PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	240 (1)	150 (1)
	Anual (média geométrica)	80	60
FUMAÇA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150 (1)	100 (1)
	Anual	60	40
PARTÍCULAS INALÁVEIS - MP ₁₀ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150 (1)	Igual ao padrão primário
	Anual	50	
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	365 (1)	100 (1)
	Anual	80	40
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ppm)	1h	40.000 - 35 (1)	Igual ao padrão primário
	8h	10.000 - 9 (1)	
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	160 (1)	Igual ao padrão primário
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	320	190
	Anual	100	Igual ao padrão primário

Fonte: (SANTANA, 2012).

De modo geral, as principais fontes de emissão de MP10 são os processos de combustão (associados principalmente aos veículos e às indústrias), poeira ressuspensa da rua e formação de aerossol secundário. O chamado aerossol marinho é observado no mundo inteiro e essas partículas de sal marinho são provenientes de gotículas que se formam na rebentação do mar que, ao secarem na atmosfera, fazem parte da composição de material particulado da região. Dada a proximidade do mar, é justificável que o aerossol marinho contribua para o material particulado em Cubatão (Ricardo Energy & Environment, 2015). Diversos estudos realizados na Europa verificaram concentrações médias de sal marinho, em terra, variando entre 0,3 e 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Além disso, estudos feitos na Holanda mostram que a concentração média anual de sal marinho no MP10, variou de 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Como o aerossol marinho é produzido na superfície do oceano pelo rompimento de bolhas de ar formadas a partir do arrastamento de ar induzido pela força do vento, sua concentração tende a ser maior sob condições de vento forte, quando as condições de dispersão são melhores e as concentrações de MP10 são geralmente mais baixas (EEA, 2012) (MANDERS, 2009).

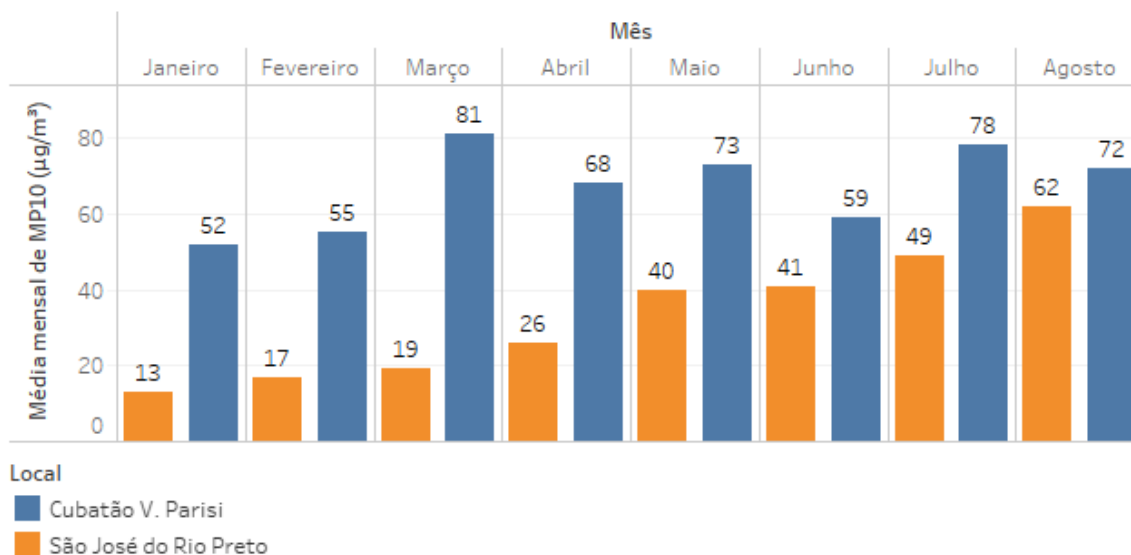
Além disso, não se pode deixar de lado o impacto do tráfego local de caminhões em Cubatão. O fluxo de caminhões no polo industrial interfere na qualidade do ar ao longo do ano todo. Dessa forma, essa alta concentração que se caracterizava principalmente durante o inverno, passou a ser uma constante.

Outro ponto importante está relacionado com o alto índice de MP10 durante os primeiros meses do ano para a região de Cubatão, demonstrado no gráfico 6. Esse fator pode estar relacionado também com a grande quantidade de frotas de caminhões que passam pela região durante esses meses para a distribuição de soja, que tem sua colheita realizada principalmente em março (COPETTI, 2021).

No caso da região de São José do Rio Preto, deve-se acrescentar também as emissões decorrentes da atividade industrial e queima de palha de cana-de-açúcar, provenientes das grandes extensões de plantio da mesma na região (CETESB 2010).

