



**JAQUELINE ALICE DA SILVA DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO MONÓXIDO DE  
CARBONO (CO) DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO  
MUNICÍPIO DE GUARULHOS-SP**

**LAVRAS-MG  
2021**

**JAQUELINE ALICE DA SILVA DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO MONÓXIDO DE CARBONO (CO)  
DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO MUNICÍPIO DE GUARULHOS-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para obtenção do título de Bacharel.

Prof.a DSc. Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

**JAQUELINE ALICE DA SILVA DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO MONÓXIDO DE CARBONO (CO)  
DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO MUNICÍPIO DE GUARULHOS-SP**

**EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF CARBON MONOXIDE (CO)  
DURING THE COVID-19 PANDEMIC IN THE MUNICIPALITY OF GUARULHOS-  
SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária, para obtenção do título  
de Bacharel.

APROVADA em 25 de novembro de 2021.  
DSc. Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi UFLA  
MSc. Marcelo Tesser Antunes Prianti UFLA  
BSc. Jaqueline Natiele Pereira UFLA

Prof.<sup>a</sup> DSc. Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos, que diretamente e indiretamente contribuíram para com a minha vida acadêmica, principalmente pelas pessoas que conheci em Guarulhos-SP, pelas pessoas que conheci em Rio Grande-RS e é claro, pelas pessoas que conheci em Lavras-MG.

Agradeço a minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> DSc. Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi, mais do que professora e orientadora, esteve para comigo em vários momentos da minha vida, inclusive nos momentos em que eu não estive para comigo mesma.

Agradeço a Psicóloga Renata Serra Rodarte Vieira, que me acompanhou durante a minha vida acadêmica e que me apresentou o Psiquiatra Marcelo Wagner Viana, vocês cuidaram e cuidam de mim e espero levar esse cuidado para além da vida acadêmica e é por vocês que hoje posso agradecer a Família que reencontrei.

Minha mãe, Terezinha, meu Pai, Aparecido, obrigada por me ajudarem a estudar, pelas minhas irmãs, Jéssica, Thaís e Maísa, pelas “crias”, Mateus, Davi e Samuel, a quem tanto amo, pela minha tia Preta e em especial, a minha avó, Isabel, pelo Gustavo, vizinho irmão.

Agradeço a todos os professores, em especial, ao Prof.<sup>o</sup> D.Sc. Ronaldo Fia, que desde o início da minha vida acadêmica esteve presente e que também mais que professor, esteve em vários momentos da minha vida.

Agradeço ao Prof.<sup>o</sup> D. Marcelo de Carvalho Alves, primeira pessoa a me inserir numa bolsa institucional, a me apresentar a topografia, a me ensinar a ser monitora e também, uma das pessoas a me ensinar a continuar a acreditar e trabalhar por um ensino acessível e de qualidade.

Agradeço a Prof.<sup>a</sup> D. Marina Elisei Serra, que também me ensinou a ser monitora, que me permitiu gostar mais ainda de topografia, que me ensinou a buscar o melhor e oferecer o melhor.

Agradeço ao meu treinador, Prof.<sup>o</sup> D. Fernando Roberto de Oliveira, que me permitiu viver o melhor do melhor no Atletismo, que me permitiu ser CRIA-LAVRAS. Agradeço também ao meu treinador Alberto, que me permitiu ser UFLARUNNERS, treinar contribui para com a minha vida acadêmica e contribuirá para toda minha vida.

Agradeço a Nathaly Cristine Ferreira, mais que colega de curso, admiro pela profissional e acima de tudo, pelo ser humano que é.

Agradeço a minha banca, Marcelo Tesser Antunes Prianti e Jaqueline Natiele Pereira, pela disposição, pelos conselhos.

Agradeço a Universidade Federal de Lavras, UFLA, mais que uma formação acadêmica, aprendi (e aprendo) a ser gente.

## RESUMO

A compreensão da atmosfera terrestre, especificamente da troposfera, é de extrema importância, visto que é onde ocorre a maioria dos fenômenos atmosféricos e, conseqüentemente, a dispersão dos poluentes como o monóxido de carbono (CO), que é poluente primário e considerado o principal poluente encontrado nos grandes centros urbanos das regiões metropolitanas. A dispersão dos poluentes na atmosfera está intimamente ligada às condições meteorológicas da região, como da temperatura e umidade relativa do ar (UR), chuva e velocidade do vento, assim como das condições de estabilidade atmosférica. Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a concentração de monóxido de carbono (CO) durante a pandemia (2020) da COVID-19, comparando-a aos anos sem pandemia (2019) e depois do primeiro (1º) bloqueio parcial/*Lockdown* (2021), para os meses de março a agosto no município de Guarulhos-SP. A região de trabalho foi o município de Guarulhos-SP, numa área industrial, sendo Guarulhos um dos municípios que fazem parte da Região Metropolitana de São Paulo-SP (RMSP). O poluente CO foi obtido pela estação automática de monitoramento, Guarulhos-Pimentas e, os dados de temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento, também foram obtidos por esta estação, na qual é monitorada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Os dados diários, oriundos de relatórios, foram gerados com representatividade pelo próprio sistema da CETESB. Os dados de CO foram organizados para os períodos (2019, 2020 e 2021) nos meses de março a agosto, tendo sido aplicado o Teste t de *Student* para compará-los. Os dados de elementos meteorológicos foram comparados aos dados da Normal Climatológica (NC) 1981 – 2010, que foram obtidos pela Estação Guarulhos (83075) pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em geral, os resultados indicam que houve diferença significativa entre a concentração de CO ocorrida durante a pandemia da COVID-19 em 2020 comparada aos anos antes da pandemia (2019) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021). Observou-se também, que a concentração de CO após o 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021) retornou às concentrações antes da pandemia da COVID-19 (2019).

**Palavras-chave:** Poluição Atmosférica. RMSP. Coronavírus. Poluente Primário. Via Dutra.

## ABSTRACT

Understanding the Earth's atmosphere, specifically the troposphere, is extremely important, as this is where most atmospheric phenomena occur and, consequently, the dispersion of pollutants such as carbon monoxide (CO), which is a primary pollutant and considered the main pollutants found in large urban centers in metropolitan regions. The dispersion of pollutants in the atmosphere is closely linked to meteorological conditions in the region, such as temperature and relative humidity (RH), rain and wind speed, as well as atmospheric stability conditions. The objective of this study was to evaluate the concentration of carbon monoxide (CO) during the COVID-19 pandemic (2020), comparing it to the years without pandemic (2019) and after the first (1st) partial blockade /Lockdown (2021), for the months of March to August in the city of Guarulhos-SP. The working region was the municipality of Guarulhos-SP, in an industrial area, with Guarulhos being one of the municipalities that are part of the Metropolitan Region of São Paulo-SP (RMSP). The CO pollutant was obtained by the automatic monitoring station, Guarulhos-Pimentas, and the temperature and relative humidity and wind speed data were also obtained by this station, which is monitored by the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB). The daily data, originating from reports, were generated with representation by the CETESB system itself. The CO data were organized for the periods (2019, 2020 and 2021) from March to August, using the Student's t test to compare them. The meteorological elements data were compared to the Climatological Normal (NC) 1981 – 2010 data, which were obtained by the Guarulhos Station (83075) belonging to the National Institute of Meteorology (INMET). In general, the results indicate that there was a significant difference between the CO concentration that occurred during the COVID-19 pandemic in 2020 compared to the years before the pandemic (2019) and after the 1st partial lockdown/Lockdown (2021). It was also observed that the concentration of CO after the 1st partial block/Lockdown (2021) returned to concentrations before the COVID-19 pandemic (2019).

**Keywords:** Atmospheric Pollution. RMSP. Coronavirus. Primary Pollutant. Via Dutra.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 COMPREENDENDO A ATMOSFERA TERRESTRE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 COMPREENDENDO O CO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENDO O CO .....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 COVID-19 E CO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 CARACTERIZAÇÃO DE GUARULHOS E DA ESTAÇÃO GUARULHOS- PIMENTAS .....</b>	<b>19</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>31</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais de abrangência global, pois, independem da fonte de emissão e dos poluentes que a constituem, podendo assim, migrar para outros locais. Essa migração depende das condições meteorológicas serem favoráveis ou não a dispersão dos poluentes atmosféricos, haja vista, a importância do monitoramento da qualidade do ar juntamente com as variáveis meteorológicas como a temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, precipitação, condições de estabilidade atmosférica, entre outros. Logo, não existe fronteira geopolítica para a poluição atmosférica, sendo este um problema ambiental que atinge, de modo direto ou indireto, a saúde humana.

Em função das características da poluição atmosférica, principalmente em relação a migração dos poluentes, é necessário que as ações para lidar com este tipo de problema sejam coletivas. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é a responsável pelo monitoramento da qualidade do ar, a qual avalia poluentes do ar atmosférico como material particulado inalável ( $MP_{10}$ ), partículas inaláveis finas ( $MP_{2,5}$ ) dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), ozônio troposférico ( $O_3$ ), monóxido de carbono (CO), entre outros. Neste estudo daremos ênfase a concentração do CO.

