

O IMPACTO DO *LOCKDOWN* NA QUALIDADE DO AR EM CAMPINAS E REGIÃO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 ATRAVÉS DA ANÁLISE DE DADOS

Sheyla Aparecida Rodrigues da Silva¹

DOI: 10.47283/244670492021090122

Resumo

A atual pandemia relacionada ao Coronavírus (COVID-19) impactou substancialmente muitos aspectos da vida. A publicação de artigos relacionados ao assunto cresce a cada dia, porém a presença de estudos que utilizam a análise e tratamento de dados para informar o impacto que o lockdown teve na quantidade de emissão de poluentes e qualidade do ar ainda é escassa. O presente estudo preenche essa lacuna ao utilizar relatórios disponibilizados pela CETESB, que trazem a quantidade de poluentes emitidos na atmosfera das cidades de Campinas e região, entre janeiro de 2019 e setembro de 2020 para obtenção de dados e posterior tratamento e apresentação no Power Bi. A finalidade da análise é entender se a quarentena em decorrência da pandemia COVID-19 contribuiu para a diminuição de tais poluentes e para a melhora da qualidade do ar. Após o tratamento e análise dos dados foi possível observar uma leve melhora na qualidade do ar durante o período de lockdown. Finalmente, questões de pesquisas foram sugeridas para orientar estudos futuros sobre a relação da quarentena em decorrência da pandemia e a diminuição de poluentes na atmosfera.

Palavras-chaves: Lockdown. Coronavírus. COVID-19. Análise de dados. Qualidade do ar.

Abstract

The current Coronavirus (COVID-19) related pandemic has substantially impacted many aspects of life. The publication of articles related to the subject grows every day, however there's still a lack of studies based in data preparation and analysis to show the lockdown impact on the amount of pollutant emissions and air quality. This study fills this gap by using reports made available by CETESB, which brings the amount of pollutants emitted into the atmosphere of the cities of Campinas and the surrounding cities, between January 2019 and September 2020 to obtain data, which is further treated and presented with Power Bi. The purpose of the analysis is to understand whether quarantine due the COVID-19 pandemic contributed to the reduction of such pollutants and to the improvement of air quality. After processing and analyzing the data, it was possible to observe a slight improvement in air quality during the lockdown period. Finally, research questions have been suggested to guide future studies on the relation of quarantine due to the pandemic and the reduction of pollutants in the atmosphere.

Keywords: Lockdown. Coronavirus. COVID-19. Data analysis. Air quality.

¹ Tecnóloga em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Fatec Americana. E-mail: sheyla.silva2@fatec.sp.gov.br

Introdução

Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde declarou que o COVID-19 - doença causada pelo novo Coronavírus SARS-CoV-2 - estava classificada como pandemia (WHO, 2020).

No Brasil, o estado de Emergência em Saúde Pública (ESPIN) foi declarada por meio da Portaria MS nº188, de 3 de fevereiro de 2020 através do Ministro de Estado da Saúde em decorrência da Infecção Humana pelo Novo Coronavírus e entrou em vigor a Lei 13.979/2020 com regras sobre a quarentena e medidas contra o novo coronavírus, publicada em 07/02/2020. O primeiro caso foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020, em São Paulo - SP e até a presente data (29 de outubro de 2020), há 5.496.402 de casos de COVID-19 em todas as regiões do Brasil com o maior número de casos em São Paulo, 1.103.582.

Em razão da pandemia de COVID-19 e com a finalidade de diminuir o espalhamento e a contaminação causada pelo Coronavírus, foi decretada quarentena em todo o estado de São Paulo em 22/03/2020 através do Decreto nº 64.881, a partir de 24/03/2020.

Em 1º de junho o governo do estado de São Paulo dividiu o território de acordo com 17 Divisões Regionais de Saúde (DRS). Para a grande São Paulo, houve uma subdivisão em outras 6 regiões: uma para a capital e outras 5 para cada grupo de cidades da Região Metropolitana. A finalidade dessa divisão foi a de começar a reabertura do estado com base nos critérios considerados que definiram a classificação de cada região em Fases, sendo elas a Fase 1 - Vermelha: Alerta Máximo, Fase 2 - Laranja: Controle, Fase 3 - Amarela: Flexibilização, Fase 4 - Verde: Abertura parcial e Fase 5 - Azul: Normal controlado.

Se por um lado o COVID-19 vem causando danos nas economias e sociedades ao redor do mundo, houve uma melhora para o meio ambiente pois a poluição reduziu significativamente (MUHAMAD, S. *et al*, 2020). Também em razão do COVID-19, governos impuseram restrições na circulação da população, veículos, suspenderam atividades industriais e as aulas nas redes pública e privada.

Na Índia, as indústrias, circulação de veículos e os comércios tiveram suas atividades restringidas por conta do *lockdown* implementado para a contenção dos casos e houve uma diminuição na concentração de partículas inaláveis PM2.5 e PM10, bem como nos níveis de Dióxido de Carbono (NO₂), Dióxido de Enxofre (SO₂) e Monóxido de Carbono (CO) (BISWAL, A. *et al*, 2020)

O objetivo deste estudo é avaliar os impactos na qualidade do ar nas cidades de Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira, Paulínia, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes, no Estado de São Paulo, durante o bloqueio parcial implementado para estabelecer o distanciamento social necessário devido à pandemia COVID-19.

1 Covid-19 e a poluição do ar

Todos os anos a poluição do ar desencadeia sérios problemas de saúde, comprometendo a qualidade de vida de pessoas com problemas respiratórios, crianças e idosos. Segundo a Organização Mundial de Saúde, a poluição do ar mata sete milhões de pessoas por ano mundialmente e 9 em cada 10 indivíduos respira o ar que excede os limites

das diretrizes da OMS contendo altos níveis de poluentes, com os países de baixa e média renda sofrendo as maiores exposições.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) atualizou e apresentou as diretrizes globais relacionadas à Qualidade do Ar para os 4 poluentes mais comuns: Partículas finas (PM), Ozônio, Dióxido de nitrogênio (NO₂) e Dióxido de enxofre (SO₂) em 2005 (tabela 1).

A atualização veio em resposta a ameaça global crescente e ao número de mortes relacionadas a poluição do ar a partir da queima de combustíveis fósseis com a intenção de fornecer diretrizes para políticas focadas no gerenciamento de qualidade do ar.

Tabela 01 – padrões de qualidade do ar segundo a OMS

Padrões de Qualidade do Ar (Publicação OMS em 02/05/2018)		
Poluente atmosférico	Período de Referência	PF (µg/m ³)
Material Particulado (MP ₁₀)	24 horas	50
	Anual ¹	20
Material Particulado (MP _{2,5})	24 horas	25
	Anual ¹	10
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	20
	Média em 10 minutos	500
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ²	200
	Anual ¹	40
Ozônio (O ₃)	8 horas	100
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas ³	9 ppm
Chumbo (Pb)	Anual ¹	0,5
¹ - média aritmética anual ² - média horária ³ - máxima móvel obtida no dia ⁴ - média geométrica anual ⁵ - medido nas partículas totais em suspensão		

Fonte: Organização Mundial de Saúde, 02/05/2018.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), a qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais destacam-se a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes. Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são os seguintes: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP₁₀ e MP_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e chumbo (PB). A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Ressalte-se que a declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes. (Ministério do Meio Ambiente, 2012).

Já os poluentes mensurados para determinação da qualidade do ar de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2018) são: Monóxido de carbono (CO); Partículas inaláveis (MP10); Partículas inaláveis finas (MP2,5); Dióxido de nitrogênio (NO₂); Ozônio (O₃); Dióxido de enxofre (SO₂); Fumaça (FMC). Esse Conselho publicou os valores aceitáveis para cada poluente de acordo com OMS (tabela 2).

Tabela 02 – Padrões de qualidade do ar segundo o CONAMA

Padrões de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 491 de 21/11/2018)					
Poluente atmosférico	Período de Referência	PI1 (µg/m³)	PI2 (µg/m³)	PI3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
Material Particulado (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	Anual ¹	40	35	30	20
Material Particulado (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	Anual ¹	20	17	15	10
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	125	50	30	20
	Anual ¹	40	30	20	–
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ²	260	240	220	200
	Anual ¹	60	50	45	40
Ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
Fumaça (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	Anual ¹	40	35	30	20
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas ³	–	–	–	9 ppm
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	–	–	–	240
	Anual ⁴	–	–	–	80
Chumbo (Pb)	Anual ¹	–	–	–	0,5

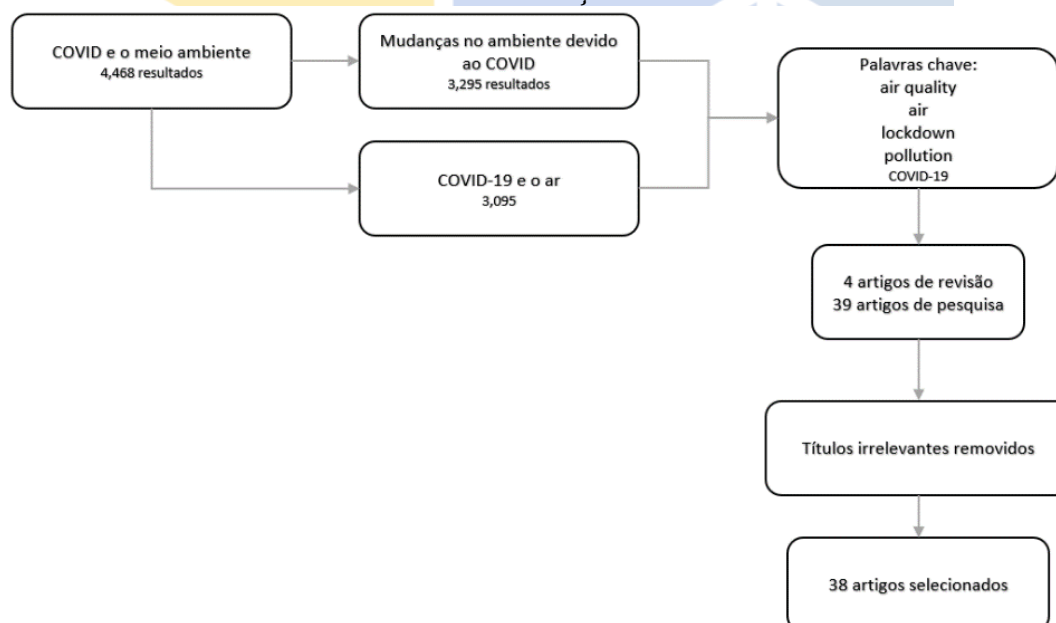
¹ - média aritmética anual
² - média horária
³ - máxima móvel obtida no dia
⁴ - média geométrica anual
⁵ - medido nas partículas totais em suspensão

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 21/11/2018.