Também é possível observar pelo Gráfico 7 que nos meses de inverno há índices mais elevados de MP10, uma vez que fatores como baixa umidade faz com que MP permaneça na atmosfera por mais tempo. As temperaturas mais baixas colaboram para essa maior quantidade, pois diminuem a turbulência térmica, aumentando ainda mais a concentração (CHENG, 2015).

Gráfico 7 - Concentração de MP10 em 2021

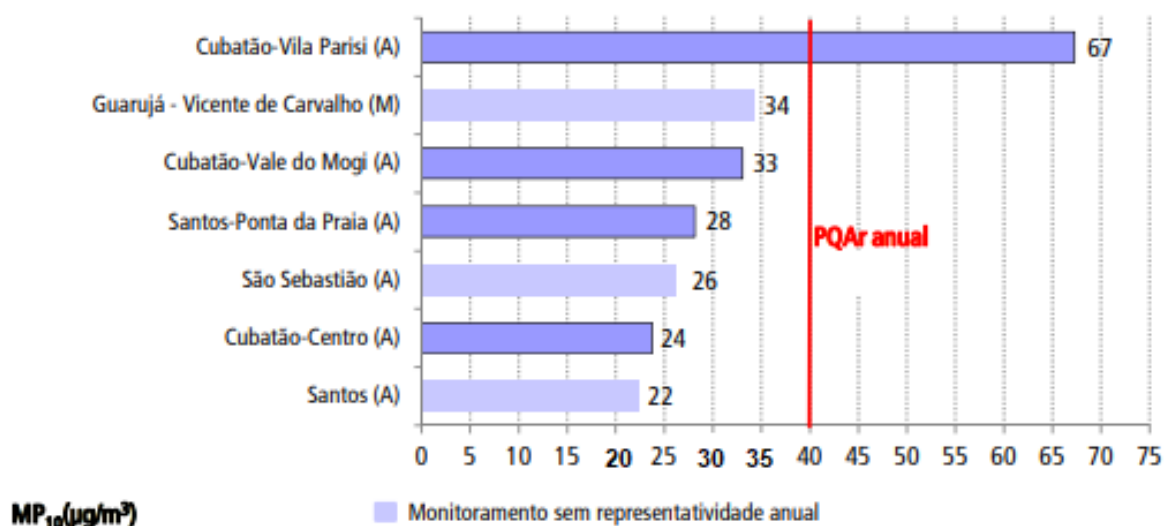


Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme pode ser observado nos gráficos 8 e 9, não houve ultrapassagem para a região de São José do Rio Preto, porém houve para V. Parisi. Essa grande quantidade de MP10 no ar é preocupante, uma vez que por causa dela, Cubatão apresentou diversos problemas ambientais e à saúde humana, sendo o

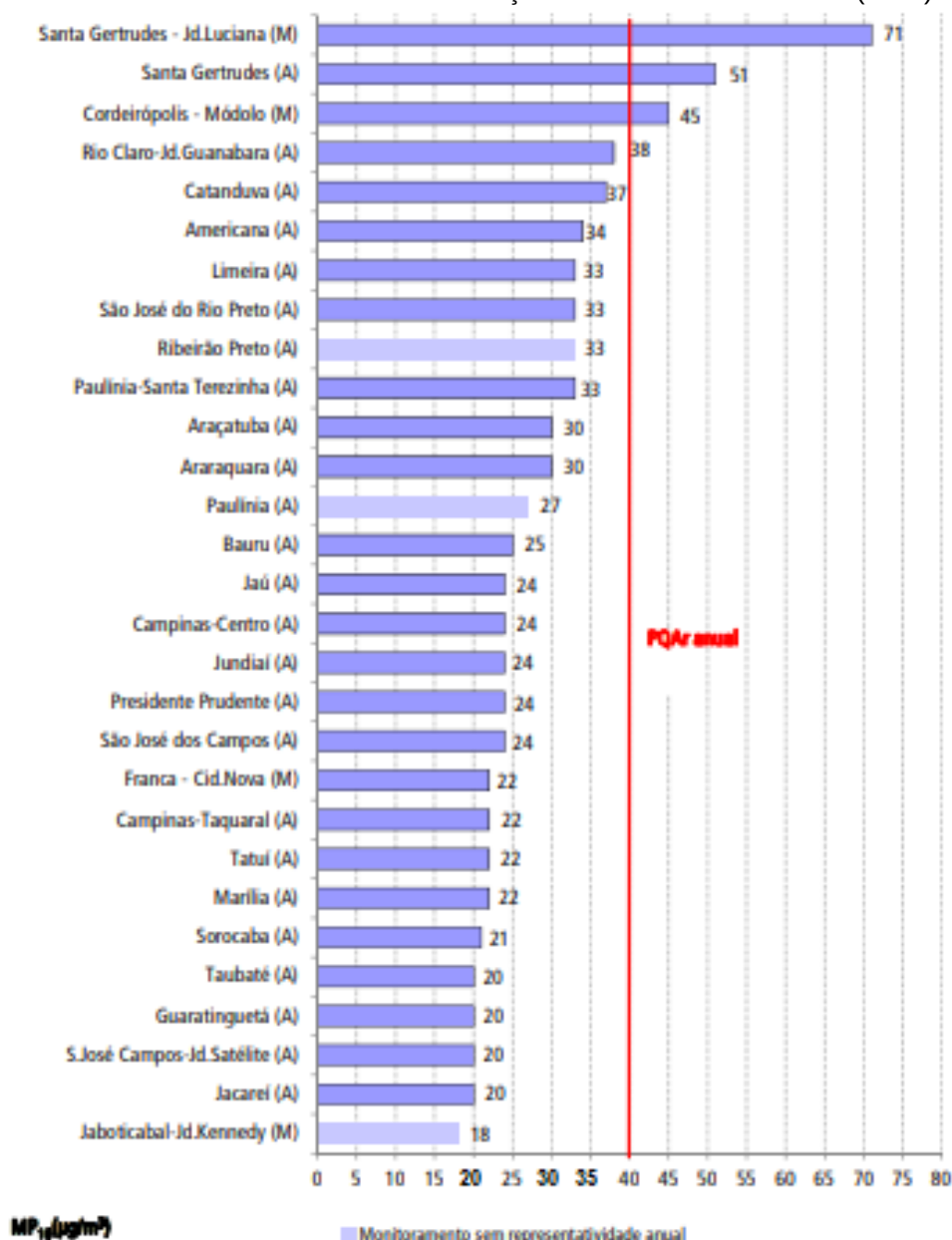
principal causador de casos de doenças cardiorrespiratórias na população. Além disso, a poluição do ar afetou a vegetação da Serra do Mar, que juntamente com as áreas ocupadas nas encostas, ocasionou o desbarrancamento, criando uma situação de emergência (CHENG, 2015).