Os poluentes atmosféricos são classificados em poluentes primários e secundários, devido apresentarem características e consequências específicas. Os poluentes primários são aqueles emitidos direto da fonte de emissão, gerados por fontes fixas como as indústrias e por fontes móveis como a frota veicular. O CO é um poluente primário considerado como o principal poluente encontrado nos grandes centros urbanos, como na região metropolitana de São Paulo-SP (RMSP). O CO não é perceptível, ou seja, não é visível. Além disso, não possui odor, e é devido a determinada concentração que pode afetar a saúde humana e de todo o meio (direto e indireto) no qual estiver inserido.

O avanço industrial, a expansão territorial e o rápido crescimento da frota veicular no país, trouxe diversas preocupações ambientais como as relacionadas aos aumentos de emissões dos poluentes atmosféricos, como o CO, principalmente em regiões metropolitanas. O município de Guarulhos-SP, que faz parte da RMSP, apresentou em seu processo de urbanização características extremamente rápidas em relação a expansão territorial e populacional sem que o município desenvolvesse medidas significativas de planejamento. Na década de 50, por exemplo, foi implementado rodovias como a Presidente Dutra (Via Dutra),

que possui proximidade de regiões onde se concentram atualmente indústrias como Bauduco, parque industrial Cumbica; redes de hotel como Pullman, Sleep; aeroporto internacional de Guarulhos-SP (GRU Airport), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU). Consequentemente a frota veicular de Guarulhos é significativa. De acordo com o Observatório de Segurança Viária de Guarulhos (OSV-GRU), em 2019 a frota veicular total era de 705.649 e em 2020 era de 723.860 para um território de 318,675 km<sup>2</sup>, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Além do tráfego veicular intenso, que emite altas concentrações de poluentes atmosféricos e que é uma preocupação mundial, no final de 2019, ocorreu outro problema global que também atingiu Guarulhos, um novo tipo de coronavírus, resultando numa pandemia pela doença da COVID-19, que também foi divulgada pelo Ministério da Saúde, Brasil (MS; 2019). No dia 16 de março de 2020 Guarulhos declarou situação de emergência através de Decreto Municipal nº 36.711 e no dia 23 de março de 2020, através de Decreto Municipal nº 36.757, declarou situação de calamidade pública, ocorrendo assim, o primeiro (1º) bloqueio parcial/*Lockdown*.

## **2 OBJETIVOS**

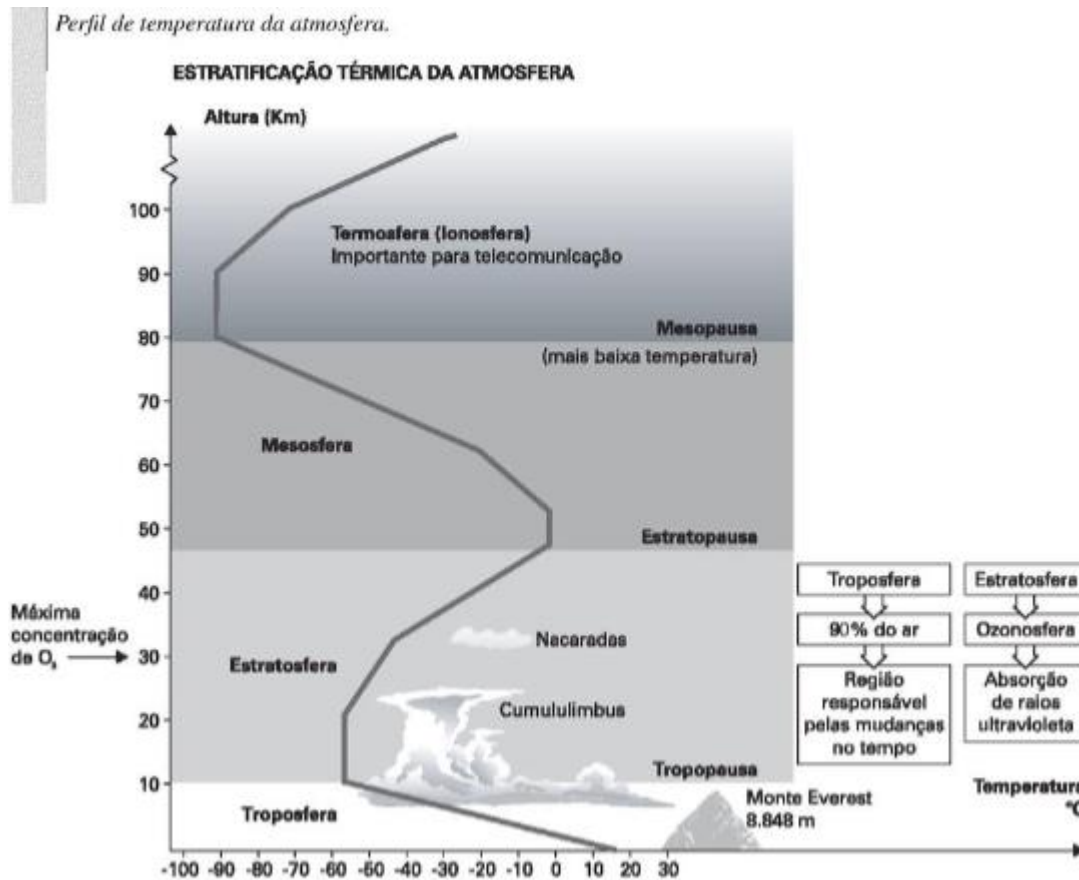
Este trabalho teve como finalidade avaliar a concentração CO durante as medidas de distanciamento social adotadas na pandemia causada pela COVID-19, entre os meses de março a agosto, antes (2019), durante (2020) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021) para Guarulhos.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 COMPREENDENDO A ATMOSFERA TERRESTRE**

A atmosfera terrestre é caracterizada como a região acima da superfície da Terra e para compreender como ela se comporta, esta é classificada em camadas, nas quais são melhores estruturadas com a variação da temperatura (gradiente térmico) em função da altitude, ou seja, a estratificação térmica da atmosfera, de acordo com a Figura 1 (BRAGA et al., 2005).

Figura 1 – Estratificação térmica da atmosfera.



Fonte: Braga et al. (2005).

Também de acordo com a Figura 1, 90% do ar atmosférico (ar) se encontra na camada chamada troposfera, que é a camada caracterizada acima da superfície da Terra se estendendo em média de 10 à 12km de altitude com a temperatura diminuindo com a altitude em cerca de  $-6,5^{\circ}\text{C}$  a cada 1km (BRAGA et al., 2005).

No ar estão presentes gases como Nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), Oxigênio ( $\text{O}_2$ ), Argônio (Ar) e Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) sendo  $\text{N}_2$  o mais abundante (BAIRD; CANN, 2011).

Por fim, na Figura 1, comparada com as outras camadas, a troposfera é a de menor tamanho e a que se encontra mais próxima da superfície da Terra, ela também é responsável pelas condições climáticas e pelas condições meteorológicas da Terra (BRAGA et al., 2005).

### 3.2 COMPREENDENDO ALGUNS DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As condições meteorológicas (troposfera) são analisadas a partir dos elementos meteorológicos como a temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, precipitação, radiação solar, pressão atmosférica, entre outros (DERÍSIO, 2012); sendo estes de extrema importância no estudo, compreensão e caracterização do estado da atmosfera terrestre em determinado local e instante.

A temperatura do ar é influenciada principalmente pela radiação solar, que além de proporcionar calor, também proporciona iluminação na Terra e esta, por sua vez, assim como qualquer corpo com temperatura diferente de 0 K, emite radiação, ou seja, calor (BISCARO, 2007). A radiação solar varia ao longo do dia porque tanto o Sol quanto a Terra estão em movimento, logo, a temperatura do ar também varia ao longo do dia (BISCARO, 2007).

