PESQUISAS E AÇÕES EM Saúde Pública
Edição XVI

Capítulo 4

EFEITO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE AS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NA CIDADE DE CUBATÃO

FERNANDO OLIVEIRA DOS SANTOS[1]
SOPHIA MASSESINE PIMENTEL[2]
GIULIA FRANCIS DELGADO DOS SANTOS[2]
EDGAR MAQUIGUSSA[3]
MIRIAN APARECIDA BOIM[4]
ELIZABETH BARBOSA DE OLIVEIRA SALES[4]
PÉRSIO PAIVA DE TORRE[5]

1. Discente – Faculdade de Medicina da Universidade Metropolitana de Santos; Bolsista do Programa de Iniciação Científica 2022 (PIC UNIMES).
2. Discente – Faculdade de Medicina da Universidade Metropolitana de Santos.
3. Docente – Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Metropolitana de Santos; Orientador do Programa de Iniciação Científica de 2022 (PIC UNIMES).
4. Docente – Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Metropolitana de Santos.
5. Discente – Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos.

Palavras-chave:
Poluição; Doenças respiratórias; Covid-19.

doi 10.59290/978-65-6029-115-7.4

INTRODUÇÃO

A poluição é definida como a introdução no meio ambiente de substâncias prejudiciais aos seres humanos e outros organismos vivos. Poluentes são sólidos, líquidos ou gases nocivos produzidos em concentrações mais altas do que o normal que reduzem a qualidade do nosso meio ambiente. No que diz respeito aos humanos, um poluente do ar pode causar ou contribuir para um aumento em doenças graves ou na mortalidade, dessa forma, pode representar um perigo potencial para a saúde humana (WHO, 2022).

A emissão de substâncias poluentes no ar atmosférico pode ocorrer via fontes naturais (vulcões, incêndios), entretanto, as atividades antrópicas são a principal causa da poluição do ar ambiente. Em grandes cidades, os veículos a combustão (automóvel, ônibus, caminhão, etc.) lançam na atmosfera a maior parte dos produtos químicos perigosos, mas vários poluentes do ar são liberados de instalações industriais e podem causar efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente.

Embora a revolução industrial tenha sido um grande sucesso em termos de tecnologia, sociedade e prestação de serviços, ela também introduziu a produção de grande quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera que são prejudiciais à saúde humana. Sem dúvida, a poluição ambiental global é considerada um problema de saúde pública internacional com múltiplas facetas. Preocupações sociais, econômicas, legislativas e hábitos de vida estão relacionados a esse grande problema. Claramente, a urbanização e a industrialização estão atingindo proporções sem precedentes e perturbadoras em todo o mundo. A poluição antrópica do ar é um dos maiores riscos à saúde pública em todo o mundo, sendo responsável por cerca de 9 milhões de mortes por ano (WHO, 2022).

A poluição do ar é uma mistura de partículas, material particulado, e gases liberados na atmosfera principalmente por indústrias, veículos motorizados e usinas térmicas, bem como na queima de biomassa e combustíveis fósseis. Os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários: os poluentes primários são lançados diretamente na atmosfera, enquanto os poluentes secundários resultam de reações químicas entre os poluentes primários (ARBEX *et al*., 2012). Esses e outros fatores afetam a saúde principalmente de crianças, idosos e de outros que fazem parte do grupo de risco.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) relata seis principais poluentes atmosféricos: material particulado (PM), ozônio, monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e chumbo (Pb). A poluição do ar pode ter um efeito desastroso em todos os componentes do meio ambiente, incluindo lençóis freáticos, solo e ar. Além disso, representa uma séria ameaça aos organismos vivos. A chuva ácida, o aquecimento global, o efeito estufa e as mudanças climáticas têm um impacto ecológico importante na poluição do ar (WHO, 2022).

O material particulado (PM) é normalmente formado na atmosfera como resultado de reações químicas entre os diferentes poluentes. A poluição por material particulado (PM) inclui partículas com diâmetros de 10 micrômetros (μm) ou menores, chamadas PM_{10}, e partículas extremamente finas com diâmetros de 2,5 micrômetros (μm) ou menores, denominadas $PM_{2.5}$. A penetração das partículas no organismo humano depende intimamente de seu tamanho (WILSON & SUH, 1997). Estudos têm mostrado uma relação entre PM e efeitos adversos à saúde, com foco na exposição a curto (agudo) ou longo prazo (crônica) ao PM (MANISALIDIS *et al*., 2020).