Gráfico 8 - MP10: Concentrações médias anuais - Baixada Santista e Litoral Norte (2020)



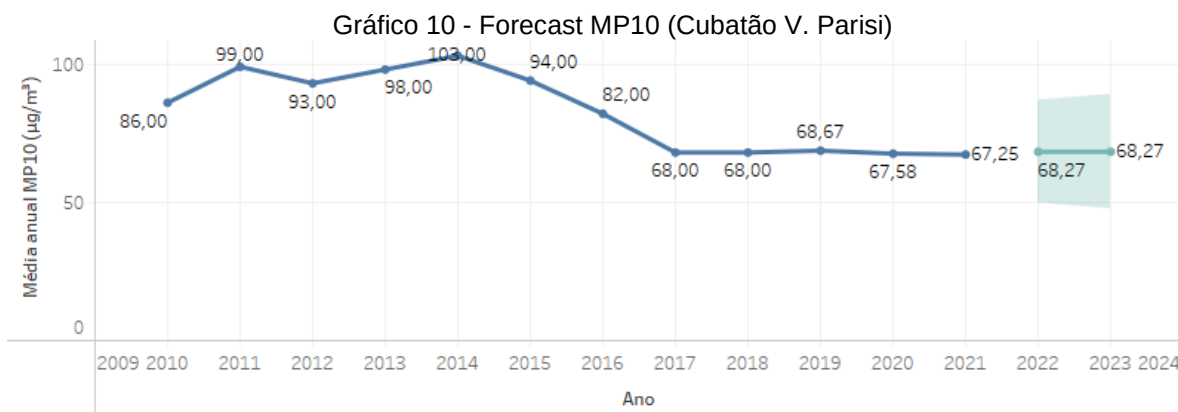
Fonte: (adaptado de CETESB, 2020)

Gráfico 9 - MP10: Concentrações médias anuais - Interior (2020)

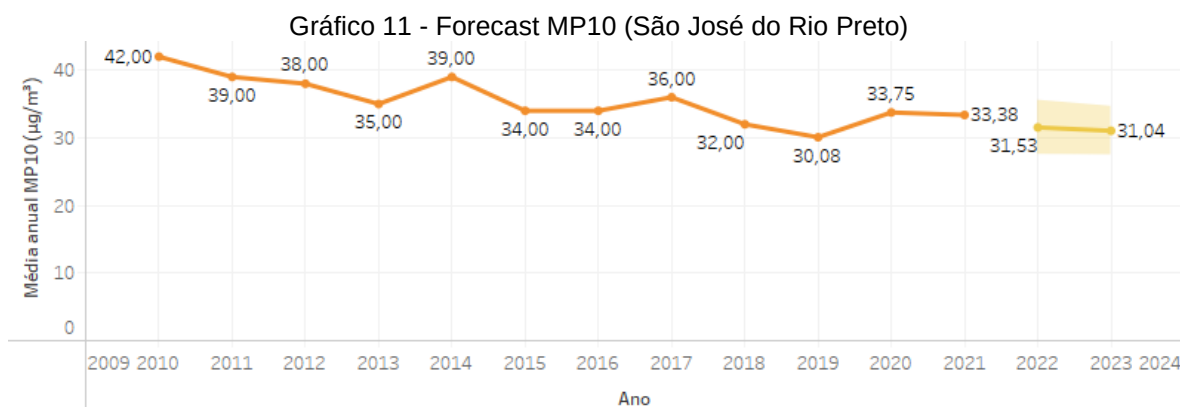


Fonte: (adaptado de CETESB, 2020)