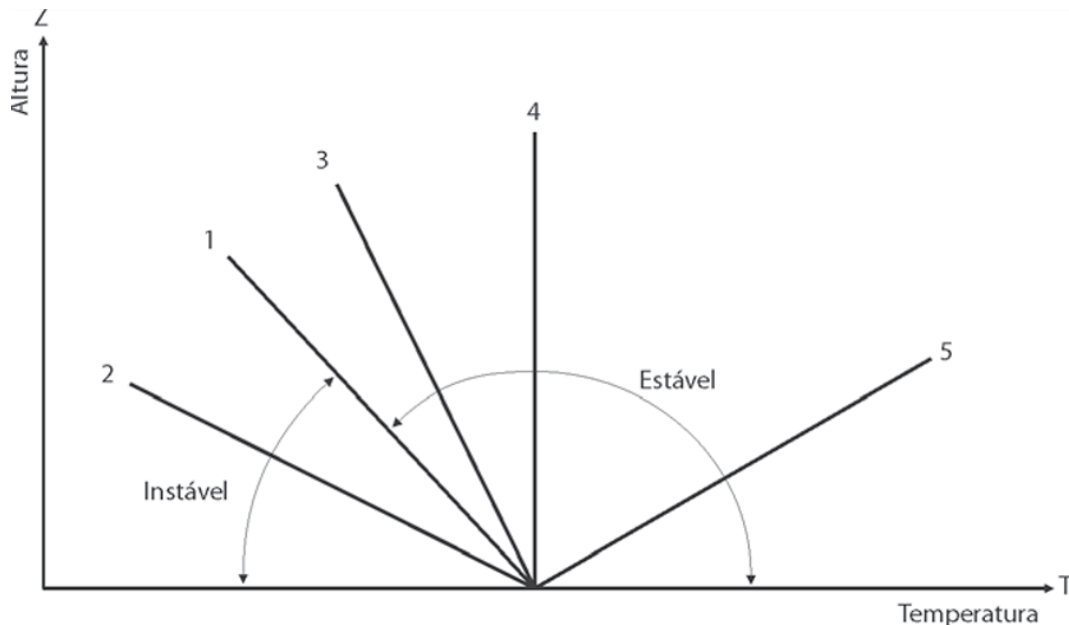
O elemento meteorológico chuva é a água e independente do seu estado e mecanismo de formação, quando a água se transforma em vapor no ar, ela é chamada de umidade do ar (BISCARO, 2007). A umidade do ar é influenciada pela temperatura do ar, logo, quanto maior a radiação solar, maior a temperatura do ar e conseqüentemente, maior a quantidade de água evaporada, porém, o ar só consegue reter até uma determinada parte da água evaporada e quando isso ocorre se diz que o ar está saturado de vapor d'água (BISCARO, 2007). A razão entre a quantidade de água evaporada e a quantidade de vapor d'água que saturaria o ar, em função da temperatura e pressão atmosférica é chamada de umidade relativa do ar (UR) (Ynoue et al., 2017).

A pressão atmosférica é a força que o ar exerce por unidade de área (Ynoue et al., 2017). A variação da pressão atmosférica com a variação da temperatura faz com que o ar se desloque horizontalmente pela superfície da Terra, de zona de alta pressão para zona de baixa pressão (Ynoue et al., 2017). Ademais, a força envolvida na superfície da Terra e o movimento da Terra fazem com que este ar, em função destas variações, obtenha direção e velocidade, originando o vento (BISCARO, 2007).

Os Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo (RQAESP) de 2019 e 2020, disponibilizados CETESB (2021), constatam que o período de maio a setembro (inverno para SP) como o período no qual as condições meteorológicas são mais desfavoráveis para dispersão dos poluentes primários, como o CO, devido a maior ocorrência de estabilidade do ar, associada aos ventos fracos, alta porcentagem de calmaria; inversões térmicas e baixo volume de chuva (o período de alto volume de chuva é de outubro a abril, sendo ambas, estações predominantes no SP, conseqüentemente, para Guarulhos também).

A Figura 2 se refere à estabilidade do ar em função da aceleração e temperatura do ar, permitindo assim, diferentes condições da atmosfera terrestre (DERÍSIO, 2012).

Figura 2 – Perfil de estabilidade do ar.



Fonte: DERÍSIO (2012).

Na Figura 2, abaixo da reta 1, significa que o ar possui instabilidade, ou seja, as forças ascensionais favorecem o movimento vertical, logo, ocorre dispersão dos poluentes primários como o CO (DERÍSIO, 2012). Acima da reta 1 significa que o ar possui estabilidade, ou seja, as forças ascensionais são contra o movimento vertical, logo, não ocorre a dispersão dos poluentes primários, como o CO, conseqüentemente, ocorrem também alta porcentagem de calmaria, ventos fracos (DERÍSIO, 2012).

A inversão térmica é caracterizada por uma camada de ar quente que prende sobre determinado local, é o caso de cidades como São Paulo e Guarulhos, devido aos seus processos de urbanização, impedindo a dispersão dos poluentes primários (CETESB, 2021). Ou seja, ao invés da temperatura do ar diminuir com a altitude, ela aumenta em função dos poluentes primários, como o CO, possuírem temperatura maior que a temperatura do ar (DERÍSIO, 2012).

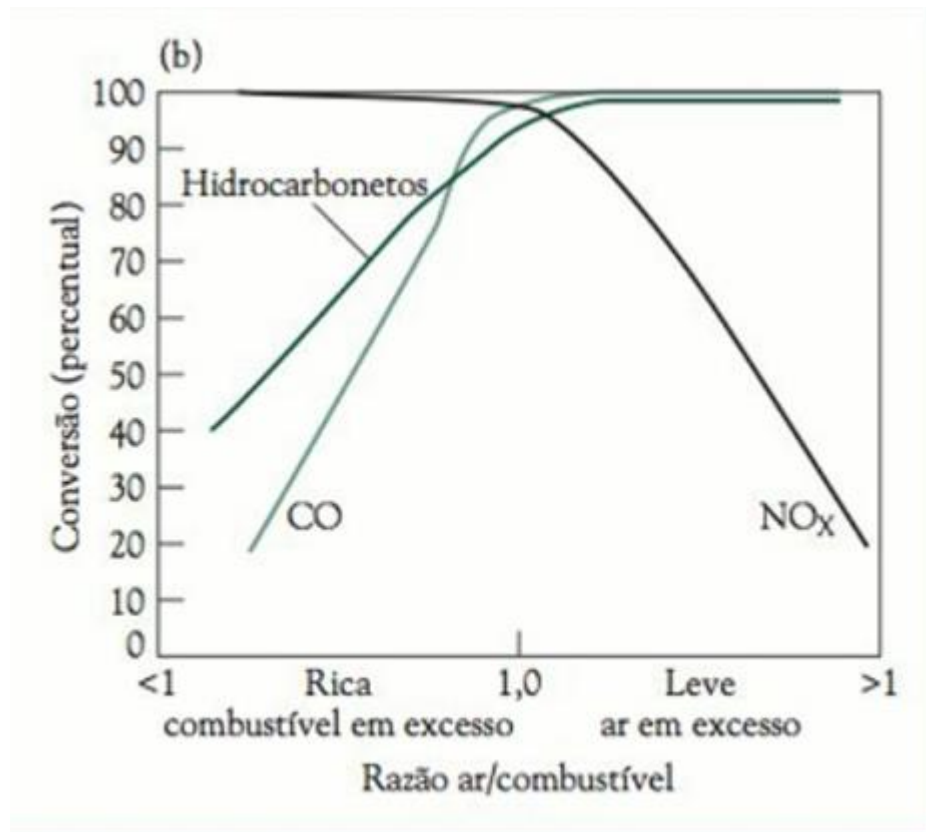
A baixa umidade relativa do ar, associada a menores temperaturas, menores intensidades de vento e menores intensidades de chuvas observadas nas épocas de inverno, também é uma das condições desfavoráveis a dispersão dos poluentes no ar, conseqüentemente, implica em altas concentrações de poluentes no ar das grandes cidades como São Paulo e Guarulhos (CETESB, 2021).

### 3.3 COMPREENDENDO O CO

O CO também pode ser emitido por fontes naturais, como incêndios, oxidação de outros gases, tendo sua duração de vida por meses (BAIRD; CANN, 2011). O CO como poluente primário de fonte móvel (frota veicular) é devido, principalmente, à combustão incompleta em veículos (DERÍSIO, 2012), logo, possui padrão de qualidade do ar (CETESB, 2021).

A Figura 3 (BAIRD; CANN, 2011) se refere a razão estequiométrica entre o ar e o combustível.

Figura 3 – Razão estequiométrica ar/combustível



Fonte: Baird e Cann (2011).

Para que a frota veicular tenha baixa emissão do CO, é necessário que a razão estequiométrica esteja próxima de 1, senão, o catalisador não será efetivo para oxidação, de acordo com a Figura 3 (BAIRD; CANN, 2011).

Na RMSP a emissão de CO é principalmente em função de veículos da categoria automóveis e motocicletas, SP detém de 40% da frota veicular do país sendo que só a RMSP detém 48% da frota total do estado em apenas 3,2% de território, possuindo em média, 21

milhões de habitantes que corresponde a 47% da população total do estado (RQAESP, 2020). Ainda para com a RMSP, fonte móvel (tráfego veicular) e fonte fixa (indústrias) emitiram aproximadamente 117 mil t/ano de CO, desse total, os veículos são responsáveis por 96% de emissão de CO (RAQESP, 2020).

Em relação a saúde humana o CO afeta o quanto o sangue pode transportar oxigênio, devido a hemoglobina possuir 210 vezes mais afinidade por CO do que por oxigênio (DERÍSIO, 2012). Mesmo a baixo nível, isso pode causar diminuição dos reflexos (relacionado ao movimento involuntário do corpo humano) e acuidade visual (DERÍSIO, 2012).

Outra substância também presente no ar é o radical livre hidroxila (OH) e é ele quem oxida (não apenas este, como a maioria dos gases presentes no ar) o CO independente da sua fonte de emissão, logo, o OH é o responsável pela “limpeza” do CO no ar e de outros gases (BAIRD; CANN, 2011). Consequentemente, há um limite para essa “limpeza” e o processo que resulta neste OH envolve outras camadas atmosféricas (BAIRD; CANN, 2011).

### **3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL ENVOLVENDO O CO**

Algumas das normas jurídicas para com o meio ambiente antecedem a Constituição Federal do Brasil (CF, 1988) sendo uma delas, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA, 1981), que foi totalmente recepcionada pela CF (BRASIL, 1988), sendo que ambas garantem que o meio ambiente é um bem incorpóreo, insusceptível de medida de valor, indisponível, intergeracional e consequentemente, metaindividual. A CF (BRASIL, 1988) também garante que o estado tenha competência para legislar de maneira concorrente em matéria ambiental.