2 Metodologia

A metodologia utilizada nesse estudo é quantitativa descritiva, pois visa a coleta e tratamento de dados para obtenção de resultados através da análise numérica e estatística com a finalidade de demonstrar se o *lockdown* teve impacto na emissão de poluentes do ar nas cidades de Campinas e região.

Gráfico 01 – Extração de dados



Fonte: A autora, 2020.

O primeiro passo foi extrair artigos que tratem do tópico estudado: COVID-19 e a qualidade do ar (Gráfico 1). Eu realizei a pesquisa no *Science Direct* - uma página da web operada pela editora holandesa Elsevier, líder mundial para artigos de pesquisa científica, técnica e médica - e obtive 4,468 resultados para *COVID and the environment*, 3,295 resultados para *Changes in the environment due to COVID* e 3,095 para *COVID-19 and air*.

A pesquisa realizada utilizando as palavras-chave *air quality*, *air*, *lockdown*, *pollution* e COVID-19 trouxeram 4 artigos de revisão e 39 artigos de pesquisa. Para garantir a relevância a COVID-19 e a qualidade do ar, os títulos irrelevantes ou relacionados a outros tipos de coronavírus (tais como MERS-CoV e SARS-CoV) foram desconsiderados e 38 artigos foram considerados relevantes e selecionados para análise.

Todos os artigos foram lidos e estudados com a finalidade de obter uma reflexão crítica dos temas abordados em cada um e entender os impactos do COVID-19 no meio ambiente e na poluição do ar, de forma geral. Para efetuar as análises, uma matriz foi feita no Microsoft Excel contendo Região, Autor, Resumo e Ferramentas Utilizadas (tabela 3).

Tabela 03 – Matriz resumo dos artigos

Região	Autores	Resumo	Ferramentas Utilizadas
África Marrocos	OTMANI, A. <i>et al.</i> (2020)	Avaliar as alterações de poluentes do ar, principalmente do Dióxido de Hidrogênio (NO ₂), Dióxido de Enxofre e as partículas PM ₁₀ na cidade de Salé, Marrocos durante o lockdown. Houve redução nas emissões dos gases, bem como das partículas PM ₁₀ .	O modelo utilizado foi o HYSPLIT
América Bogotá e Colômbia	MENDEZ-ESPINOSA, J. F. <i>et al.</i> (2020)	Avalia as alterações de poluentes do ar, principalmente do Dióxido de Hidrogênio, PM ₁₀ e PM 2.5. Houve aumento nas emissões dos gases e partículas. Houve aumento de poluentes quando o <i>lockdown</i> passou a ser menos restritivo.	CAMS, TROPOMI, HYSPLIT e MODIS foi utilizado para obter os dados relacionados as queimadas.
América Brazil - São Paulo	NAKADA, L. Y. K; URBAN, Rodrigo Custodio. (2020)	Avalia as alterações de poluentes do ar como NO, NO ₂ e CO em quatro locais do estado de São Paulo. Dados de 5 anos anteriores foram considerados comparação. Houve condições favoráveis para dispersores de poluentes do ar tanto antes quanto durante o lockdown, o que indicou que a redução de poluentes não foi exclusivamente determinada pelo lockdown.	Dados da CETESB, TROMOPI e ESA
América Canadá	ADAMS, Matthew D. (2020)	Avalia alterações de poluentes do ar em Ontario, Canadá. Dados de 5 anos anteriores foram considerados para efeitos de comparação. Conclui-se que os poluentes do	GGPLOT2 em R para computar as estatísticas,

		ar estudados não responderam de maneira igualitária em toda Ontário durante o lockdown.	<i>Google Mobility Report</i>
América Estados Unidos	CHEN, L. W. A. <i>et al.</i> (2020)	Estuda principalmente a alteração de NO2 e CO nos Estados Unidos. Os 5 anos anteriores foram utilizados na comparação. Houve diminuição mais significativa de NO2 e CO atrelada a maior densidade populacional. Concluiu-se que o lockdown impactou a emissão dos poluentes de maneira não-uniforme.	Airnowtech, US EPA AirData
América EUA, Califórnia	LIU, Q. <i>et al.</i> (2020)	Avalia as alterações de NO2 e CO na Califórnia. A comparação foi feita entre os períodos de antes, durante e depois do lockdown no estado com as médias de 2015 a 2019. A política de lockdown reduziu a emissão de poluentes do ar enquanto houve aumento durante a reabertura.	US Environmental Protection Agency, Satellite NO2 Observation - OMNO2d
América EUA, New York	ZANGARI, Shelby <i>et al.</i> (2020)	Afirma que modelos de atraso linear não mostram diferenças na qualidade do ar entre 2020 e 2015-2019. O estudo mostrou uma queda em PM2.5 e NO2, porém quando os dados foram comparados com 2015-2019, não houve diferença significativa.	<i>Time-lagged linear regression model</i>
América Brazil - Rio de Janeiro	DANTAS, G. <i>et al.</i> (2020)	Os dados considerados para avaliação são de antes e durante o lockdown no estado, bem como dados do ano de 2019 no mesmo período. Foi observado que a quantidade de CO foi a que mostrou uma redução mais significativa, dado o fato de estar atrelado a emissão de veículos.	SMAC, Echotec analysers
América Brazil - São Paulo	KRECL, P. <i>et al.</i> (2020).	É um estudo sobre emissão de poluentes na cidade de São Paulo que sugere novas políticas que devem ser implementadas nos caminhões para que haja uma melhora na qualidade do ar na área estudada em São Paulo	COPERNICUS
Ásia Cazaquistão	KERIMRAY, A. <i>et al.</i> (2020)	Houve queda na concentração de NO2 e CO, a concentração de Ozônio aumentou em 15% quando comparado com os 17 dias anteriores ao lockdown e a concentração de benzeno e tolueno aumentou de 2 a 3 vezes quando comparado com o mesmo período entre 2015 e 2019. Mesmo com tal queda, a qualidade do ar da região analisada ainda	Airkaz, ArcGIS® Geostatistical Analyst tool

		permaneceu acima dos níveis recomendados pela <i>WHO</i> .	
Ásia China	Li, L. <i>et al.</i> (2020)	Não houve alteração significativa nos níveis de ozônio e mesmo com a diminuição dos poluentes e das partículas finas, os níveis de poluição residual ainda são altos. Mesmo as reduções mensuráveis dos poluentes observados não foram suficientes para manter um nível de poluentes recomendável.	WRF-CAMx modelling system
Ásia China	CHEN, Y. <i>et al.</i> (2020)	A intenção é avaliar as alterações de poluentes do ar, principalmente de SO ₂ , NO _x , PM _{2.5} , PM ₁₀ e BC. Esse estudo também fala das alterações na absorção de luz por aerossol.	Monitor de gases Thermo Inc.
Ásia China	PEI, Z. <i>et al.</i> (2020)	O NO ₂ despencou na China enquanto o PM _{2.5} se manteve estável ou até mesmo aumentou em resposta ao lockdown do COVID-19. A contribuição dos fatores meteorológicos para as mudanças no ambiente atmosférico é secundária.	TROPOMI, ESA's Sentinels Scientific Data Hub website
Ásia China	WANG, P. <i>et al.</i> (2020)	Esse estudo foca em diversas cidades da China e destaca que mesmo com a paralização severa que aconteceu, não houve uma redução de poluentes do ar significativa e destaca que a meteorologia desempenha um papel importante quando se trata de poluentes do ar.	Community Multi-scale Air Quality model
Ásia China	CHU, B. <i>et al.</i> (2020)	Houve comparação de dados de 2019 e do início de 2020. Os estudos mostraram que as medidas para controle da epidemia que foram tomados tiveram um impacto notável nas alterações observadas na concentração de poluentes e na qualidade do ar.	China National Environmental Monitoring Center (CNEMC)
Ásia China	YUAN, Q. <i>et al.</i> (2020)	As coletas foram realizadas em uma região urbana, 3 regiões urbano-industrializadas e 6 regiões do subúrbio. Houve uma grande redução nas partículas finas PM 2.5, PM ₁₀ , NO _x , SO ₂ , CO e um aumento no O ₃ durante o tempo de COVID-19 lockdown.	Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)
Ásia Índia	MOHAMMAD, Adil A.; SALMAN, Mohd S.; YUNUS, Ali P. (2020)	Consideraram o impacto do lockdown na água e no ar na região estudada. Em relação a qualidade do ar, foi observada uma queda considerável na quantidade de partículas	LANDSAT 8 OLI Level-2