A partir dos dados coletados pela CETESB, foi possível realizar o *forecast* para as duas regiões quanto à concentração de MP10 para os próximos dois anos, apresentados nos Gráficos 10 e 11. Por meio deles é possível observar que há uma tendência de diminuição do mesmo para a região de São José do Rio Preto e aumento para Cubatão - V. Parisi, cenário esse preocupante, conforme apresentado anteriormente.



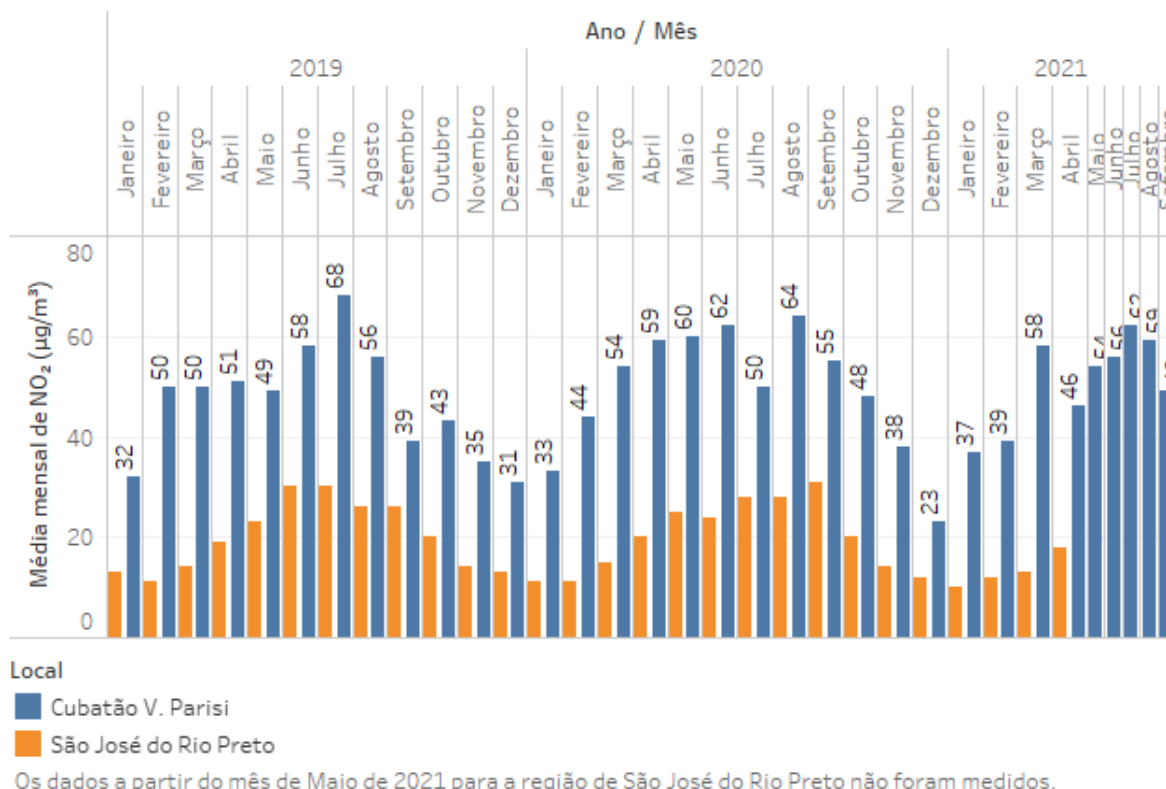
Fonte: Autoria própria (2021).



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.2. NO₂

A concentração de NO₂ seguiu um padrão, como pode ser visto pelo Gráfico 12, principalmente para a região de São José do Rio Preto, onde houve aumento significativo nos meses de maio, junho e julho. Por existir menor intensidade de radiação solar no inverno, o consumo fotoquímico que NO₂ é menos intenso, de modo que há concentrações mais elevadas durante esse período. Pode-se observar também que as concentrações mais baixas de NO₂ são registradas no verão, coincidindo com as condições de instabilidade atmosférica e velocidades do vento que surgem durante essa estação do ano, induzindo a um aumento da dispersão de poluentes (RODRIGUES, 2013). Além disso, é possível observar que o mês de maio apresentou condições atmosféricas mais estáveis, assim como uma diminuição da ocorrência de chuvas e atuação de massas de ar frio, que influenciam diretamente na dispersão atmosférica de poluentes (CETESB, 2021).