Em SP quem legisla é a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP), a nível federal é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A CETESB (2021) é responsável pelo monitoramento e controle de poluentes atmosféricos e de alguns dos elementos meteorológicos em SP e também pela proposta de algumas normas jurídicas neste âmbito.

A Tabela 1 se refere ao histórico de acontecimentos e das principais normas jurídicas para poluentes atmosféricos a nível estadual (SP) e a nível federal (União), além do período de ocorrência e suas atuais observações, de acordo com a ALESP, CETESB e CONAMA.

Já a Tabela 2, semelhante a Tabela 1, também se refere às principais normas jurídicas para poluentes atmosféricos que estão vigentes.

Tabela 1 – Histórico das normas jurídicas para poluentes do ar atmosférico.

<b>Período</b>	<b>Histórico</b>	<b>Nível</b>	<b>Observações</b>
<b>década 60</b>	Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar (CICPAA)	SP	Transferida para CETESB em 1975
<b>1976</b>	<b>Lei n° 997/1976</b> Controle da Poluição do Meio Ambiente	SP	Atualizada
	Decreto n° 8.468/1976		Revogada pelo <b>Decreto n° 59.113/2013</b>
<b>1986</b>	Resolução CONAMA n° 018/1986 Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores ( <b>PROCONVE, 1986</b> )	União	Alterada e Complementada por outras Resoluções CONAMA
<b>1989</b>	Resolução CONAMA n° 05/1989 Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar ( <b>PRONAR, 1989</b> )	União	Itens 2.2.1 e 2.3 revogada pela Resolução <b>CONAMA n° 491/2018</b>
<b>1990</b>	Resolução CONAMA n° 03/1990 Padrões de Qualidade do Ar	União	Revogada pela Resolução <b>CONAMA n° 491/2018</b>
<b>1995</b>	Resolução CONAMA n° 015/1995 Correlações + Plano de Controle da Poluição por Veículo em Uso ( <b>PCPV, 1995</b> )	União	Revogada pela Resolução <b>CONAMA n° 418/2009</b>
<b>2002</b>	Resolução CONAMA n° 297/2002 Limites de Gases Poluentes por Ciclomotores, Motociclos e Veículos Similares Novos ( <b>PROMOT, 2002</b> )	União	Alterada Resolução <b>CONAMA n° 493/2019</b>

Fonte: Da autora (2021), adaptada da ALESP, CETESB e CONAMA.

Tabela 2 – Normas jurídicas vigentes para poluentes do ar atmosférico.

<b>Data</b>	<b>Normas jurídicas vigentes</b>	<b>Nível</b>
<b>09 nov.2009</b>	<b>Lei n° 13.798</b> Política Estadual de Mudanças Climáticas	SP
<b>25 nov.2009</b>	Resolução <b>CONAMA n° 418/2009</b> Correlações + ( <b>PCPV, 2009</b> )	União
<b>23 abr.2013</b>	<b>Decreto n° 59.113/2013</b> Novos Padrões de Qualidade do Ar	SP
<b>19 nov.2018</b>	Resolução <b>CONAMA n° 491/2018</b> Padrões de Qualidade do Ar	União
<b>20 dez.2018</b>	Resolução <b>CONAMA n° 492/2018</b> L7, L8 ( <b>PROCONVE, 2018</b> )	União
<b>24 jun.2019</b>	Resolução <b>CONAMA n° 493/2019</b> M5 ( <b>PROMOT, 2019</b> )	União

Fonte: Da autora (2021), adaptada da ALESP, CETESB e CONAMA.

O Decreto Estadual n° 59.113/2013 e a Resolução CONAMA n° 491/2018 (Tabela 2) estabelecem o mesmo PF para o CO, assim como também estabelecem os mesmos critérios para declaração de estados de Atenção, Alerta e Emergência conforme a Tabela 3.



Tabela 3 – Padrão de Qualidade do Ar para o CO e seus respectivos critérios.

<b>Padrão de Qualidade do Ar para o CO</b>					
Poluente	Tempo de Amostragem	M/PI1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	M/PI2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	M/PI3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>PF</b> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
CO	8 h	-	-	-	<b>9 ppm</b>
<b>Critérios para episódios agudos para o CO</b>					
CO (ppm)	8 h	Atenção 15	Alerta 30	Emergência 40	

Fonte: Da autora (2021), adaptada da ALESP (2013), CONAMA (2018) e CETESB (2021).

As metas intermediárias, MI e/ou PI, não se aplicam para o CO conforme Tabela 3. Também conforme mencionado, as Tabelas 1 e 2 demonstram o histórico e as normas jurídicas vigentes para poluentes do ar atmosférico, sendo que o Decreto Estadual n° 8.468/1976 (ALESP, 1976) revogado pelo atual Decreto Estadual n° 59.113/2013 (ALESP, 2013) e este, por sua vez, em consonância com a Resolução CONAMA n° 491/2018 (BRASIL, 2018), antecedeu a maioria das normas jurídicas à nível federal, como por exemplo, o padrão para qualidade do ar e critérios para episódios agudos para o CO.

Além do monitoramento estratégico do CO (local e instantâneo) estabelecido pelo Decreto Estadual n° 59.113/2013 (ALESP, 2013), se faz necessário o controle do CO, ou seja, normas jurídicas que estabelecem padrões de emissão de fontes não naturais devido a combustão incompleta (ou não) em veículos. Essas normas jurídicas, que também incluem o CO, referem-se ao Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT) (Tabela 2), ou seja, levam em consideração projeto e fabricação de determinado veículo, motociclo para atender determinada legislação, conseqüentemente, nível de emissão. Também levam em consideração o aumento da emissão em função de condições do motor e equipamentos devido ao uso, de acordo com o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo (REVESP, 2019). A troca do carburador pela injeção eletrônica, na década de 90, para atender as fases L2 e L3 do PROCONVE, foram uma das ações significativas para redução do CO (CETESB, 2021).

Ou seja, além de se caracterizar como um dos poluentes atmosféricos primários de fonte móvel, o CO também é um dos gases de exaustão (proveniente da queima de combustível no motor e lançado pelo escapamento), de acordo com o REVESP, 2019.

De acordo com o REVESP (2019) disponibilizado pela CETESB (2021), o PROCONVE segue-se para veículos do tipo automóveis a fases L7 e L8 da Resolução CONAMA n° 492/2018 (BRASIL, 2018) enquanto o PROMOT, segue para veículos do tipo Motociclos a fase M5 da Resolução CONAMA n° 493/2019 (BRASIL, 2018) (Tabela 2). A obrigatoriedade do Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV) pela Resolução CONAMA n° 418/2009 (BRASIL, 2009), é uma das maneiras de garantir essas fases, sendo estas revistas pelos órgãos ambientais a cada 3 anos. A CETESB (2021) disponibilizou os últimos PCPV referentes aos períodos de 2017-2019 e 2020-2022. Para SP, o PCPV também está previsto no Decreto Estadual n° 59.113/2013 (ALESP, 2013) que está em consonância com a Lei Estadual n° 13.798/2009 (ALESP, 2009).

### **3.5 COVID-19 E CO**

A OMS (2021) reconheceu uma nova infecção respiratória aguda através da nova cepa do coronavírus, SARS-CoV-2, que é responsável pela doença COVID-19. Esta doença se manifestou no final de dezembro de 2019 e em 30 de janeiro de 2020 a OMS (2021) a declarou como surto, atribuindo a denominação de Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII). No dia 11 de março de 2020 a OMS (2021) declarou a doença COVID-19 como uma pandemia, ou seja, de abrangência local a COVID-19 se tornou de abrangência global.

No Brasil o primeiro caso confirmado ocorreu em São Paulo no dia 26 de fevereiro de 2020 (NAKADA; URBAN, 2020). Já em Guarulhos anunciou no dia 16 de março de 2020 os dois primeiros casos confirmados (GUARULHOS, 2020).

Tanto a OMS (2021) quanto o Ministério da Saúde (MS, 2021) estabeleceram mandatos, medidas e estratégias sendo as principais o distanciamento social, o uso de máscara e o uso de álcool em gel. Devido a isto, SP (NAKADA; URBAN, 2020) e conseqüentemente, Guarulhos (GUARULHOS, 2020) adotaram períodos de bloqueio parcial para conter a propagação da COVID-19. Uma das conseqüências desses bloqueios foram melhorias na qualidade do ar atmosférico devido a diminuição do tráfego veicular (NAKADA; URBAN, 2020).

Nakada e Urban (2020) realizaram comparações como períodos com bloqueio parcial (4 semanas durante) e sem bloqueio parcial (4 semanas antes) para o MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> e outros poluentes atmosféricos, como o CO. Escolheram estações em SP. Os autores puderam constatar que o MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> e o CO (entre 36 a 64%) tiveram % de redução em suas concentrações devido ao bloqueio parcial e que resultou em melhorias significativas na qualidade do ar em SP (NAKADA; URBAN, 2020).