		PM2.5, outros poluentes.	
Ásia Índia	BISWAL, Akash <i>et al.</i> (2020)	Para efeitos de comparação, um período de 7 semanas foi selecionado, de 01/03/20 a 18/04/20 e comparado com o mesmo período de 2019. PM2.5 e PM 10, NO2, SO2 e CO mostraram uma diminuição na concentração enquanto os valores relacionados ao ozônio variaram de região para região.	Ozone Monitoring Instrument (OMI), VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) e FIRMS (Fire Information for Resource Management System)
Ásia Índia	SINGH, Vikas <i>et al.</i> (2020)	O estudo envolveu a análise de dados de 134 localidades ao redor da Índia e mostrou queda em PM2.5, PM10 e NO2 durante o período de lockdown. Alterações variadas foram observadas em relação a O3 e SO2. Houve melhora na qualidade do ar, porém houve aumento na quantidade de ozônio	MERRA-2 data was obtained from NASA's Global Modeling and Assimilation Office (GMAO)
Ásia Índia	MAHATO, Susanta; PAL, Swades; GHOSH, Krishna G. (2020)	Foram analisadas a concentração de partículas PM2.5, PM10, NO2 e CO. Nas duas primeiras, houve redução pela metade quando comparado ao período pré lockdown. Já o NO2 e CO também mostraram redução na concentração. A qualidade do ar melhorou cerca de 60% por conta das restrições de circulação de veículos e redução das atividades empresariais	National Air Quality Index (NAQI), SAFAR, CPCB online
Ásia Índia	KUMAR, Sarvan (2020)	Esse é o primeiro estudo que trata dos efeitos dos fatores meteorológicos relacionados aos casos de COVID-19 na Índia e traz uma associação positiva entre novos casos diários de COVID-19 e a temperatura.	GIOVANNI NASA, MODIS and OMI satellites.
Ásia Índia	MOR, Sumari <i>et al.</i> (2020)	Esse estudo trata do impacto do lockdown na qualidade do ar em 20 parâmetros diferentes, faz um link entre a redução de poluentes com a meteorologia e emissões, destaca o aumento de O3 por conta da atividade atmosférica, identifica as principais fontes de emissão de poluentes e mostra a variação de VOCs associada com a emissão	CAAQMS e outros sites e referências exclusivas da Índia

		de biomassa.	
Ásia Índia	SELVAM, S. <i>et al.</i> (2020)	Foi analisado o impacto do lockdown na qualidade do ar e notou-se que houve uma redução significativa de NO ₂ durante o lockdown no local estudado e houve um aumento de O ₃ por conta da diminuição de emissão de NO.	S5p/ TROPOMI e informações da ESA (European Space Agency)
Ásia Malásia	ABDULLAH, Samsuri <i>et al.</i> (2020)	Os dados foram coletados de 68 estações de monitoramento. A conclusão traz a informação de que o MCO teve efeitos significativos na redução da concentração de PM _{2.5} na Malásia.	Department of Environment Malaysia
Ásia Wuhan - China	LAIN, Xinbo <i>et al.</i> (2020)	O lockdown trouxe um impacto substancial no meio ambiente e na qualidade do ar. Os dados obtidos foram comparados com o período pré lockdown e entre os anos 2015 a 2019. Todos os poluentes apresentaram queda durante o período de lockdown, com exceção do ozônio.	Estações de qualidade do ar
Ásia Wuhan - China	ZHENG, Huang <i>et al.</i> (2020)	Estudo realizado para identificar e analisar a composição e as fontes de emissão de partículas PM _{2.5} . Durante o período de lockdown adotado na cidade houve redução na concentração de PM _{2.5} principalmente por conta da redução de emissão.	Analysis of variance (ANOVA)
Ásia, EUA e Europa	SULAMAN, Muhammad; LONG, Xingle; SALMAN, Muhammad (2020)	Traz um compilado de informações gerais sobre países da Europa, EUA e China onde são apresentadas evidências de que houve redução de emissão de poluentes. O estudo conclui superficialmente que o COVID-19 pode ser um mal que veio para o bem.	NASA e ESA
Europa Espanha	MURAGÁN-MARTORELL, J. <i>et al.</i> (2020)	O estudo descreve a funcionalidade da ferramenta DataC que integra dados espaço-temporais do clima, qualidade do ar e do COVID-19, destaca que houve queda nos níveis de poluentes NO ₂ , CO, So ₂ , PM _{2.5} e PM ₁₀ e que houve um aumento nos níveis de O ₃ .	DataC (<i>Data Against COVID-19</i>).
Europa Espanha	BALDASANO, José M. (2020)	Foi analisado os efeitos do lockdown na qualidade do ar através do tracking de NO ₂ nas cidades de Barcelona e Madrid. Observou-se a redução das concentrações de	Redes de monitoramento de qualidade do ar

		NO2 no período de lockdown em março 2020, o estudo também sugere a implementação de políticas de mobilidade para garantir a continuidade de baixas emissões de poluentes do ar.	
Europa Espanha	BRIZ-REDÓN, Álvaro; BELENGUER-SANIÑA, Carolina; SERRANO-AROCA, Ángel (2020)	O estudo foi realizado com base nas variações da qualidade do ar por conta das alterações dos valores de CO, SO2, PM10, O3 e NO2. Os resultados obtidos demonstram que as 4 semanas de lockdown tiveram um impacto significativo na redução dos níveis de NO2, CO, SO2 e PM10, mas que houve um aumento na quantidade de O3 detectada.	Dados de páginas regionais e locais
Europa Itália, região da Lombardia	CAMELETTI, Michela (2020)	O estudo se dá em uma das áreas mais poluídas da Europa em termos de PM e NO2, a Planície do Pó localizada na Itália. Concluiu-se que houve uma mudança significativa no nível observado em apenas uma estação de NO2. Não foi possível concluir que a intervenção realmente auxiliou na melhoria da qualidade do ar.	Copernicus Atmosphere Monitoring Service, ITS ARMA models
Europa Leste europeu	MENUT, Laurent <i>et al.</i> (2020)	Esse estudo menciona na introdução que as restrições de mobilidade impostas como tentativa da contenção do espalhamento do COVID-19 tende a modificar amplamente as emissões de poluentes provenientes de atividades humanas, tanto na quantidade de massa emitida quanto nas variações temporais.	WRF-CHIMERE
Europa Milão	COLLIVIGNARELLI, Maria C. <i>et al.</i> (2020)	A tendência de 9 poluentes do ar foram comparadas durante o período de estudo. Houve uma redução em PM10, PM2.5, BC, benzeno, CO e NOx enquanto SO2 permaneceu inalterado na maioria das áreas periféricas. O aumento de O3 se deu por conta das medições baixas de NO durante o lockdown, provavelmente.	COPERNICUS
Europa Barcelona	TOBÍAS, Aurelio <i>et al.</i> (2020)	As concentrações de NO2 e BC mostraram redução pela metade durante o período de lockdown na região de Barcelona, período em que há mais chuvas e mais ventos. Houve uma diminuição em menor proporção em PM10 e a concentração de O3 aumentou cerca de 50%.	COPERNICUS, ESA

Global 50 cidades mais poluídas	RODRÍGUEZ-URREGO, Daniella; RODRÍGUEZ-URREGO, Leonardo (2020)	O estudo foca nas medições relacionadas a PM 2.5 nas 50 capitais mais poluídas do mundo de acordo com a OMS. Houve redução de poluentes do ar durante o período de lockdown nas 50 capitais mais contaminadas e a maior redução de PM2.5 se deu na Colômbia. As maiores reduções de PM 2.5 ocorreram em capitais da América, Ásia e África.	World Air Quality Index (WAQI)
Global Índia, Itália e China	PAITAL, Biswaranjan (2020)	Muitas reduções nas emissões de partículas de matérias se deram como resultado da diminuição das atividades humanas, o que levou a um ar mais limpo e águas menos poluídas. Observou-se a redução de emissões de NO2 e CO2 em grande parte das cidades metropolitanas ao redor do mundo.	CREA, ESA, FDA, NASA
Oceania New Zealand	PATEL, Hamesh <i>et al.</i> (2020)	Foram analisadas quantidades de concentração dos poluentes NO2, O3, BC, PM2.5 e PM10. A conclusão do estudo menciona que as maiores reduções de poluentes do ar foram de BC e NO2. Sugere que a redução ou limitação dos fatores poluentes chave provenientes do ambiente urbano, permitem que seus cidadãos respirem um dos ares mais puros do mundo.	Estações de qualidade do ar

Fonte: A autora, 2020.

A análise dos artigos estudados mostra que a inter-relação entre COVID-19 e o meio ambiente é um tópico de pesquisa emergente, há artigos que discutem o impacto do COVID-19 no meio ambiente, bem como o impacto do *lockdown* na emissão de poluentes do ar em todos os continentes do planeta, com exceção da Antártida.

Com base nos níveis de poluentes considerados aceitáveis pela OMS e pelo CONAMA, as medições de emissão de poluentes para os locais de amostragem foram obtidas através do site da CETESB² (Figura 2), que possui estações de monitoramento automático, responsáveis pela detecção e registro dos poluentes em diversas cidades do estado de São Paulo.

² Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é uma agência do Governo do Estado responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição. Os dados coletados estão disponíveis através do endereço <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/graficoComparativo.do?method=gerarGrafico>

Figura 02 – Locais de amostragem e poluentes

TIPO DE MONITORAMENTO: Automático
UGRHI: 5 - PIRACICABA/CAPIVARI/JUNDIAÍ

Estações	PARÂMETROS																				
	BEN	CO	ERT	HCNM	MP10	MP2.5	NO	NO2	NOx	O3	SO2	TOL	DV	DVG	PRESS	RADG	RADUV	SIGMA	TEMP	UR	VV
Americana	--	--	X	--	X	--	--	--	--	X	--	--	X	X	X	--	--	X	X	X	X
Americana-Vila Sta Maria	--	--	X	--	X	--	--	--	--	X	--	--	X	X	X	--	--	X	X	X	X
Campinas-Centro	--	X	--	--	X	--	*	*	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	--
Campinas-Taquaral	--	--	--	--	X	--	X	X	X	X	--	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Campinas-V.União	--	--	--	--	--	X	*	*	*	X	--	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jundiaí	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	--	--	X	X	--	--	--	X	X	X	X
Limeira	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	--	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Paulínia	X	*	--	*	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	--	X	X	X	X
Paulínia-Sta Terezinha	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	--	X	X	X
Paulínia-Sul	--	--	--	--	X	--	X	X	X	X	X	--	X	X	--	*	*	X	--	--	X
Piracicaba	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	--	--	X	X	--	--	--	X	X	X	X
Rio Claro-Jd.Guanabara	--	--	--	--	X	X	--	--	--	X	--	--	X	X	X	X	X	--	X	X	X
Santa Gertrudes	--	--	--	--	X	X	X	X	X	--	--	--	X	X	--	--	--	--	X	X	X
Total de monitoramento	1	2	2	1	12	7	10	10	10	11	3	1	12	12	8	7	6	9	12	12	12

LEGENDA
(X) Parâmetro monitorado.
(*) Monitoramento desativado. Somente dados históricos.
(--) Parâmetro não monitorado.