Gráfico 12 - NO₂: Concentração média mensal.

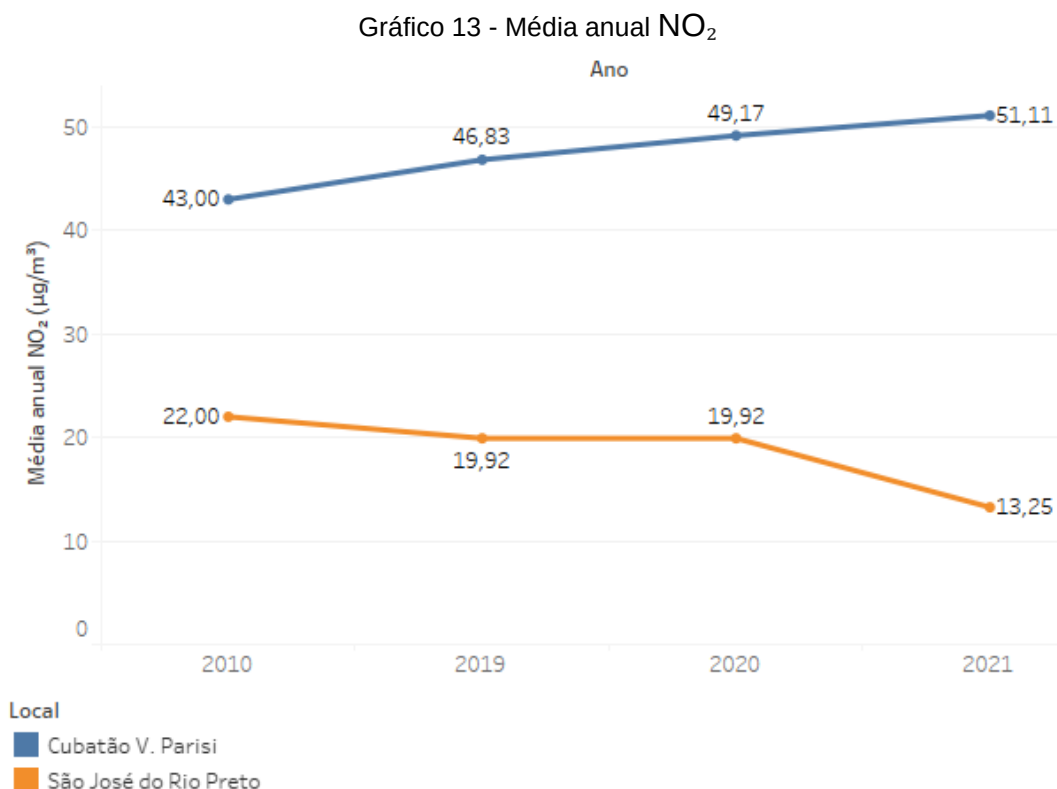
Fonte: Autoria própria (2021).

O NO₂ é considerado um gás tóxico na baixa troposfera, e é resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis como veículos automotores, assim como pela queima de biomassa. Os níveis de concentração desse poluente variam com a hora do dia, estação do ano e com fatores meteorológicos (DARIS, 2015).

A Unidade Vocacional Agropecuária, em que a região de São José do Rio Preto se encontra, possui grandes extensões de plantio de cana-de-açúcar e usinas de produção de álcool e açúcar, que podem contribuir para as emissões atmosféricas tanto por queimadas de palha de cana como pelo processo industrial das referidas usinas (CETESB, 2010). Além disso, há também as queimadas e incêndios, causadas no período de estiagem, que vão de junho a setembro (RIO..., 2021) (SHALDERS, 2020).

Com relação à Cubatão, por ser uma região com grande frota de veículos e intensa atividade industrial, que são fontes de emissão de óxidos de nitrogênio para a atmosfera, apresenta alta emissão de NO₂ praticamente durante todo o ano.

Soma-se a isso o fato de que a região apresenta intensa radiação solar, aliada ao fato da área de estudo se localizar em região litorânea, influenciando assim na dispersão do poluente, ou seja, as condições são favoráveis para que o mesmo se disperse mais rápido (RABELO, 2017).



Fonte: Autoria própria (2021).

Um estudo realizado em estações de monitoramento do ar no estado do Espírito Santo mostrou que as concentrações de NO_2 em alguns pontos monitorados foram influenciadas pelo transporte desse poluente oriundo de outros locais, ou seja, as concentrações do mesmo sofreram influência da dinâmica dos ventos. Dessa forma, é possível que as concentrações de NO_2 encontradas neste trabalho tenham sido influenciadas pela dinâmica dos ventos da região (RABELO, 2017).