Numerosos estudos descrevem que todos os tipos de poluentes do ar, em alta concentração, podem afetar as vias aéreas. No entanto, efeitos semelhantes também são observados com a exposição a longo prazo de concentrações mais baixas de poluentes. Sintomas como irritação no nariz e garganta, seguidos de broncoconstrição e dispneia, especialmente em indivíduos asmáticos, são geralmente encontrados após exposição a níveis elevados de dióxido de enxofre (BALMES *et al*., 1987), óxidos de nitrogênio (KAGAWA, 1985) e certos metais pesados, como arsênio, níquel ou vanádio. Além disso, as partículas que penetram no epitélio alveolar (GHIO & HUANG, 2004) e o ozônio iniciam a inflamação pulmonar (UYSAL & SCHAPIRA, 2003). Em pacientes com lesões pulmonares ou doenças pulmonares, a inflamação iniciada por poluentes piorará sua condição. Além disso, poluentes do ar, como óxidos de nitrogênio, aumentam a suscetibilidade a infecções respiratórias (SCHAUHAN *et al*., 1998). Finalmente, a exposição crônica ao ozônio e certos metais pesados reduz a função pulmonar (RASTOGI *et al*., 1991; TAGER *et al*., 2005), enquanto os últimos também são responsáveis por causar asma, enfisema e até câncer de pulmão (KUO *et al*., 2006; NAWROT *et al*., 2006). Lesões semelhantes a enfisema também foram observadas em camundongos expostos ao dióxido de nitrogênio (WEGMANN *et al*., 2005).

Dentre os principais poluentes, o PM é considerado uma das principais substâncias nocivas do ar atmosférico. O PM tornou-se um problema de saúde pública, sendo implicado como a causa de 4,24 milhões de mortes em 2015, 7,8% maior do que em 2005 (GBD, 2016). Em 2015, o PM foi classificado em 6º na lista dos 10 poluentes mais perigosos (GBD, 2016). Muitos estudos epidemiológicos em todo o mundo têm abordado a correlação entre as concentrações de PM com as visitas ao hospital devido a doenças respiratórias (MOUSTRIS *et al*., 2017; TIAN *et al.*, 2017). PM pode interagir diretamente com o corpo humano, embora as partículas possam ser detectadas em muitos órgãos como os pulmões, fígado, rins, coração e cérebro, entretanto, devido à exposição, os pulmões são os principais locais de detecção (AALAPATI *et al*., 2014). Por causa da heterogeneidade em seus produtos químicos e propriedades físicas, não há dose tóxica padrão para o PM. De acordo com Fann *et al.* (2012), mesmo a exposição ao PM em uma concentração abaixo dos padrões americanos representa um risco significativo para a saúde (FANN *et al*., 2012). Por causa de seus impactos substanciais na saúde, em 2006, as diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde estabeleceram $PM_{2.5}$ como o principal indicador de poluição causada por partículas.

A toxicidade do PM surge de dois aspectos. Primeiro, os particulados podem penetrar na região dos alvéolos pulmonares e, assim, infiltrar o sistema circulatório através da membrana respiratória (PINKERTON *et al*., 2000; XU *et al*., 2008). Em segundo lugar, as partículas podem absorver muitas outras substâncias tóxicas transportadas pelo ar em sua área de superfície, como metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e orgânicos e íons inorgânicos (WHO, 2006).

Os efeitos da poluição do ar na população exposta têm sido objeto de pesquisas em todo o mundo para correlacionar os efeitos fotoquímicos do ar e da saúde, o sistema respiratório e o agravamento de doenças alérgicas. Gao *et al*. (2018) relataram que o mundo sofreu perdas econômicas de 129 bilhões de dólares em associação com as emissões de gases de efeito estufa em 2016. Pesquisadores de diferentes países uniram-se em sua busca de correlacionar os efeitos dos poluentes do ar com as doenças respiratórias. Na Suíça, pesquisadores identifi-