Quase um ano após a publicação do estudo pelos autores Nakada e Urban (2020), ainda são publicados estudos que constataam que o MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> e a maioria dos poluentes atmosféricos, como o CO, tiveram redução em suas concentrações devido ao bloqueio parcial e que também resultaram em melhorias significativas na qualidade do ar em SP (SARRA e MÜLFARTH, 2021). Um deles é o estudo de Sarra e Mülfarth (2021) que realizaram comparações nos períodos do dia 11 ao dia 20 de março de 2020, anterior ao bloqueio parcial e ao período do dia 22 ao dia 31 de março de 2020, durante o bloqueio parcial e também escolheram o mês de abril de 2020 e o mês de abril de 2021 para MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> e a maioria dos poluentes atmosféricos, como o CO e que também apresentaram reduções significativas (48% para o CO) sendo o local de estudo a RMSP.

O estudo de Nakada e Urban (2020) e o estudo de Sarra e Mülfarth (2021), constataam que é possível a redução das concentrações dos poluentes atmosféricos, como o CO, mesmo em locais como a RMSP. Recentemente a OMS (2021) atualizou as diretrizes estabelecidas para os parâmetros universais de poluentes atmosféricos. Assim como na de 2005, as diretrizes estabelecidas em 2021 não são passíveis de responsabilidade jurídica, mas são de ferramentas políticas (OMS, 2021). O CO passa a apresentar como PF 4 mg/m<sup>3</sup> (equivalente a 1,5036 ppm) e intermediário de 7 mg/m<sup>3</sup> (equivalente a 2,613 ppm) nas condições de 20 °C e 1.013 hPa de curto prazo de 24h (WHO, 2021). Um dos motivos desta atualização é de devido a poluição atmosférica ser um dos piores problemas ambientais, além disso, ainda de acordo com a OMS (2021), estima-se que anualmente a exposição à poluição atmosférica causa quase 7 milhões de mortes prematuras, além de milhões de perdas de anos de vidas saudáveis e que também estimou que em 2019, 90% da população global viviam em locais em que as concentrações dos poluentes atmosféricos, estabelecidos em 2005, excediam.

Dantas et al., (2020) avaliaram o efeito do bloqueio parcial na cidade do Rio de Janeiro-RJ e observaram resultados semelhantes aos encontrados por Nakada e Urban (2020). Mostafa et al. (2021) também observaram no Egito reduções de CO (5%), NO<sub>2</sub> (15-33%) e no índice de

absorbância por aerossóis (30%), assim como, à redução de 75% no nível de ruído ambiental e redução de 4% na emissão de gases de efeito estufa (GEE).

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DE GUARULHOS E DA ESTAÇÃO GUARULHOS-PIMENTAS

O município de Guarulhos apresentou população estimada de 1.404.694 habitantes para um território de 318,675 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021).

A Tabela 4 se refere os valores da frota veicular para Guarulhos em 2019, 2020 e 2021 além de número de habitantes.

Tabela 4 – Frota veicular total, automóvel, motocicleta, ônibus e número de habitantes para os anos 2019, 2020 e 2021 em Guarulhos-SP.

<b>Frota veicular em Guarulhos-SP</b>			
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Veículos total	705.649	723.860	731.408
Automóvel	469.284	477.968	480.759
Motocicleta	91.139	94.937	96.539
Ônibus	4.117	4.058	4.073
Habitantes	1.379.182	1.392.121	1.404.694

Fonte: Da autora (2021), adaptada IBGE (2021) e OSV-GRU (2021).

De acordo com o Plano Municipal de Mobilidade Urbana de Guarulhos (PMU, 2019), totalizam-se 2.780 km de vias municipais e de 65,4 km de vias de todas as rodovias e constata que Guarulhos faz parte da RMSP e que representa cerca de 7% desta população, na qual esta, concentram-se 39 municípios, sendo Guarulhos classificada na sub-região leste, conforme Lei Complementar n° 1.139/2011 (ALESP).

Logo, Guarulhos para o período de maio a setembro (inverno para todo SP) também possui condições meteorológicas mais desfavoráveis para dispersão dos poluentes primários, como o CO, devido a maior ocorrência de estabilidade do ar, associada aos ventos fracos e alta

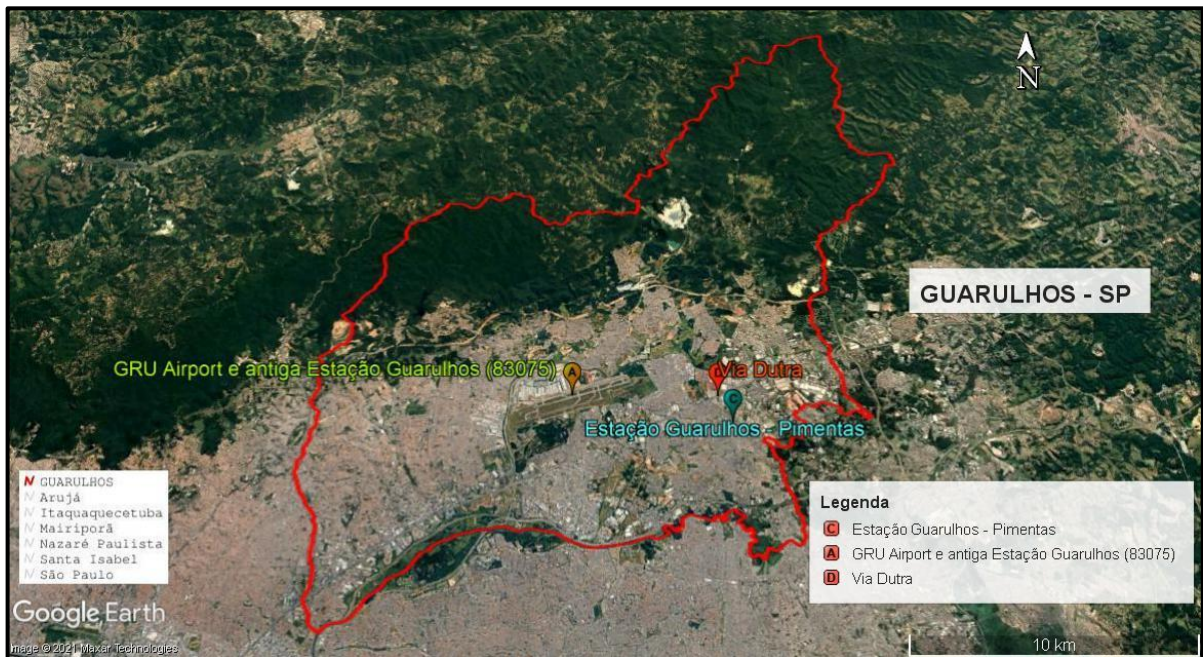
porcentagem de calmaria; inversões térmicas e baixo volume de chuva, sendo o período de alto volume de chuva de outubro a abril, conforme apresentado neste item 3.2.

Além disso, uma das características dos municípios que fazem parte da RMSP é que estes apresentaram processo de urbanização extremamente alto, num curto período de tempo (PMU, 2019). Isto também foi para com Guarulhos, que surgiu em torno de São Paulo e que apesar de apresentar alto desenvolvimento econômico, o desenvolvimento social não é proporcional a este, conseqüentemente, a desigualdade social no município é alta (PMU, 2019). Quando a OMS (2021) estimou que no ano 2019, 90% da população global viviam em locais em que as concentrações dos poluentes atmosféricos, estabelecidos em 2005, excediam; também foi afirmado que em locais com desigualdade social alta são os que são mais afetados pela poluição atmosférica.

Com relação a estação automática Guarulhos-Pimentas (CETESB, 2021), esta possui localização na Rua Imperial, 230, próximo ao hospital municipal Pimentas-Bonsucesso no Parque das Nações; localização esta fornecida pelo sistema de informações da qualidade do ar (QUALAR, 2021) da CETESB (2021). Esta estação possui escala de bairro, que significa raio de abrangência de 501 a 4.000m (RQAES, 2020).

A Figura 4, na escala de 10 km e nortada, gerada com uso do Google Earth Pro e camada da GuaruGeo (GUARULHOS, 2021), ilustra o limite de Guarulhos; posição da estação meteorológica Guarulhos (83075), que foi monitora pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), sendo está coincidindo com posição do GRU Airport (de latitude de -23,43 e longitude de -46,47); posição da estação Guarulhos-Pimentas, que distancia menos de 2km da Via Dutra. Ademais, demonstra os municípios vizinhos: Arujá, Itaquaquecetuba, Mairiporã, Nazaré Paulista, Santa Isabel e São Paulo.

Figura 4 – Limite de Guarulhos e municípios vizinhos; posição do GRU Airport, Estação Guarulhos (83075), Estação Guarulhos-Pimentas e Via Dutra.



Fonte: Da autora, adaptada, Google Earth Pro e GuarUGeo (2021).

Devido às estratégias adotadas em função da pandemia, Guarulhos adotou estratégias via decretos, (GUARULHOS, 2020). Os principais decretos estão descritos na Tabela 5.

A Tabela 5 ilustra, de maneira resumida, o período, principais decretos e observações durante a pandemia (2020).

Tabela 5 – Período, principais decretos e observações no início da pandemia em Guarulhos.