Fonte: CETESB, 2020.

A CETESB está de acordo com os padrões de qualidade do ar estabelecidos no Decreto Estadual Nº 59.113 de 23/04/2013. A única diferença deste para a resolução do CONAMA nº 491 de 21/11/2018 são os níveis de concentração média em 24 horas consecutivas de Dióxido de Enxofre (SO₂) nas médias intermediárias (MI) ou Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI) 1 e 2, que são 60 e 40 microgramas, respectivamente, enquanto na resolução do CONAMA as médias são 125 e 50 para o mesmo período.

Os poluentes considerados nesse estudo são o monóxido de carbono (CO), material particulado atmosférico com diâmetro aerodinâmico médio no intervalo de 2,5 a 10 µm (MP10), partículas finas respiráveis (MP2,5), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e dióxido de enxofre (SO₂).

Após a obtenção dos relatórios através do site da CETESB, que trazem as medições dos poluentes nas regiões citadas entre janeiro de 2019 e setembro de 2020, as medidas foram inseridas em um documento Microsoft Excel para possibilitar a formatação, classificação e separação dos dados obtidos.

O sistema utilizado para o tratamento, modelagem e apresentação visual dos dados é o Power Bi. Após a importação de dados realizada utilizando o arquivo em Excel para o Power Bi, o tratamento dos dados foi realizado utilizando linguagem M e os dados foram classificados como texto para as colunas Local de amostragem e Poluente, Data para a coluna data e Número decimal para a coluna µg/m³.

As colunas adicionais que não possuíam dados foram removidas, os cabeçalhos Local de amostragem, Data, Poluente e µg/m³ foram determinados, finalmente, o tipo dos dados foi alterado para cada coluna e as linhas foram filtradas para que as células que trouxessem *null* fossem removidas.

Nas análises que envolvem temperatura e umidade relativa do ar, as medições foram obtidas através do site da CETESB e posteriormente inseridos em um documento Excel, onde a média de temperatura e umidade relativa do ar foi relacionada à soma de poluentes emitida em cada mês entre janeiro/2019 e setembro/2020.

Após a importação do arquivo Excel para o Power Bi da tabela Temperatura do ar, o tratamento dos dados foi realizado utilizando linguagem M para classificar os dados como: Texto para a coluna Local de Amostragem, Data para a coluna dos meses e *Number* para a coluna Temperatura.

Já os dados sobre umidade relativa do ar, foram tratados primeiramente de forma separada e classificados como texto para a coluna Local de amostragem, data para a coluna Data e inteiro para a coluna que traz o valor de Umidade. Posteriormente, as linhas foram filtradas para excluir qualquer célula que trouxesse *null*.

Após o tratamento e classificação dos dados da tabela Umidade relativa do ar e Temperatura do ar, a linguagem M foi utilizada para criar uma terceira tabela capaz de trazer a soma de poluentes emitidos por período, a média de temperatura e a média de umidade relativa do ar também para cada período.

3 RESULTADOS

Os dados de medição de poluentes do ar nas cidades de Campinas e região foram obtidos através do site da CETESB, tratados no *Power Bi* e modelados para a obtenção de gráficos comparativos com a finalidade de verificar se o período de *lockdown* contribuiu para a diminuição da emissão de poluentes.

A análise quantitativa descritiva permitiu a observação dos resultados através de comparações na quantidade de emissões em diferentes períodos dos anos 2019 e 2020. Os gráficos demonstrados nas sessões a seguir foram desenvolvidos para responder se houve alteração na emissão de poluentes em diferentes períodos de antes e durante o *lockdown*.

A primeira análise realizada visa responder se houve alteração na emissão de poluentes entre o primeiro trimestre de 2019 e o primeiro trimestre em 2020 com a finalidade de entender se a concentração de poluentes era similar no período que antecedeu o *lockdown* em ambos os anos. A segunda análise realizada traz um comparativo entre a emissão de poluentes durante as primeiras semanas do *lockdown* e o restante do período para o entendimento se o impacto no início do *lockdown* foi maior do que o restante do período. Na terceira análise, foi realizado um comparativo na emissão de poluentes entre março e setembro de ambos os anos para comparar as emissões durante o *lockdown* em 2020 com o mesmo período em 2019. O território paulista passou por flexibilização do *lockdown* a partir de 01/06/2020 e a intenção da quarta análise é demonstrar se houve aumento na emissão de poluentes quando a flexibilização começou. A quinta análise propõe a relação entre a emissão de poluentes e as alterações na temperatura e a sexta análise propõe a relação entre a emissão de poluentes e a umidade relativa do ar. Finalmente, a sétima análise compara a emissão total de poluentes entre janeiro e setembro de 2019 e 2020 com a finalidade de responder se houve alteração entre os dois períodos.

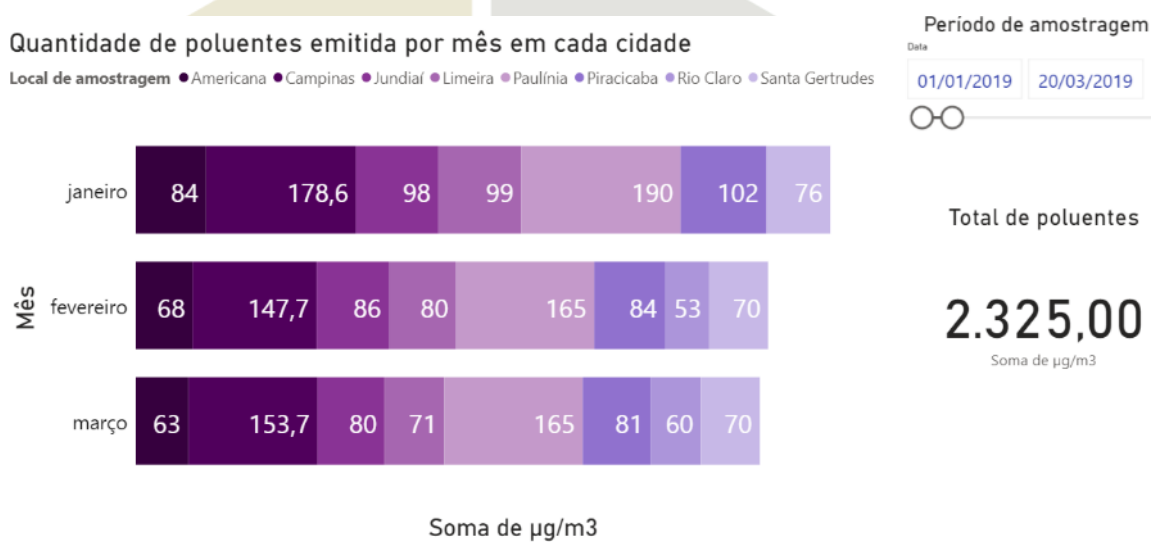
3.1 Emissão de poluentes no primeiro trimestre de 2019 e no primeiro trimestre de 2020

A linguagem M foi utilizada para a classificação dos dados de acordo com cada campo, sendo eles: data (para o período de amostragem), geral (para a quantidade de poluentes), texto (para os poluentes e local de amostragem).

Após a classificação de dados, a modelagem e apresentação de dados foi realizada. O modelo de visualização selecionado foi Gráfico de Barras Empilhadas. Os dados para exibição foram classificados conforme segue:

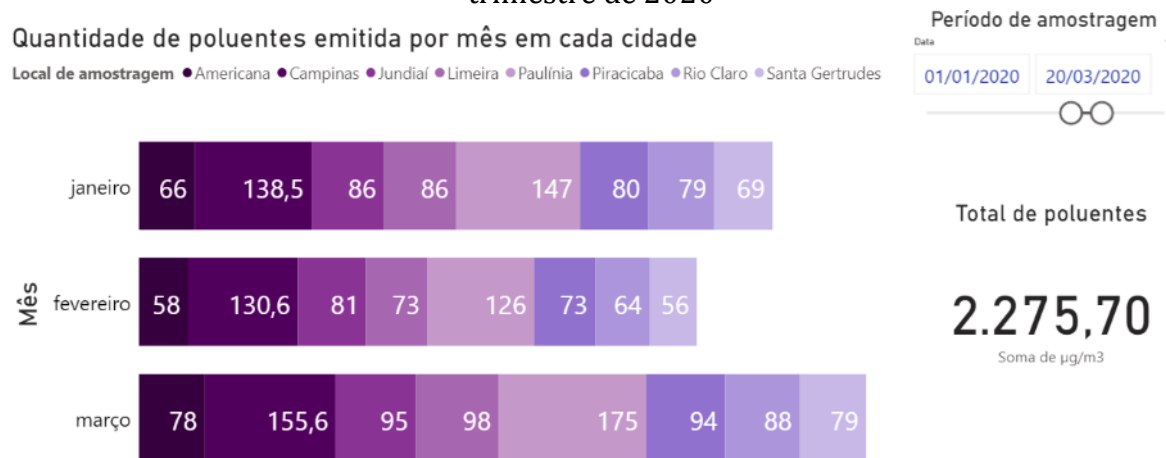
- eixo: data – aplicado o filtro para exibição por mês
- legenda: local de amostragem
- valores: soma de $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- um filtro foi adicionado para exibir os dados por período de amostragem de maneira visual e um cartão foi adicionado para mostrar o total de poluentes em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No período considerado, o ano de 2020 (figura 4) apresentou queda de $49,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na emissão de poluentes quando comparado com o mesmo período em 2019 (figura 3).

Figura 03 – Soma de poluentes emitida por mês, por local de amostragem no primeiro trimestre de 2019



Fonte: A autora, 2020.