caram um aumento na incidência de asma em adultos que vivem em regiões de alto tráfego automotivo (KUNZLI *et al*., 2014). Na Holanda, Gehring *et al*. (2010) associaram o aumento nos níveis de $PM_{2.5}$ com um aumento da incidência de asma em crianças de oito anos. Na Itália, houve relato que as emissões de PM_{10} e NO_2 induziram cerca de 58 mil mortes prematuras/ano devido a doenças cardiovasculares e doenças respiratórias. Em Hong Kong, Ko *et al.* (2007) associaram o aumento da incidência de hospitalização de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) com poluentes ambientais, como dióxido de enxofre (SO_2), NO_2, $PM_{2.5}$ e PM_{10} (KO *et al*., 2007). Um estudo também encontrou um aumento na incidência de hospitalizações por DPOC com aumento das emissões de NO_2 em cidades na Dinamarca (ANDERSEN *et al*., 2011) e na Coreia do Sul. Outro estudo verificou a incidência de indivíduos adquirindo DPOC com o aumento da emissão de poluentes da queima de biomassa (HU *et al*., 2010). Nos EUA, Reis *et al*. (2018) observaram uma incidência muito alta de câncer de pulmão em cidades com concentrações de $PM_{2,5}$ acima de 28 ppb.

No Brasil, estima-se que uma média de 22 mil pessoas perdem suas vidas prematuramente a cada ano por causa da exposição a poluentes fora de casa, especialmente no ambiente urbano. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), esse número poderia atingir 36 mil pessoas/ano até 2040 (WHO, 2005). Estudos mais recentes sobre poluição do ar e seus efeitos na saúde humana em São Paulo forneceram consideráveis evidências de uma associação entre o aumento das internações hospitalares em indivíduos expostos a poluentes atmosféricos como O_3, NO_2, SO_2, CO e PM inalável (ANDRADE *et al*., 2017).

De acordo com Bravo *et al*. (2016), mais de 99 mil mortes são atribuídas à poluição do ar a cada ano. Os veículos motorizados são principalmente responsáveis pelos altos índices de poluição do ar a que a população de São Paulo está exposta. A poluição do ar estima-se que reduza a expectativa média de vida em São Paulo em cerca de 3,5 anos (FAIERSZTAIN *et al*., 2016). Os indivíduos mais suscetíveis a doenças causadas por emissões de poluentes são crianças, idosos, pessoas com doenças crônicas e pessoas com suscetibilidade genética. Além disso, os poluentes podem afetar o feto humano durante a gravidez, causando retardo de crescimento intrauterino, prematuridade, baixo peso ao nascimento e, nos casos mais graves, anomalias congênitas e morte intrauterina ou perinatal (ARBEX *et al*., 2012). A exposição crônica a $PM_{2.5}$ emitido por combustíveis fósseis, especialmente aqueles que contêm chumbo, aumenta o risco de doenças cardíacas e respiratórias e podem até evoluir para câncer de pulmão. O aumento da poluição do ar em grandes centros urbanos também foi associado a todos os fatores de risco para doenças cárdiovasculares, como arritmia, vasoconstrição e aumento da pressão arterial, isquemia miocárdica e cerebral e a progressão da arteriosclerose (COSTA *et al*., 2013).

O objetivo deste estudo foi avaliar a correlação entre os casos de internação causados por doenças respiratórias com a qualidade do ar na cidade de Cubatão no período de 2019 a 2021, bem como o número de casos de internação causados por doenças respiratórias na cidade de Cubatão nesse período, a qualidade do ar nesse intervalo temporal, se existe correlação entre os resultados obtidos, categorizado entre anos, doença e tipo de poluente e o efeito da pandemia da Covid-19 sobre as doenças respiratórias não relacionadas com Covid-19.

MÉTODO

O projeto é um estudo observacional retrospectivo e analítico através da análise dos dados sobre o número de internações na cidade de Cubatão no período entre janeiro de 2019 a dezembro de 2021. Foi realizada a busca através do código internacional de doenças (CID10) entre os códigos J01 até J99.

Os dados sobre o número de internações por doenças respiratórias nos hospitais das unidades de Cubatão foram coletados na plataforma online TABNET-SUS com os seguintes filtros: morbidade hospitalar do SUS, Cubatão e intervalo de tempo (2019-2021). Os hospitais pesquisados em Cubatão foram: Hospital Municipal de Cubatão e Pronto Socorro Municipal de Cubatão.