O padrão anual de NO_2 em 2020 foi de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor esse que não foi ultrapassado por nenhuma das duas regiões, conforme Gráfico 13 (CETESB, 2020). Tal fato é benéfico, uma vez que altas concentrações de NO_2 podem provocar a chuva ácida, assim como favorece a ocorrência de infecções respiratórias.

5.2.3. IQAr

O cálculo do IQAr é oficialmente realizado para sete poluentes diferentes, SO₂, PTs, PI, Fumaça, CO, O₃ e NO₂, entretanto, o presente trabalho levou em consideração apenas os seguintes parâmetros: NO₂ e MP10, à medida que, para as duas regiões analisadas, só haviam dados para esses dois parâmetros.

Para a determinação da concentração dos poluentes, utilizou-se os dados disponibilizados pela CETESB. Além disso, fez-se necessário a elaboração do *forecast* para os meses que ainda não continham dados. Para isso, utilizou-se os dados referentes às concentrações de MP10 e NO₂ de 2010 a 2021 e, depois disso, foi calculada a previsão para os próximos meses.

Após a determinação das concentrações dos poluentes, o cálculo do IQAr foi realizado para as duas regiões de amostragem. Os valores desse cálculo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - IQAr

Local	MP10	NO2	IQAr
São José do Rio Preto	32,83	19,17	BOA
Cubatão V. Parisi	68,50	48,58	MODERADA

Fonte: Autoria própria (2021).

O poluente que influenciou diretamente a classificação final da qualidade do ar para ambas as regiões foi o MP10, pois ele teve uma grande concentração nesse ponto.

Apesar das regiões terem apresentado um bom IQAr, fez-se também a análise da Distribuição da Qualidade do ar durante os meses de 2021 para Cubatão - V. Parisi e São José do Rio Preto, representadas na Tabela 4 e 5, respectivamente (QUALAR, 2021).

Tabela 4 - Relatório de Distribuição da Qualidade - Cubatão - V. Parisi (jan-set 2021)

Tipo de Rede: Automático Data Inicial: 01/01/2021 Data Final: 28/09/2021
 7 - UGRHI: BAIXADA SANTISTA Município: Cubatão Estação: Cubatão-V.Parisi

MÊS	MP10 (Partículas Inaláveis)					NU	NO2 (Dióxido de Nitrogênio)					NU
	N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
Janeiro	14	16	1	0	0	0	28	0	0	0	0	0
Fevereiro	13	11	2	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Março	4	22	5	0	0	3	31	0	0	0	0	0
Abril	14	10	5	1	0	4	30	0	0	0	0	0
Maio	8	17	6	0	0	1	31	0	0	0	0	0
Junho	10	16	1	0	0	1	13	0	0	0	0	0
Julho	4	19	6	1	0	5	31	0	0	0	0	0
Agosto	13	7	7	4	0	7	31	0	0	0	0	0
Setembro	9	16	2	1	0	3	28	0	0	0	0	0
Total	89	134	35	7	0	24	237	0	0	0	0	0

Fonte: (2021).

Tabela 5 - Relatório de Distribuição da Qualidade - São José do Rio Preto (jan-set 2021)

Tipo de Rede: Automático Data Inicial: 01/01/2021 Data Final: 28/09/2021
 15 - UGRHI: TURVO/GR ANDE Município: São José do Rio Preto Estação: São José do Rio Preto

MÊS	MP10 (Partículas Inaláveis)					NU	NO2 (Dióxido de Nitrogênio)					NU
	N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
Janeiro	27	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0
Fevereiro	10	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
Março	30	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0
Abril	30	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
Maio	28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junho	23	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julho	14	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	11	19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Setembro	5	19	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total	178	65	5	0	0	2	82	0	0	0	0	0

Fonte: (2021).

Analisando a Tabela 4 é possível observar que o parâmetro MP10, em alguns dias dos meses de Abril, Julho e Agosto, apresentou classificação N4, isto é, muito ruim. Esse fato pode ser justificado uma vez que nos meses de junho e julho houve um aumento na contração de material particulado, em função das condições meteorológicas observadas no período de transição entre outono e inverno. Já no mês de agosto, esse aumento na concentração de material particulado ocorre, principalmente em função do propiciamento de condições para a formação de diversos focos de queimadas em áreas urbanas e rurais (CETESB, 2021). O mesmo fato justifica a classificação N3 para a região de São José dos Campos (Tabela 5) no mês de agosto.

Para a região de V. Parisi (Cubatão), que ficou com IQAr moderado, há considerável preocupação, uma vez que para alguns poluentes pode haver problema de saúde para pessoas que são mais sensíveis à poluição do ar (AIR QUALITY INDEX SCALE AND COLOR LEGEND [2021]). Apesar do índice de qualidade do ar ser relativamente bom, é importante destacar que a qualidade do ar ainda é preocupante, à medida que em 2019 foram registradas cerca de 506,9 mil internações causadas por doenças respiratórias no Brasil, o que representa 5,9% das causas de internação (BRASIL, 2020).