Figura 04 – Soma de poluentes emitida por mês, por local de amostragem no primeiro trimestre de 2020

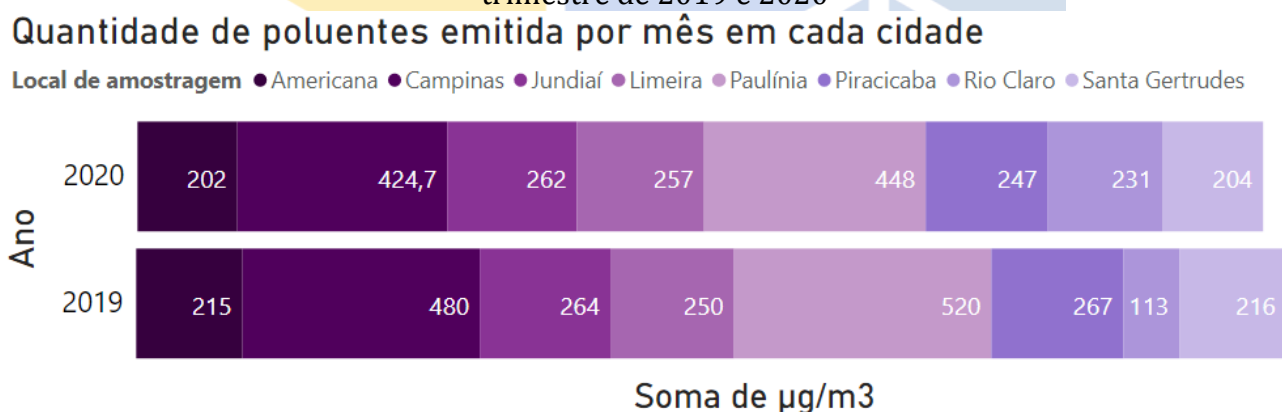


Fonte: A autora, 2020.

Quando analisamos a Figura 5 que traz os dados de ambos os anos, nota-se que o local de amostragem que apresentou maior queda na emissão de poluentes foi Paulínia (-72 µg/m³) seguido de Campinas com queda de -55,3 µg/m³.

Por outro lado, observamos um aumento de 104,42% na emissão de poluentes na cidade de Rio Claro que passou de 113 µg/m³ em janeiro, fevereiro e março de 2019 para 231 µg/m³ no mesmo período em 2020.

Figura 05 – Soma de poluentes emitida por mês, por local de amostragem no primeiro trimestre de 2019 e 2020



Fonte: A autora, 2020.

3.2 Emissão de poluentes durante as primeiras semanas de *lockdown* em comparação com o restante do período de *lockdown*

O modelo de visualização selecionado foi Gráfico de Área. Os dados para exibição foram classificados conforme segue:

- eixo: data – aplicado filtro para exibição por mês
- legenda: local de amostragem
- valores secundários: soma de $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Para o período analisado, os únicos locais de amostragem que apresentaram queda na emissão de poluentes nas primeiras semanas da quarentena (março e abril) (Figura 6a) foram Americana (de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Campinas (de $155,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $141,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 06a – Poluentes por cidade entre maio e março e abril de 2020

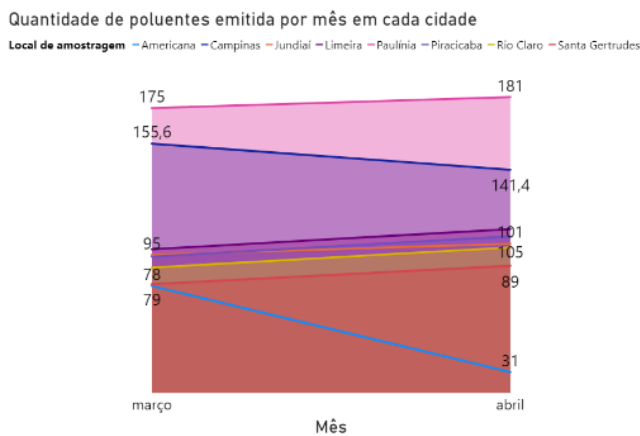
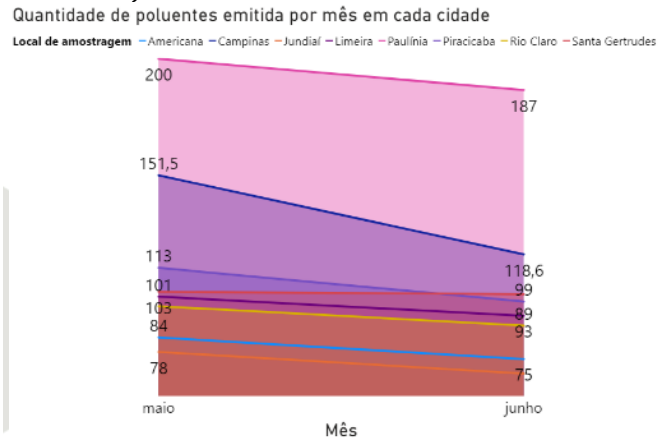


Figura 06b – Poluentes por cidade entre maio e junho de 2020

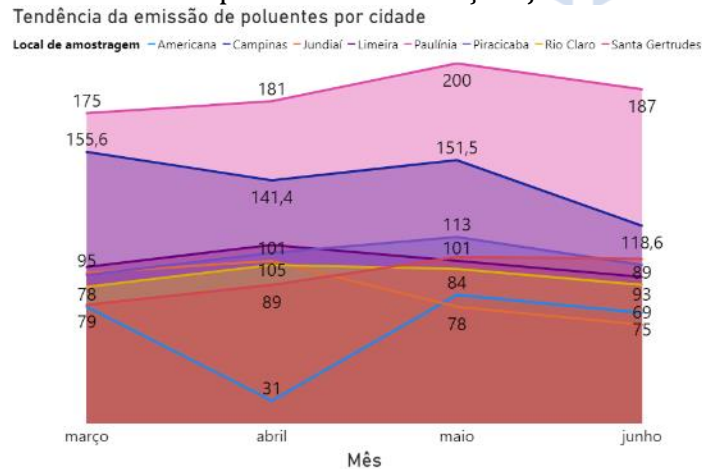


Fonte: A autora, 2020.

No período de maio a junho 2020 (Figura 6b), houve queda na emissão de poluentes em todos os locais de amostragem, com a maior queda observada em Campinas, com queda de $-32,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre maio e junho.

A Figura 7 Tendência da Emissão de Poluentes por cidade mostra que a maior flutuação de quantidade de emissão de poluentes nas primeiras semanas do *lockdown* foi sentida em Americana, que apresentou uma queda de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de março para abril, voltou a subir em maio para $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a apresentou leve queda na medição de junho de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 07 – Tendência de emissão por cidade de março a junho de março a junho de 2020



Fonte: A autora, 2020.

3.3 Comparativo de emissão de poluentes desde o início do *lockdown* até setembro, em 2019 e 2020

Para a análise e comparação da quantidade total de poluentes detectados entre 24/03/2019 até 30/09/2019 e de 24/03/2020 até 30/09/2020 o gráfico de pizza foi selecionado e os parâmetros foram utilizados conforme segue:

- detalhes: poluente
- valores: soma $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Contrariando o pensamento comum de que o total de poluentes emitidos durante o *lockdown* seria menor quando comparado com as emissões para o mesmo período em 2019, o poluente MP10 apresentou um aumento de 6,44% e o O3 aumentou 4,48% respectivamente do período de 24/03/19 a 15/09/19 (Figura 8a) para 24/03/20 a 15/09/20 (Figura 8b). O aumento do O3 também foi observado no estudo realizado com dados coletados em Delhi, Índia. (MAHATO *et al.* 2020).

Porém, a emissão dos demais poluentes apresentaram queda no período avaliado, com maior queda observada de 1,93% no poluente NO2.

Figura 08a – Emissão total por poluentes de março a setembro de 2019

Total de emissão por poluente

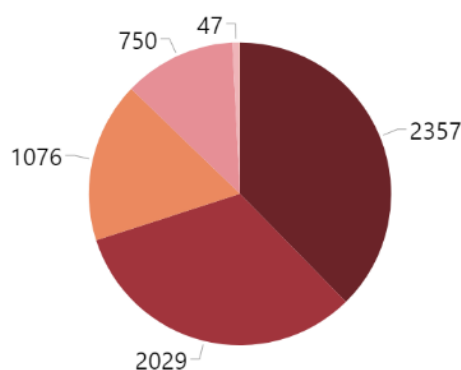
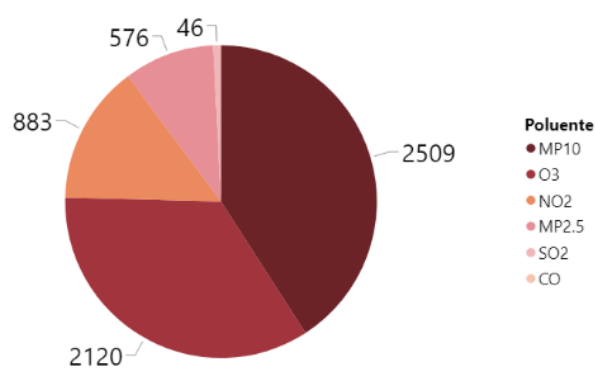


Figura 08b – Emissão total por poluentes de março a setembro de 2020

Total de emissão por poluente



Fonte: A autora, 2020.

3.4 Análise que determina se houve aumento na emissão de poluentes quando se iniciou a flexibilização

A reabertura do estado com base na divisão do território paulista e classificação por cores teve início em 01/06/2020. A finalidade dessa análise é determinar se houve aumento na emissão de poluentes no período antes e depois da flexibilização.

- para isso, o gráfico de pizza foi selecionado e os dados para exibição foram classificados da seguinte maneira:
- detalhes: poluente
- valores: soma $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Analisando os gráficos gerados através dos dados obtidos, nota-se que houve aumento na emissão de todos os poluentes quando o total emitido entre março e junho (Figura 9a) é

comparado com o total emitido entre julho e setembro (Figura 9b). O único poluente que não sofreu aumento foi o SO₂, que se manteve em 23 em ambos os períodos.