<b>Período: Durante a pandemia (2020)</b>	<b>Decretos</b>	<b>Observações</b>
<b>01-15 mar.</b>	Antes da Pandemia	-
<b>16-22 mar.</b>	DECRETO Nº 36711	Guarulhos declarou situação de emergência
<b>23/mar. -05/mai.</b>	DECRETO Nº 36757	Guarulhos declarou situação de calamidade pública, 1º bloqueio parcial/ <i>Lockdown</i>
<b>06-10 mai.</b>	DECRETO Nº 36835	1º prorrogação
<b>11-29 mai.</b>	DECRETO Nº 36843	2º prorrogação
<b>30/mai. – 30/jun.</b>	DECRETO Nº 36884	3º prorrogação
<b>01-31 jul.</b>	DECRETO Nº 36988	4º prorrogação

Fonte: Adaptada da autora (2021) e Guarulhos (2020, 2021).

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Neste estudo as variáveis analisadas estão dispostas na Tabela 6, que também ilustra como são medidos e como são calculados.

Tabela 6 – Variáveis estudadas.

	<b>Método</b>	<b>Cálculo</b>
<b>CO (ppm)</b>	Infravermelho não dispersivo (GFC)	Maior média móvel de 8h e horário que ocorreu no dia
<b>Temperatura (°C)</b>	Temistor resistivo de platina (PT100)	Maior valor e horário que ocorreu no dia
<b>UR (%)</b>	Elemento capacitivo	Menor valor e horário que ocorreu no dia
<b>Velocidade do vento (m/s)</b>	Ultrassônico	Média do dia

Fonte: Adaptada da autora (2021) e RQAESP (2019, 2021).

O CO, temperatura, UR e velocidade do vento foram gerados através do QUALAR (2021), em relatórios, por valores diários, com representatividade do próprio sistema, ou seja, interpreta que haja no mínimo 16 dados válidos no dia para gerar 1 valor de dia. Escolheu-se a estação Guarulhos-Pimentas (automática), entre os meses de março a agosto, para antes (2019), durante (2020) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021). Para ter acesso ao QUALAR é necessário realizar cadastro.

Neste estudo, os resultados foram elaborados a partir de planilha de excel de Microsoft Office Professional Plus 2016 (excel, 2016). Para o CO foi aplicado o teste estatístico, Teste T de *Student*, que visa comparar hipóteses, na qual duas hipóteses geram afirmações verdadeiras ou falsas. Ou seja, a comparação resulta em significativa ou não significativa. Neste caso, significativa ao nível de 5%, implica que 95% da afirmação é verdadeira (Tabela 7).



Tabela 7 – Período de análise estatística, Test t, para o CO.

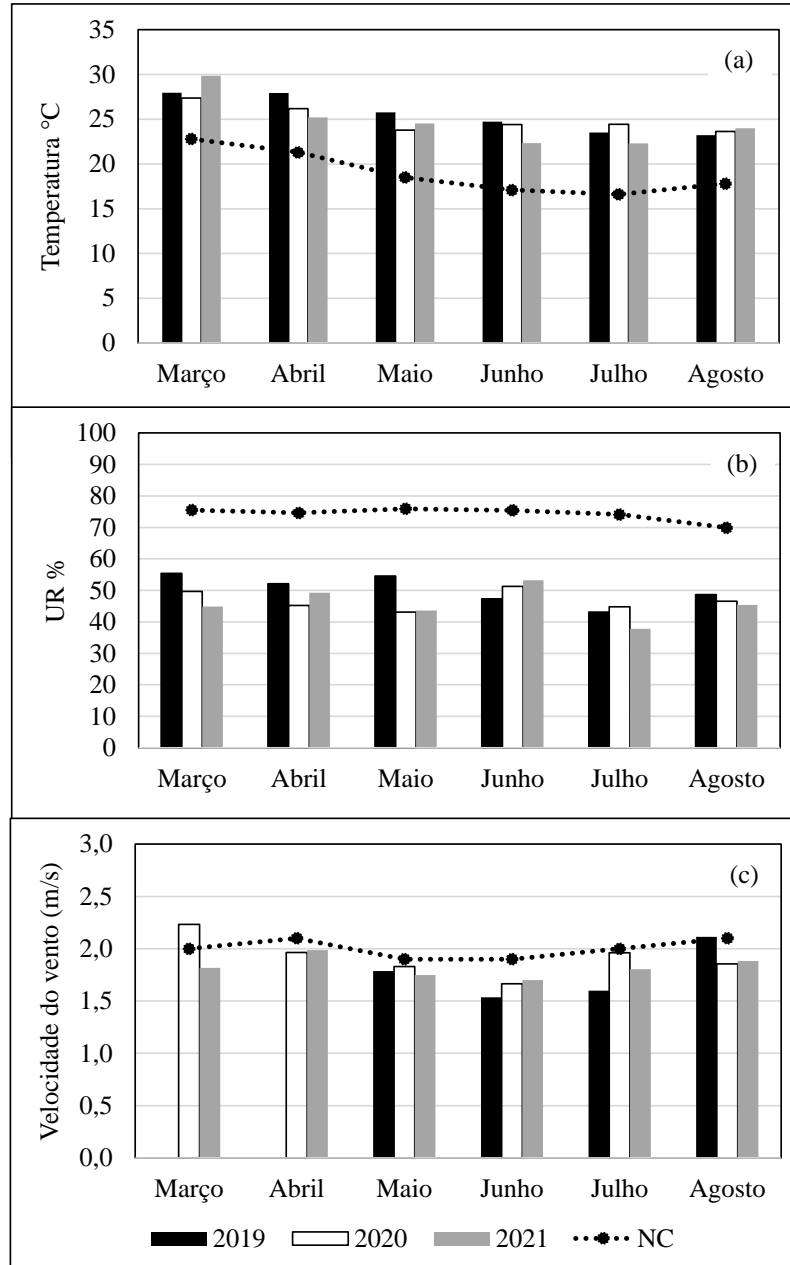
<b>Período</b>	<b>Observações</b>	<b>Variáveis estatísticas</b>	<b>Test t</b>
<b>01/03/2019 a 31/08/2021</b>	Todo o período	Média, Mediana, Desvio Padrão (Des. Pad), Mínimo (Min) e Máximo (Max)	2019_2020 2020_2021 2019_2021
<b>23/3/2020 a 31/07/2020</b>	<i>Lockdown e prorrogação</i>		
<b>23/3/2020 a 05/5/2020</b>	<i>Lockdown</i>		
<b>06/5/2020 a 10/5/2020</b>	1º prorrogação <i>Lockdown</i>		
<b>11/5/2020 a 29/5/2020</b>	2º prorrogação <i>Lockdown</i>		
<b>30/5/2020 a 30/6/2020</b>	3º prorrogação <i>Lockdown</i>		
<b>01/7/2020 a 31/7/2020</b>	4º prorrogação <i>Lockdown</i>		

Fonte: Da autora (2021).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 ilustra o comportamento das variáveis meteorológicas temperatura do ar, UR e velocidade do vento comparadas a Normal Climatológica (NC) de 1981-2010.

Figura 5 – Variação comportamental dos elementos meteorológicos para o município de Guarulhos-SP, no período de março a agosto de 2019 a 2021, comparados a normal climatológica de 1981 a 2010.



Fonte: Da autora (2021).