Sendo assim, é perceptível a necessidade de um acompanhamento minucioso de programas de controle de poluentes atmosféricos, de forma a promover políticas públicas que melhorem a qualidade de vida da população e do meio ambiente.

6. CONCLUSÃO

No período em que o estudo foi realizado, a região de V. Parisi (Cubatão) apresentou qualidade do ar moderada, sendo que o poluente que mais afetou essa classificação foi o MP10. O principal motivo para o alto índice de partículas inaláveis é o grande aglomerado de indústrias petroquímicas, siderúrgicas, químicas, fertilizantes entre outras que a região apresenta. Além disso, com esse polo industrial presente no município há um fluxo intenso de caminhões que interligam Cubatão com o seu entorno, interferindo diretamente na qualidade do ar. Isso significa que as pessoas que residem nesse local podem estar expostas a alguns riscos à saúde, principalmente a parte da população que é mais sensível à poluição do ar.

Já São José do Rio Preto apresentou uma classificação de qualidade do ar “boa”. Apesar disso, o acompanhamento dos parâmetros para essa região é de fundamental importância, uma vez que a área possui grande relevância na atividade canavieira e é conhecida pela queima da palha da cana de açúcar, que é responsável pela liberação de partículas e gases prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

A partir dos dados apresentados pode-se concluir que a qualidade do ar está diretamente ligada a atividade econômica da região. Dessa forma, o monitoramento e o controle das emissões geradas por elas são indispensáveis.

Espera-se que o IQAr calculado no presente trabalho possa se apresentar como uma ferramenta que ajudará a população local a entender e se interessar sobre a qualidade do ar da região. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo são de caráter pontual, sendo assim, faz-se necessário que o monitoramento dos poluentes atmosféricos continuem sendo realizados.

REFERÊNCIAS

AIR quality index scale and color legend. [2021]. Disponível em: <https://aqicn.org/scale/pt/>. Acesso em: 16 set. de 2021.

BRASIL, Cristina Indio do. Doenças respiratórias causaram maioria das internações em 2019. **Agência Brasil**. Rio de Janeiro, 1 jul. 2020. Saúde. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-07/doencas-respiratorias-causaram-maioria-das-internacoes-em-2019>. Acesso em: 16 set. 2021.

CARNEIRO, R.M.A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica**: uma contribuição para a saúde da comunidade. Orientador: Angela Maria Magosso Takayanagui. 2004. Dissertação (Pós-Graduação em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004.

CASTRO, A. H., SILVA, G. M., & ARAÚJO, R. S. **Qualidade do ar-parâmetros de controle e efeitos na saúde humana**: uma breve revisão. *Holos*, 5, 107-121. 2013.

CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo**. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CETESB. **Padrões de Qualidade do Ar**. Secretaria de Meio Ambiente. São Paulo. [20--?]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 23 mai. 2021.

CETESB. **Boletim Mensal da Qualidade do Ar para o Estado de São Paulo - Nº 8**. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/09/Boletim-Mensal-da-Qualidade-do-Ar-para-o-Estado-de-Sao-Paulo-Agosto-2021.pdf>. Acesso em: 29 set. de 2021.

CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo/2010**. 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>. Acesso em: 16 set. de 2021.

CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo/2020**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/05/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>. Acesso em: 16 set. de 2021.

CHENG, M. S. et al. **Desafios da gestão da qualidade do ar**: dinâmicas e padrões de qualidade do ar no município de Cubatão e entorno. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

COUTO, J. M. **Entre estatais e transnacionais: o Pólo Industrial de Cubatão**. 2003. Orientador: José Ricardo Barbosa Gonçalves. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia da UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

DARIS, D. P. et al. **Qualidade do ar oriunda de tráfego urbano em uma cidade de porte médio**. 2015. Orientador: Luciana Brandli. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

DA SILVA, A. F., & VIEIRA, C. A. Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras. **Ciência e Sustentabilidade**, Juazeiro do Norte, v. 3, n. 1, p. 166-189, jan/jun. 2017.

CARVALHO, R. Queimadas na região de Rio Preto aumentam 42%. **Diário da Região**, São José do Rio Preto, 31 ago. 2020. Disponível em: <https://www.diariodaregiao.com.br/cidades/2020/08/1204797-queimadas-na-regiao-de-rio-preto-aumentam-42.html>. Acesso em: 29 set. de 2021.

CARVALHO, R. Cana-de-açúcar representa 80% da produção agrícola na região de Rio Preto. **Diário da Região**, São José do Rio Preto, 06 jun. 2021. Disponível em: <https://www.diariodaregiao.com.br/economia/cana-de-acucar-representa-80-da-producao-agricola-na-regiao-de-rio-preto-1.46126>. Acesso em: 13 jan. 2022.