Figura 09a – Emissão total por poluentes de março a junho de 2020

Total de emissão por poluente

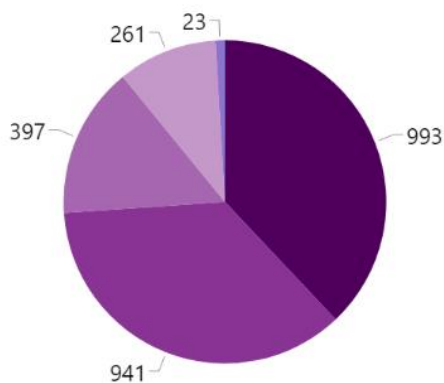
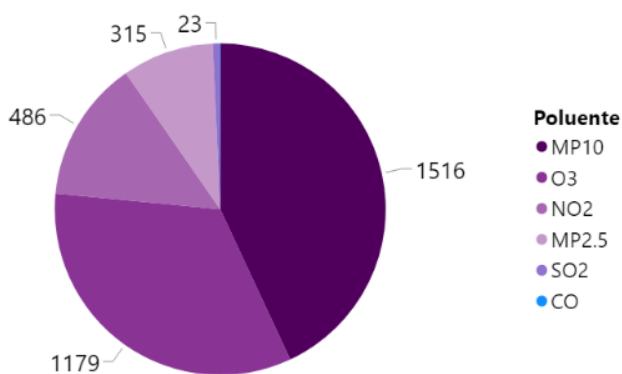


Figura 09b – Emissão total por poluentes de julho a setembro de 2020

Total de emissão por poluente



Fonte: A autora, 2020.

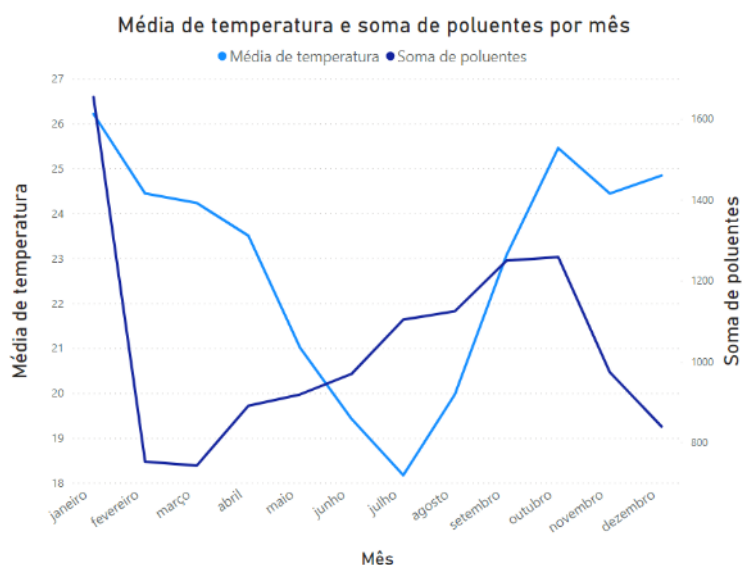
3.5 Relação entre a emissão de poluentes e as alterações na temperatura

Com os dados coletados é possível analisar se há alguma relação entre as alterações de temperatura e a emissão de poluentes. Para realizar essa análise, após o tratamento dos dados, um gráfico de linha foi utilizado e os dados para exibição foram classificados conforme segue:

- eixo: data - aplicado o filtro para exibição dos dados de 2019, apresentados por mês para a figura 10 e 2020 também apresentados por mês para a figura 11.
- valores: média de temperatura
- valores secundários: soma de poluentes

No gráfico de 2019 (Figura 10) é possível observar uma queda considerável na soma de emissão de poluentes no primeiro trimestre do ano, época em que a média de temperatura teve baixa alteração. Nota-se que a emissão de poluentes mostra ascensão entre os meses de março e outubro, enquanto a média de temperatura sofre queda tendo sua menor medição no mês de julho.

Figura 10 – Comparação de emissão de poluentes com temperatura em 2019

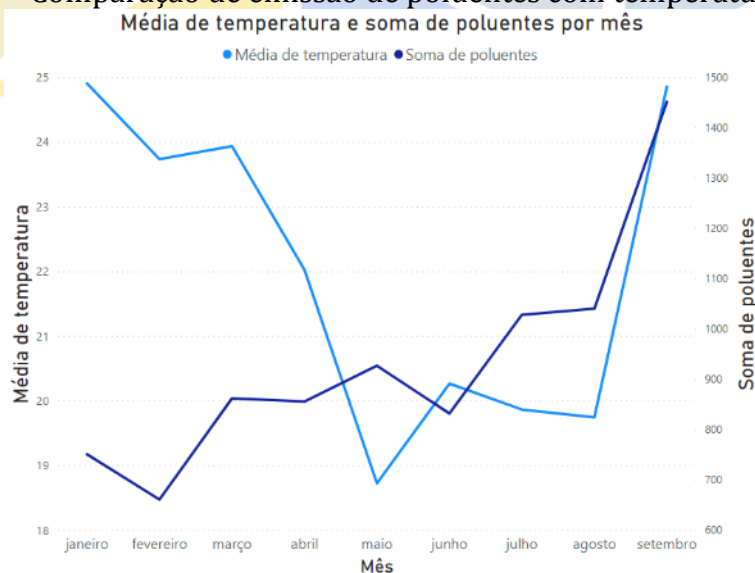


Fonte: A autora, 2020.

Nos dados analisados relacionados ao ano de 2020 (Figura 11) não observamos o mesmo comportamento na queda de emissão de poluentes no primeiro trimestre do ano. A média de temperatura por outro lado, apresentou o mesmo padrão de queda com sua menor medição no mês de maio.

Não é possível portanto, relacionar as alterações na média de temperatura com a soma de emissão dos poluentes tanto em 2019 quanto em 2020.

Figura 11 – Comparação de emissão de poluentes com temperatura em 2020



Fonte: A autora, 2020.

3.6 – Relação entre emissão de poluentes e alterações na umidade relativa do ar

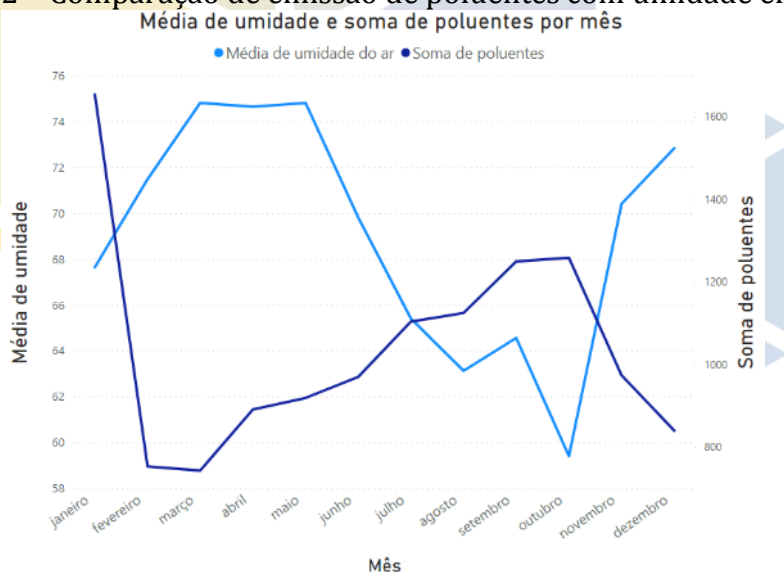
Também é possível analisar a relação entre as alterações na quantidade de emissão de poluentes com a média de umidade relativa do ar. Após o tratamento dos dados, um gráfico de linha foi utilizado e os dados para exibição foram classificados conforme segue:

- eixo: data - aplicado o filtro para exibição dos dados de 2019 apresentados por mês para a figura 12. a apresentação para os dados de 2020 também ocorreu por mês, na figura 13.
- valores: média de umidade do ar
- valores secundários: soma de poluentes

No gráfico elaborado com os dados de 2019 (Figura 12), nota-se uma queda na emissão de poluentes no primeiro trimestre do ano e uma alta na média da umidade relativa do ar que se manteve até maio. Nos meses seguintes entre maio e outubro, observa-se uma queda na média da umidade relativa do ar e um aumento na soma da emissão de poluentes para o mesmo período.

No primeiro bimestre de 2020, observa-se queda na soma de emissão de poluentes e aumento na média de umidade relativa do ar. As medições nos meses de março, abril e maio mostram aumento na soma de emissão de poluentes e diminuição da média de umidade relativa do ar e nos meses entre julho e setembro, houve aumento na soma de emissão de poluentes enquanto a média de umidade relativa do ar apresenta queda (Figura 13).

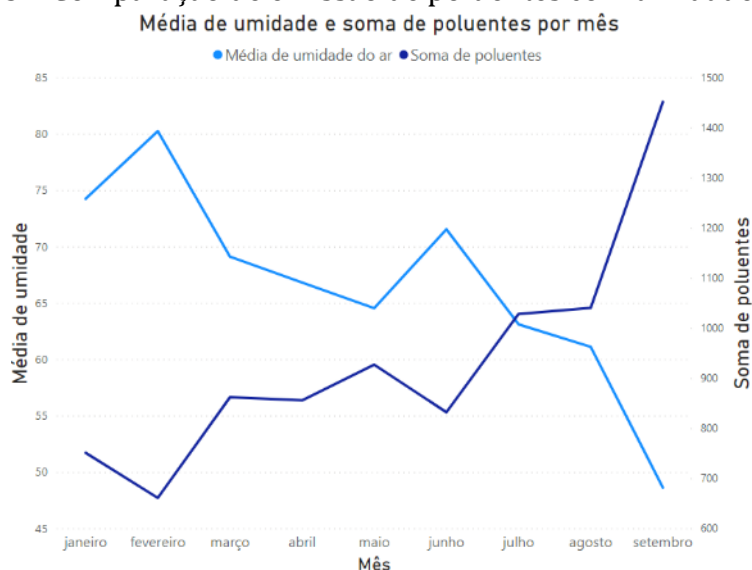
Figura 12 – Comparação de emissão de poluentes com umidade em 2019



Fonte: A autora, 2020.