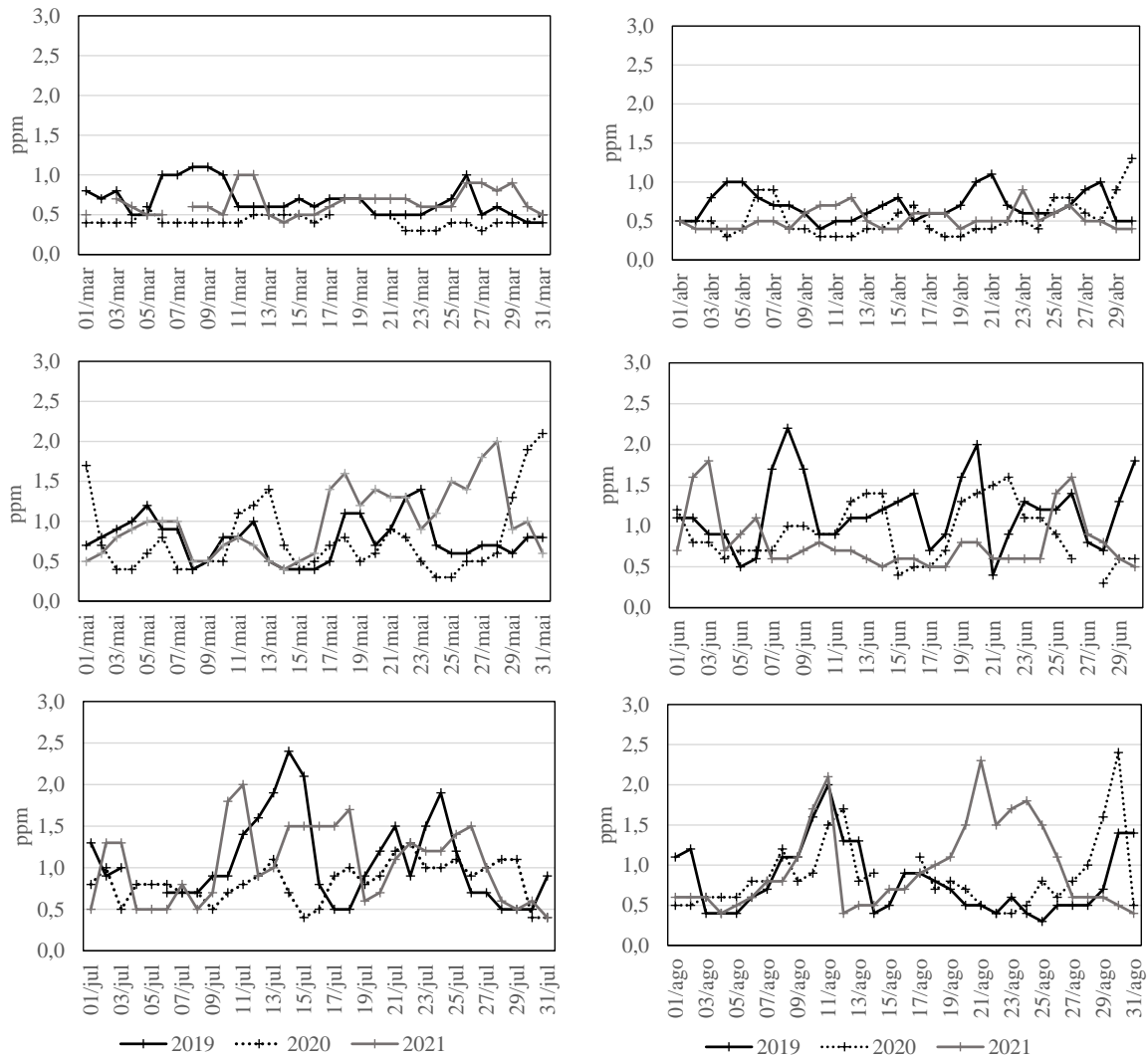
Na Figura 5 (a) a temperatura entre os meses de março a agosto, antes (2019), durante (2020) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021) estão acima da NC 1981 – 2010, o que pode ser considerado como uma anomalia. As altas temperaturas em março é devido ao verão e o período de maio a setembro é caracterizado como inverno para SP, logo, para Guarulhos. Espera-se que o esboço gráfico da UR seja o inverso, de acordo com o item 3.2 do

REFERENCIAL TEÓRICO, a Figura 5 (b) corrobora isso. Já a Figura 5 (c), de março a junho durante (2020) a pandemia, a velocidade do vento diminuiu, aumentou em julho e voltou a diminuir em agosto. No mês de março, conforme Tabela 5, foi quando Guarulhos declarou emergência e calamidade pública, ou seja, início do 1º bloqueio parcial/*Lockdown*, a velocidade do vento entre os meses de março a agosto durante a pandemia (2020) foi maior no mês de março, ficando acima da NC 1981 – 2010, também se apresentou como maior antes (2019) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown*. Então março durante a pandemia (2020), não foi desfavorável, analisando este parâmetro, para dispersão dos poluentes atmosféricos, como o CO.

A Figura 6 se refere a concentração diária máxima de média móvel de 8h (conforme Tabela 6) do CO (CO Max) a partir da análise estatística, assim como a Figura 7, sendo a análise estatística demonstrada na Tabela 8, com período estipulado pela Tabela 7.

Na Figura 7, para março durante a pandemia (2020), CO Max ficou próximo de 0,5 ppm. Comparado com o mesmo mês antes (2019) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021), que ficaram pelo menos em 1,00 ppm, o CO Max teve redução. De acordo com a Figura 5, março não foi desfavorável para dispersão dos poluentes primários. A Figura 6 demonstra que em março (2020) CO Max quase não variou. Além disso, via decretos (Tabela 5), 23/mar e 27/mar tiveram redução de 40 e 60% respectivamente no transporte público e via decretos (Tabela 5), serviços tiveram redução e/ou paralisação como bares, restaurantes, cinemas, mantendo apenas serviços tidos como essenciais, como mercados, farmácias, hospitais, logo, as medidas de distanciamento social refletiram no fluxo do tráfego veicular causando diminuição, já que quem pode, escolheu o trabalho remoto. A CO Max ficou próxima e/ou superou 1,00 ppm apenas no final de abril e início de maio, de acordo com a Figura 6 e Figura 7. A Tabela 8, no período de *Lockdown* 23/3/2020 a 05/5/2020, confirma que a redução do CO foi significativa. Ou seja, quando se compara esse período antes da pandemia (2019), o Test t foi de 0,0021<sup>S</sup>. Logo, essa redução do CO foi significativa devido a pandemia causada pela doença da COVID-19.

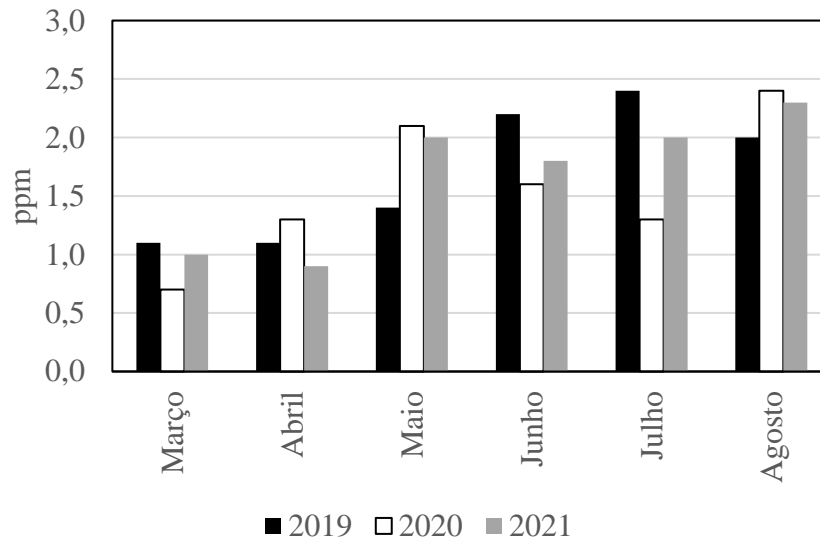
Figura 6 – CO Max em Guarulhos-SP no período de março a agosto de 2019 a 2021.



Fonte: Da autora (2021).

Além dos meses de maio a setembro serem períodos desfavoráveis a dispersão dos poluentes primários, as medidas de distanciamento social são mais expressivas à curto prazo do que a longo prazo. Apesar dos períodos 1º prorrogação/*Lockdown* 06/5/2020 a 10/5/2020; 2º prorrogação/*Lockdown* 11/5/2020 a 29/5/2020 e 3º prorrogação/*Lockdown* 30/5/2020 a 30/6/2020 a variação do CO Max não ter sido significativa quando se compara ao período antes da pandemia (2019) (Tabela 8), o período total deste estudo, ou seja, 01 de março a 31 de agosto de 2020, quando comparado com 2019, a redução do CO Max foi significativa. Diferente de 2021 comparado com 2019, conforme a Tabela 8. A Figura 6 e a Figura 7 demonstra que o CO Max durante a pandemia (2020) foi ocorrer no final de agosto, próximo de 2,5 ppm e para nenhum período, ocorreu ultrapassagem do padrão de qualidade do ar do CO (Tabela 3).

Figura 7 – CO Max em Guarulhos-SP no período de março a agosto de 2019 a 2021.



Fonte: Da autora (2021).

O período *Lockdown* e prorrogação 23/3/2020 a 31/07/2020 quando comparado com 2019, também apresentou redução do CO Max significativo, sendo de 0,0002<sup>S</sup>. Quando se compara 2021 com 2019, não há significância, sendo de 0,1783<sup>NS</sup>, de acordo com a Tabela 8).

O presente trabalho, assim como o estudo de Nakada e Urban (2020) e de Sarra e Mülfarth (2021), também constata que é possível a redução das concentrações de poluentes atmosféricos, como CO, mesmo em locais como a RMSP, como Guarulhos.

Tabela 8 - Análise estatística dos dados de emissão CO Max para a cidade de Guarulhos-SP.