O número de internações causadas por doenças respiratórias foi correlacionado com as emissões de poluentes de Cubatão durante o período estudado. Os dados de qualidade do ar foram extraídos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) através do monitoramento em três estações de análise (Centro, Vale do Mogi e Vila Parisi) da cidade de Cubatão. Foram coletados os dados dos seguintes poluentes de acordo com a disponibilidade da CETESB: MP_{10}, O_3, NO_2 e SO_2.

Os dados obtidos entre março de 2020 até dezembro de 2021 (pandemia da Covid-19) foram utilizados para avaliar o impacto da pandemia sobre os casos de doenças respiratórias não relacionados com Covid-19.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar se os dados possuem distribuição normal. Foi realizada análise de correlação entre o número de internações com a qualidade do ar naquele mesmo período, para isso, foi realizado o teste de correlação de Pearson ou Spearman de acordo com o resultado de normalidade. Os resultados foram avaliados de acordo com o grau de correlação, através do valor de ρ, que irá indicar o grau de correlação entre as duas variáveis analisadas. Os resultados com $p < 0.05$ foram considerados significantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

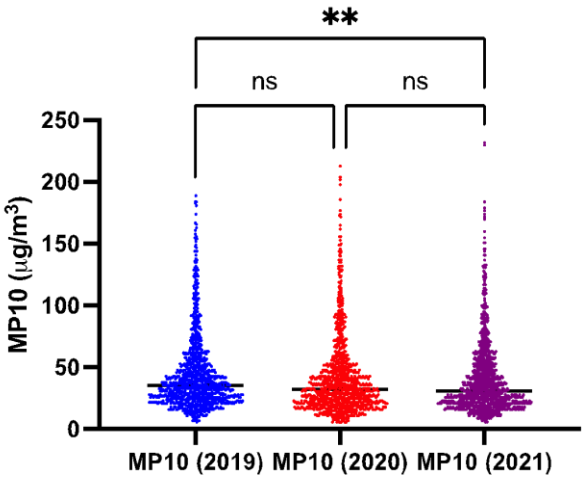
A **Tabela 4.1** demonstra os valores das concentrações dos poluentes MP10, NO2, SO2 e O3 durante o período de 2019 a 2021. Os dados são apresentados em média ± desvio padrão (DP), valores máximos e mínimo em cada ano e percentis 25, 50 e 75.

Tabela 4.1 Média dos poluentes por ano com seus percentis

				Percentil		
Variável	**Média ± DP**	**Máximo**	**Mínimo**	**25th**	**50th**	**75th**
MP10 (2019)	44.7 ± 31	189	6	25	35	53
MP10 (2020)	42.0 ± 32.4	213	6	21	32	49
MP10 (2021)	39.5 ± 29.8	232	6	21	29	48.5
NO2 (2019)	67.8 ± 23.5	271	13	51	64	80
NO2 (2020)	67 ± 24.6	226	21	49.3	61	79
NO2 (2021)	62.1 ± 22.0	193	14	47	58	72.3
SO2 (2019)	8.3 ± 6.3	53	1	4	7	11
SO2 (2020)	8.1 ± 7.2	67	1	4	6	10
SO2 (2021)	6.2 ± 5.6	95	1	3	5	8
O3 (2019)	46.1 ± 23.9	156	2	29	43	58
O3 (2020)	42,8 ± 20.1	113	1	28	40	56
O3 (2021)	41.7 ± 21.3	179	4	26	38	53

O **Gráfico 4.1** representa a média da concentração de MP10 em 2019, 2020 e 2021. Os dados demonstram que a emissão de MP10 em 2021 foi significativamente menor comparada ao ano de 2019.

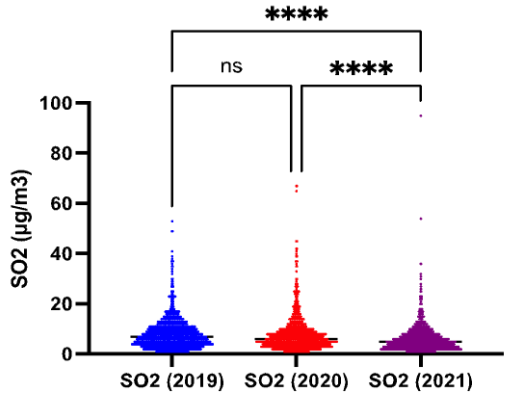
Gráfico 4.1 Concentração de MP10 entre os anos de 2019 a 2021



Nota: Os dados são apresentados em média ± DP. ** p < 0,05 vs MP10 (2019).