Os gráficos analisados para ambos os anos aparentam apresentar uma tendência inversamente proporcional entre as grandezas comparadas, sugerindo que quanto maior a média de umidade relativa do ar, menor a detecção de poluentes na atmosfera das localidades analisadas.

Figura 13 – Comparação de emissão de poluentes com umidade em 2020



Fonte: A autora, 2020.

3.7 – Análise da quantidade média de emissão de poluentes no período de janeiro a setembro de 2019 e no período de *lockdown* de janeiro a setembro de 2020

O período da coleta de dados permite analisar se houve uma diferença significativa na quantidade de emissão de poluentes em todo o período que os locais de amostragem estiveram sob *lockdown* quando comparado com o mesmo período de 2019, quando a pandemia do COVID-19 ainda não havia sido declarada.

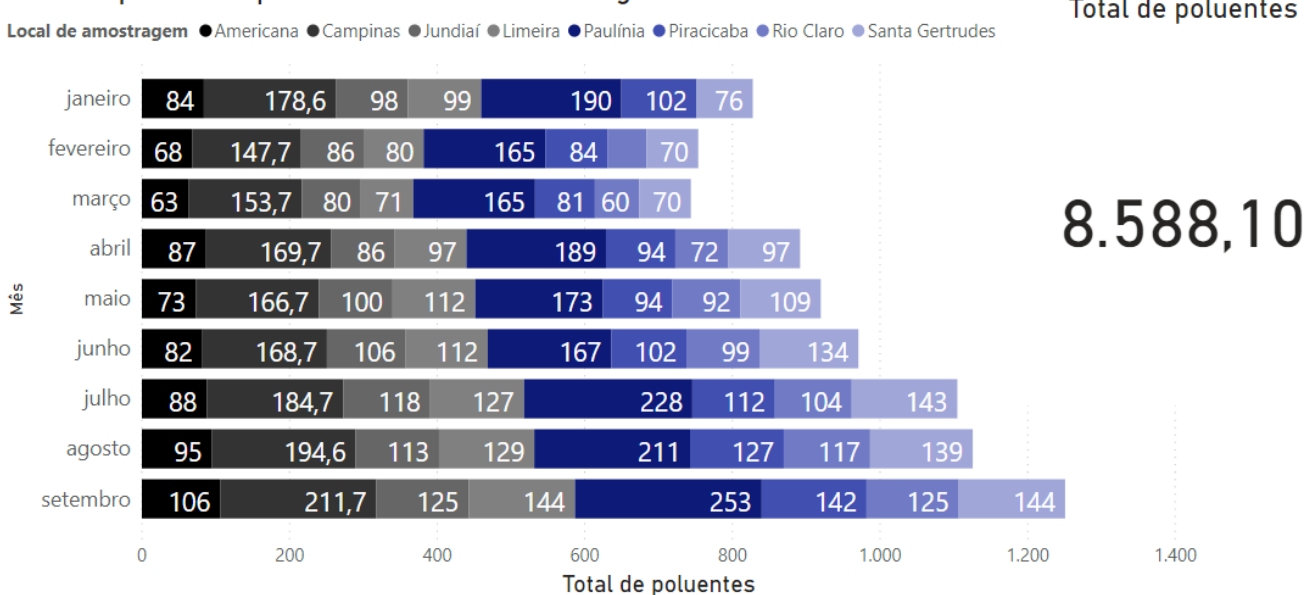
Com isso, é possível analisar se houve aumento, redução ou se a quantidade de emissão de poluentes não mostrou alteração significativa. Para isso, os dados coletados foram tratados e, posteriormente, um gráfico de barras empilhadas foi utilizado para representação visual. Os dados para exibição foram classificados conforme segue:

- eixo: data - aplicado o filtro para exibição dos dados de 2019 apresentados por mês para a figura 14. a apresentação para os dados de 2020 também ocorreu por mês, na figura 15.
- legenda: local de amostragem
- valores: soma de poluentes
- um cartão foi adicionado para mostrar de maneira mais visual, o total de poluentes emitidos em cada ano.

A soma de poluentes emitida entre os meses de janeiro a setembro de 2019 totaliza 8.588,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ distribuída nos locais de amostragem conforme apresentado na Figura 14.

A medição para o mesmo período em 2020 também foi analisada e traz um total de 8.413,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de poluentes emitidos, distribuídos por local de amostragem e ilustrado na Figura 15.

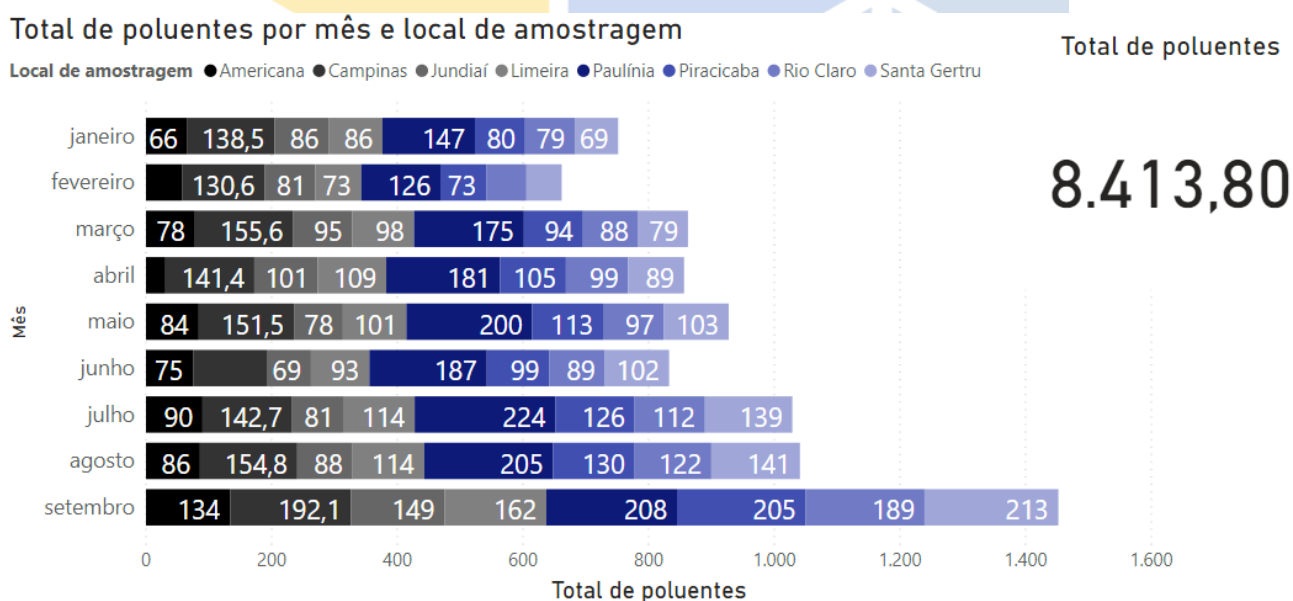
Figura 14 – Soma de poluentes emitidos nos meses de janeiro a setembro de 2019, por cidade
Total de poluentes por mês e local de amostragem



Fonte: A autora, 2020.

A última análise realizada com os dados coletados (Figura 16) mostra o total de poluentes emitido por cidade entre janeiro e setembro de 2019 e 2020. Nota-se que em 2020 houve redução de 1,69% na quantidade total de poluentes emitidos. As cidades que apresentaram aumento na soma de poluentes do ar emitidos são Piracicaba (9,27%), Rio Claro (30,05%) e Santa Gertrudes (0,92%).

Figura 15 – Soma de poluentes emitidos nos meses de janeiro a setembro de 2020, por cidade



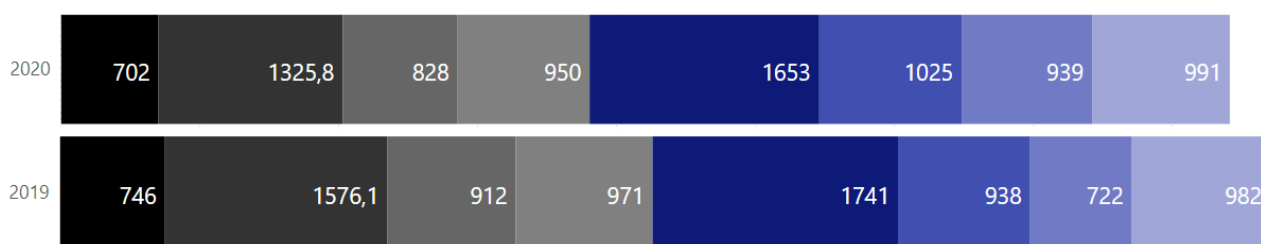
Fonte: A autora, 2020.

Já as cidades que apresentaram maior diminuição na quantidade de poluentes do ar emitidos em 2020 em comparação com 2019 foram Campinas (15,88%), Jundiaí (9,21%) e Americana (5,90%). Paulínia foi a cidade que apresentou menor redução percentual de poluentes com queda de 5,05%.

Figura 16 – Soma de poluentes emitidos de janeiro a setembro de 2019 e 2020 em cada cidade

Total de poluentes por mês e local de amostragem

Local de amostragem ● Americana ● Campinas ● Jundiaí ● Limeira ● Paulínia ● Piracicaba ● Rio Claro ● Santa Gertrudes



Total de poluentes

Fonte: A autora, 2020.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma análise do impacto que o *lockdown* teve na quantidade de emissão de poluentes nas cidades de Campinas e região através da coleta, classificação, tratamento e apresentação de dados.