EEA. **Particulate matter from natural sources and related reporting under the EU Air Quality Directive in 2008 and 2009**. EEA Technical Report. 2012. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/particulate-matter-from-natural-sources>. Acesso em: 20 set. 2021.

RIO Preto amanhece coberta por fumaça; Cetesb avalia qualidade do ar como 'muito ruim'. **G1**, Rio Preto, 17 jul. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/noticia/2021/08/17/rio-preto-amanhece-coberta-por-fumaca-cetesb-avalia-qualidade-do-ar-como-muito-ruim.ghtml>. Acesso em: 16 set. de 2021.

GRILLI, M. 31% da área queimada no Brasil em 2019 foi destinada para uso da agropecuária. **Globo Rural**, São Paulo, 17 dez. 2020. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2020/12/31-da-area-queimada-no-brasil-em-2019-foi-destinada-para-uso-da-agropecuaria.html>. Acesso em: 29 set. de 2021.

HORGNIER, M.; DUBOIS-BRUGGER, I.; GARTNER, E.M. NO_x de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions. **Cement and Concrete Research**, França, v. 42, n. 10, p.1348-1355, out. 2012.

IBGE. **Catálogo**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=447568&view=detalhes>. Acesso em: 12 dez. 2021.

COPETTI, T. RS se aproxima do final de uma colheita de soja recorde. **Jornal do Comércio**. Porto Alegre, 15 mar. 2021. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/agro/2021/03/784752-rs-se-aproxima-do-final-de-uma-colheita-recorde-de-soja.html. Acesso em: 29 set. de 2021.

KUMAR, P.; FENNELL, P.; BRITTER, R. Effect of wind direction and speed on the dispersion of nucleation and accumulation mode particles in an urban street canyon. **Science of the total environment**, v. 402, n. 1, p. 82-94. 2008.

MAGALHÃES, L. C. **Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG**. Orientador: Mauricio Xavier Coutrim. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MANDERS, A. M. M. et al. **The contribution of sea salt to PM10 and PM2. 5 in the Netherlands**. BOP report, v. 500099004, 2009.

MANTOVANI, K. C. C. et al. Poluentes do ar e internações devido a doenças cardiovasculares em São José do Rio Preto, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 2, p. 509-516, fev. 2016.

MERGEL, A. L. L. Energia eólica no meio rural: contribuições para o desenvolvimento socioeconômico. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Air Quality Guidelines for Europe**. 2000. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107335/9789289013581-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jan. 2022.

QUALAR - QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório - Média Mensal**. 2021. Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/relMediaMensal.do?method=pesquisarInit>. Acesso em: 13 jan. 2022.

QUEROL, X. et al. Monitoring of PM10 and PM2. 5 around primary particulate anthropogenic emission sources. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 5, p. 845-858. 2001.

RABELO, L. C. D. S. **Avaliação da qualidade do ar em uma área industrial, Complexo do Pecém (CE), através do índice de qualidade do ar**. Orientador: Rivelino Martins Cavalcante. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

RICARDO ENERGY & ENVIRONMENT. **Quantification and correction of natural particulate matter in Gibraltar**. Report for Gibraltar Environmental Agency. 2015. Disponível em:

http://www.gibraltarairquality.gi/assets/documents/Gib_natural_quantification_2014_v3.pdf. Acesso em: 13 jan. 2022.

RODRIGUES, A. F. S. B. **Avaliação da qualidade do ar a longo prazo da cidade de Lisboa**. Orientador: Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

SANTANA, E. et al. **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

SANTOS, H. L., et. al. **Relação entre Poluentes Atmosféricos e suas Consequências Para A Saúde**. Intraciência Revista Científica. Garujá, v. 17, p. 01-24, 2019.

SHALDERS, André. Brasil entrará em temporada de queimadas sem plano para a Amazônia. Bbc News Brasil, Brasília, 2 jul. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-53259453>. Acesso em: 16 set. 2021.

TABLEAU. **Como funciona a previsão no tableau**. [20--?]. Disponível em: https://help.tableau.com/current/pro/desktop/pt-br/forecast_how_it_works.htm. Acesso em: 16 set. de 2021.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Particulate Matter (PM) Pollution**. [2021] Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM> . Acesso em: 13 jan. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Pollution: Current and Future Challenges**. [2021]. Disponível em: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges> . Acesso em: 13 jan. 2022.

VESILIND, P. A., MORGAN, S. M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

XIE, X.; LIU, C.; LEUNG, D. YC. Impact of building facades and ground heating on wind flow and pollutant transport in street canyons. **Atmospheric Environment**, Hong Kong, v. 41, n. 39, p. 9030-9049, dez. 2007.