		Média	Mediana	Desv. Pad	Min	Max	Teste t 2019_2020	Teste t 2020_2021	Teste t 2019_2021
<b>01 de março a 31 de agosto; para 2019, 2020 e 2021</b>	2019	0,86	0,70	0,40	0,30	2,40	7,3E-05 <sup>S</sup>	0,0137 <sup>S</sup>	0,4580 <sup>NS</sup>
	2020	0,72	0,60	0,38	0,30	2,40			
	2021	0,83	0,70	0,42	0,40	2,30			
<b>Lockdown e prorrogação 23/3/2020 a 31/07/2020</b>	2019	0,89	0,80	0,42	0,40	2,40	0,0002 <sup>S</sup>	0,0369 <sup>S</sup>	0,1783 <sup>NS</sup>
	2020	0,73	0,70	0,37	0,30	2,10			
	2021	0,83	0,70	0,40	0,40	2,00			
<b>Lockdown 23/3/2020 a 05/5/2020</b>	2019	0,68	0,60	0,21	0,40	1,20	0,0021 <sup>S</sup>	0,1541 <sup>NS</sup>	0,0274 <sup>S</sup>
	2020	0,52	0,40	0,27	0,30	1,70			
	2021	0,60	0,60	0,17	0,40	1,00			
<b>1° prorrogação/Lockdown 06/5/2020 a 10/5/2020</b>	2019	0,70	0,80	0,23	0,40	0,90	0,1369 <sup>NS</sup>	0,0972 <sup>NS</sup>	0,3739 <sup>NS</sup>
	2020	0,52	0,50	0,16	0,40	0,80			
	2021	0,74	0,70	0,25	0,50	1,00			
<b>2° prorrogação/Lockdown 11/5/2020 a 29/5/2020</b>	2019	0,76	0,70	0,30	0,40	1,40	0,6763 <sup>NS</sup>	0,0145 <sup>S</sup>	0,0042 <sup>S</sup>
	2020	0,72	0,60	0,33	0,30	1,40			
	2021	1,12	1,20	0,46	0,40	2,00			
<b>3° prorrogação/Lockdown 30/5/2020 a 30/6/2020</b>	2019	1,14	1,10	0,43	0,40	2,20	0,1601 <sup>NS</sup>	0,0916 <sup>NS</sup>	0,0026 <sup>S</sup>
	2020	0,98	0,90	0,44	0,30	2,10			
	2021	0,80	0,70	0,34	0,50	1,80			
<b>4° prorrogação/Lockdown 01/7/2020 a 31/7/2020</b>	2019	1,08	0,90	0,52	0,50	2,40	0,0324 <sup>S</sup>	0,0313 <sup>S</sup>	0,9753 <sup>NS</sup>
	2020	0,83	0,80	0,24	0,40	1,30			
	2021	1,04	1,00	0,46	0,40	2,00			

<sup>S</sup>: Significativo ao nível de 5%.

<sup>NS</sup>: Não significativo ao nível de 5%.

Fonte: Da autora (2021).

## 6 CONCLUSÃO

No período deste trabalho, 01 de março a 31 de agosto, em 2020 a média de CO Max foi de 0,72 ppm, sendo que em 2019 foi de 0,86 ppm e em 2021, de 0,83 ppm. No período de *Lockdown* e prorrogação 23/3/2020 a 31/07/2020 a variação foi maior, sendo em 2020 a média de CO Max de 0,73 ppm, em 2019 de 0,89 e em 2021 de 0,83 ppm.

Portanto, a concentração CO durante as medidas de distanciamento social entre os meses de março a agosto, antes (2019), durante (2020) e depois do 1º bloqueio parcial/*Lockdown* (2021) para Guarulhos variaram devido a pandemia da COVID-19.

Obviamente a constatação da redução do CO Max através de uma pandemia não se deve deixar o ônus envolvido (óbitos) além de que, medidas de distanciamento social que resultaram na redução no tráfego veicular foi algo necessário e imposto, não algo escolhido pelas pessoas e diferente dos autores citados aqui que acreditam que mudanças nas relações de trabalho (como por exemplo, implementação do *home office*) possam contribuir também para com a redução de poluentes primários como CO, vale ressaltar que o DECRETO n° 36.726 (GUARULHOS, 2020) não contemplou indústrias e que *home office* tem custo para o empregador, como por exemplo, uso pessoal de computador, celular, além da própria criação de ambiente de trabalho, ou seja, nem todos tem a opção de *home office*. Uma das maneiras de se reduzir as concentrações dos poluentes atmosféricos como o CO é que as ações sejam trabalhadas de maneira holística, ou seja, além dos padrões de qualidade do ar, a sociedade precisa compreender o que consome; planejamento urbano precisa estar alinhado com transporte público, além do PROCONVE e PROMOT manterem restrições e ficarem mais restritivos.

## 7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BAIRD, Colin ; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Tradução: GRASSI, Marco T. *et al.* Revisão técnica: GRASSI, Marco T. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso: 01 set. 2021.

BISCARO, Guilherme A. **Meteorologia Agrícola Básica**. 1. ed. Mato Grosso do Sul: UNIGRAF, 2007. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/62452746/32376481-meteorologia>. Acesso: 01 set. 2021.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Resolução (2019)]. **Resolução CONAMA n° 493**: Estabelece a Fase PROMOT M5 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos similares. Brasília, DF: [2019]. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=785](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=785). Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Resolução (2018)]. **Resolução CONAMA n° 491**: Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF: [2018]. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=766](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766). Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Resolução (2018)]. **Resolução CONAMA n° 492**: Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Brasília, DF: [2018]. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=765](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765). Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Resolução (2009)]. **Resolução CONAMA n° 418**: Elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular-PCPV. Brasília, DF: [2009]. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=599](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=599). Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso: 01 set. 2021.

BRASIL. [Lei Federal (1981)]. **Política Nacional do Meio Ambiente de 1981**. Brasília, DF: [2010]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm). Acesso: 01 set. 2021.

CETESB. **Qualidade do ar**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/>. Acesso: 01 set. 2021.



CETESB. **QUALAR**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso: 01 set. 2021.

CETESB. **RQAESP e ROI**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso: 01 set. 2021.

CETESB. **Emissão veicular**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/>. Acesso: 01 set. 2021.

CETESB. **REVESP e PCPV**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso: 01 set. 2021.

DANTAS, G. et al. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of the total environment**, v. 729, p. 139085, 2020.

DERÍSIO, José C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 4. ed atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso: 01 set. 2021.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Disponível em: [https://www.google.com.br/intl/pt-BR\\_ALL/earth/versions/#earth-pro](https://www.google.com.br/intl/pt-BR_ALL/earth/versions/#earth-pro). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. **Ações coronavírus**. Guarulhos, SP. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br/coronavirus>. Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.988 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020]. Disponível em: [https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36988decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36988decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.884 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020]. Disponível em: [https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36884decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36884decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.843 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020]. Disponível em: [https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36843decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36843decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.835 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020]. Disponível em: [https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36835decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36835decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.757 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020]. Disponível em: [https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36757decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36757decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.726 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020].

Disponível em:

[https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36726decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36726decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. [Decreto (2020)]. **DECRETO Nº 36.711 de 2020**. Guarulhos: SP, [2020].

Disponível em:

[https://www.guarulhos.sp.gov.br/06\\_prefeitura/leis/decretos\\_2020/36711decr.pdf](https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2020/36711decr.pdf). Acesso: 01 set. 2021.

GUARULHOS. **GuaruGeo**. Disponível em:

<https://guarugeo.guarulhos.sp.gov.br/guarugeo/interface/guarugeo.htm?&0p44ada20o9g46fmestrnmn295>. Acesso: 01 set. 2021.

IBGE. **Dados Guarulhos-SP**. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/guarulhos>. Acesso: 01 set. 2021.

INMET. **NC 1981 - 2010**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso: 01 set. 2021.

MS. **COVID-19**. Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus>. Acesso: 01 set. 2021.

MOSTAFA, M.K.; GAMAL, G.; WAFIQ, A. The impact of COVID 19 on air pollution levels and other environmental indicators-A case study of Egypt. **Journal of environmental management**, v. 277, n. 111496, 2021.

NAKADA, L.Y.K.; URBAN, R.C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of the total environment**, v. 730, p. 139087, 2020.

OMS. **Novas Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica**. Disponível em:

<https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da>. Acesso: 01 set. 2021.

OSV-GRU. **Dados da frota veicular**. Guarulhos, SP. Disponível em:

<https://www.guarulhos.sp.gov.br/observatorio-de-seguranca-viaria-da-prefeitura-de-guarulhos>. Acesso: 01 set. 2021.

PMU. **Plano de Mobilidade Urbana**. Guarulhos, SP. Disponível em:

<https://www.guarulhos.sp.gov.br/plano-de-mobilidade-urbana-de-guarulhos>. Acesso: 01 set. 2021.

SÃO PAULO. [Decreto Estadual (2013)]. **Novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas 2013**. São Paulo, SP: ALESP, [2013]. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>. Acesso: 01 set. 2021.

SÃO PAULO. [Lei Complementar Estadual (2011)]. **Reorganiza a Região Metropolitana da Grande São Paulo, cria o respectivo Conselho de Desenvolvimento e dá providências correlatas.** São Paulo, SP: ALESP, [2011]. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2011/lei.complementar-1139-16.06.2011.html>. Acesso: 01 set. 2021.

SÃO PAULO. [Lei Estadual (2009)]. **Política Estadual de Mudanças Climáticas de 2009.** São Paulo, SP: ALESP, [2009]. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>. Acesso: 01 set. 2021.

SÃO PAULO. [Lei Estadual (1996)]. **Controle da Poluição do Meio Ambiente de 1996.** São Paulo, SP: ALESP, [1996]. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>. Acesso: 01 set. 2021.

SARRA, R.S.; MÜLFARTH, R. C. K. Os impactos da Epidemia do novo Coronavírus sobre os níveis de poluentes no município de São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 33330, 2021.

WHO. **WHO global air quality guidelines:** Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Disponível em:

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 01 set. 2021.

YNOUE, Rita Y. **Meteorologia:** Noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso: 01 set. 2021.