Com base nos resultados obtidos após a análise de dados, foi possível concluir que o *lockdown* em decorrência da pandemia COVID-19 levou a diminuição de emissão de poluentes do ar em 2,02%, associada à diminuição de atividades decorrentes da ação humana, pois embora se possa considerar o ser humano como espécie participante do ecossistema, esta vêm explorando e provocando mudanças agressivas no meio ambiente.

Por fim, este estudo possui certas limitações em decorrência da coleta de dados ser de um determinado período (janeiro 2019 a setembro 2020) e inclui apenas medições e referências a estudos publicados após a origem do COVID-19. Dado que o assunto ainda é recente, há uma falta de pesquisa relacionada ao impacto do *lockdown* na qualidade do ar, sendo que as pesquisas em sua grande maioria, estão relacionadas ao impacto do COVID-19 na saúde, métodos de prevenção, transmissão e mortalidade.

É evidente que por conta do *lockdown*, houve diminuição na emissão de poluentes e melhora na qualidade do ar de acordo com esta e outras pesquisas publicadas, porém é crucial investigar se a redução na emissão de poluentes irá perdurar no período pós *lockdown*.

As pesquisas futuras devem incluir fatores meteorológicos e testar ainda mais o efeito do *lockdown* na qualidade do ar. Em adição, pesquisas futuras podem utilizar a coleta, tratamento e análise de dados com a finalidade de explorar a relação entre a emissão de poluentes no período pré e pós *lockdown* com a umidade e temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, S. *et al.* Air quality status during 2020 Malaysia Movement Control Order (MCO) due to 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pandemic. **Science of The Total Environment**, v.

729, abr./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139022>. Acesso em: 13 set. 2020.

ADAMS, M. D. *Air pollution in Ontario, Canada during the COVID-19 State of Emergency*. **Science of The Total Environment** v. 742, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.14051>. Acesso em: 21 set. 2020.

AMAN, M. *et al.* *COVID-19 and its impact on environment: Improved pollution levels during the lockdown period – A case from Ahmedabad, India*. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100382>. Acesso em: 6 out. 2020.

BALDASANO, J. M. *COVID-19 lockdown effects on air quality by NO₂ in the cities of Barcelona and Madrid (Spain)*. **Science of The Total Environment**, v. 741, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140353>. Acesso em: 14 set. 2020.

BISWAL, A. *et al.* *COVID-19 lockdown and its impact on tropospheric NO₂ concentrations over India using satellite-based data*. **Heliyon**, v. 6, set./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04764>. Acesso em: 17 set. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 21 de novembro de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 155, dez. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603 Acesso em: 22 set. 2020, às 20h26min.

BRASIL. Decreto nº13.979, de 6 de fevereiro de 2020. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, 7 fev. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.979-de-6-de-fevereiro-de-2020-242078735>. Acesso em: 16 set. 2020, às 20h34min.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 188, de 3 de fevereiro de 2020**. Brasília, 2020.

BRIZ-REDÓN, *et al.* *Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study*. **Journal of Environmental Sciences**, v. 101, p. 16-26, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>. Acesso em: 2 out. 2020.

CAMELETTI, M. *The Effect of Corona Virus Lockdown on Air Pollution: Evidence from the City of Brescia in Lombardia Region (Italy)*. **Atmospheric Environment**, v. 239, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117794>. Acesso em: 6 out. 2020.

CETESB. **QUALAR**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: 16 set. 2020.

CETESB. **Padrões de Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 10 set. 2020.

CHEN, L. A. *et al.* *Nonuniform impacts of COVID-19 lockdown on air quality over the United States*. **Science of The Total Environment**, v. 745, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141105>. Acesso em: 17 set. 2020.

CHEN, Y. *et al.* *Impact of the COVID-19 pandemic and control measures on air quality and aerosol light absorption in Southwestern China*. **Science of The Total Environment**, v. 749,

ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141419>. Acesso em: 23 set. 2020.

CHU, B. *et al.* Significant concurrent decrease in PM_{2.5} and NO₂ concentrations in China during COVID-19 epidemic. **Journal of Environmental Sciences**, v. 99, p. 346-353, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115368>. Acesso em: 2 out. 2020.

COLLIVIGNARELLI, M. C. *et al.* Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality?. **Science of The Total Environment**, v. 732, mai./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139280>. Acesso em: 14 set. 2020.

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, abr./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>. Acesso em: 13 set. 2020.

GLOBO.COM. **Governo de SP anuncia flexibilização da quarentena em mais 3 regiões do estado; nenhuma endurece.** Disponível em: encurtador.com.br/pquzM. Acesso em: 16 set. 2020.

KERIMRAY, A. *et al.* Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: The impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan. **Science of The Total Environment**, v. 730, maio/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139179>. Acesso em: 18 set. 2020.

KRECL, P. *et al.* Drop in urban air pollution from COVID-19 pandemic: Policy implications for the megacity of São Paulo. **Environmental Pollution**, v. 265, Part B, mai./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114883>. Acesso em: 30 set. 2020.

KUMAR, S. Effect of meteorological parameters on spread of COVID-19 in India and air quality during lockdown. **Science of The Total Environment**, v. 745, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141021>. Acesso em: 21 set. 2020.

LI, L. *et al.* Air quality changes during the COVID-19 lockdown over the Yangtze River Delta Region: An insight into the impact of human activity pattern changes on air pollution variation. **Science of The Total Environment**: v. 732, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139282>. Acesso em: 27 ago. 2020.

LIAN, X. *et al.* Impact of city lockdown on the air quality of COVID-19-hit of Wuhan city. **Science of The Total Environment**, v. 742, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140556>. Acesso em: 1 set. 2020.

LIU, Q. *et al.* Spatiotemporal impacts of COVID-19 on air pollution in California, USA. **Science of The Total Environment**, v. 750, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141592>. Acesso em: 25 set. 2020.

MAHATO, S. *et al.* Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. **Science of The Total Environment**, v. 730, ago. /2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139086>. Acesso em: 17 set. 2020.

MARTORELL-MARUGÁN, J. *et al.* DataC: A visual analytics platform to explore climate and air quality indicators associated with the COVID-19 pandemic in Spain. **Science of The Total**

- Environment*, v. 750, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141424>. Acesso em: 23 set. 2020.
- MENDEZ-ESPINOSA, J. F. *et al.* Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown. *Science of The Total Environment*, v. 749, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141621>. Acesso em: 17 set. 2020.
- MENUT, L. *et al.* Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. *Science of The Total Environment*, v. 741, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140426>. Acesso em: 17 set. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Padrões de Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-de-qualidade-do-ar.html>. Acesso em: 10 set. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. Acesso em: 10 set. 2020.
- MOR, S. *et al.* Impact of COVID-19 lockdown on air quality in Chandigarh, India: Understanding the emission sources during controlled anthropogenic activities. *Chemosphere*. 263, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127978>. Acesso em: 18 set. 2020.
- MUHAMAD, S. *et al.* COVID-19 pandemic and Environmental Pollution: A blessing in disguise? *Science of The Total Environment*, v. 728, abr./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>. Acesso em: 15 set. 2020.
- 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, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>. Acesso em: 15 set. 2020.
- OTMANI, A. *et al.* Impact of Covid-19 lockdown on PM10, SO2 and NO2 concentrations in Salé City (Morocco). *Science of The Total Environment*, v. 735, mai./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139541>. Acesso em: 14 set. 2020.
- PAITAL, B. Nurture to nature via COVID-19: a self-regenerating environmental strategy of environment in global context. *Science of The Total Environment*, v. 729, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139088>. Acesso em: 1 set. 2020.
- PATEL, H. *et al.* Implications for air quality management of changes in air quality during lockdown in Auckland (New Zealand) in response to the 2020 SARS-CoV-2 epidemic. *Science of The Total Environment*, v. 746, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141129>. Acesso em: 23 set. 2020.
- PEI, Z. *et al.* Response of major air pollutants to COVID-19 lockdowns in China. *Science of The Total Environment*, v. 743, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140879>. Acesso em: 18 set. 2020.
- RODRÍGUEZ-URREGO, D; RODRÍGUEZ-URREGO, L. Air quality during the COVID-19: PM2.5 analysis in the 50 most polluted capital cities in the world. *Environmental Pollution*, v. 266, jul./2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120337635>. Acesso em: 17 set. 2020.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 64.881, de 22 de março de 2020. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 22 mar. 2020. Disponível em: <http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20200323&Caderno=Suplemento&NumeroPagina=1>. Acesso em: 18 set. 2020, às 19h10min.

SELVAM, S. *et al.* SARS-CoV-2 pandemic lockdown: Effects on air quality in the industrialized Gujarat state of India. **Science of The Total Environment**, v. 737, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140391>. Acesso em: 17 set. 2020.

SHAKILA, M. H. *et al.* COVID-19 and the environment: A critical review and research agenda. **Science of The Total Environment**, v. 745, jul./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141022>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SINGH, V. *et al.* Diurnal and temporal changes in air pollution during COVID-19 strict lockdown over different regions of India. **Environmental Pollution**, v. 266, Part 3, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115368>. Acesso em: 30 set. 2020.

TOBIÁS, A. *et al.* Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. **Science of The Total Environment**, v. 726, abr./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>. Acesso em: 12 set. 2020.

WANG, P. *et al.* Severe air pollution events not avoided by reduced anthropogenic activities during COVID-19 outbreak. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 158, mar./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104814>. Acesso em: 25 set. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air Pollution**. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Acesso em: 10 set. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Ambient (outdoor) Air Pollution**. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 10 set. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020**. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Acesso em: 29 set. 2020.

YUAN, Q. *et al.* Spatiotemporal variations and reduction of air pollutants during the COVID-19 pandemic in a megacity of Yangtze River Delta in China. **Science of The Total Environment**, v. 751, ago./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141820>. Acesso em: 25 set. 2020.

ZANGARI, S. *et al.* Air quality changes in New York City during the COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 742, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140496>. Acesso em: 17 set. 2020.

ZHENG, H. *et al.* *Significant changes in the chemical compositions and sources of PM2.5 in Wuhan since the city lockdown as COVID-19.* **Science of The Total Environment**, v. 739, jun./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140000>. Acesso em: 14 set. 2020.