Com relação a emissão de SO2 durante o período de 2019 a 2021, a concentração de SO2 em 2021 foi menor em comparação aos anos de 2019 e 2020 (**Gráfico 4.2**).

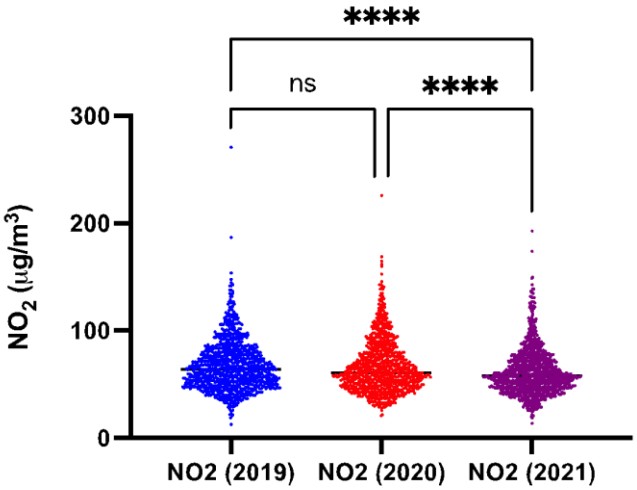
Gráfico 4.2 Concentração de SO2 entre os anos de 2019 a 2021



Nota: Os dados são apresentados em média ± DP. **** p < 0,05 vs SO2 (2019) e vs SO2 (2020).

O **Gráfico 4.3** representa a média da emissão de NO2 durante o período de 2019 a 2021. Os resultados indicam que a concentração de NO2 em 2021 foi significativamente menor em comparação a 2019 e 2020.

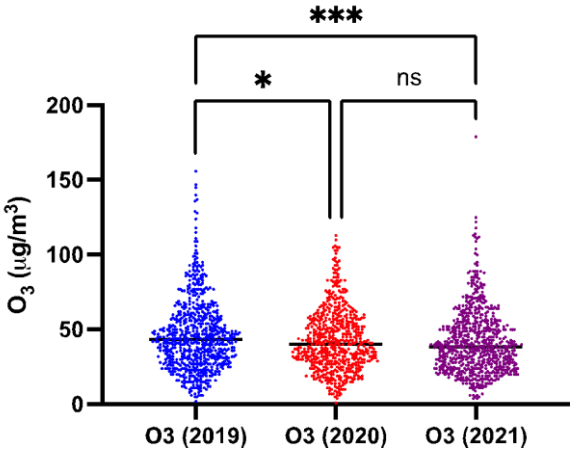
Gráfico 4.3 Concentração de NO2 entre os anos de 2019 a 2021



Nota: Os dados são apresentados em média ± DP. **** p < 0,05 vs NO2 (2019) e vs NO2 (2020).

Os resultados indicam que a emissão de O3 em 2020 foi significativamente menor comparada ao ano de 2019. A emissão em 2021 também foi menor do que em 2019 (**Gráfico 4.4**).

Gráfico 4.4 Concentração de O3 entre os anos de 2019 a 2021



Nota: Os dados são apresentados em média ± DP. **** p < 0,05 vs O3 (2019).

A **Tabela 4.2** indica o número total de hospitalizações por doenças respiratórias (J00-J99) obtidas pelo programa TABNET. Os da-

dos são apresentados em números absolutos entre os anos de 2019 e 2021.

Os **Gráficos 4.5**, **4.6** e **4.7** demonstram a variação mensal dos poluentes (MP10, NO2 e SO2) comparada com o número de internações hospitalares por doenças respiratórias.

Tabela 4.2 Números de hospitalizações por doenças respiratórias entre 2019 e 2021

	N	%
2019	357	33.4
2020	355	33.2
2021	357	33.4
TOTAL	**1069**	**100**

Gráfico 4.5 Variação mensal da concentração de MP10 e do número de admissões hospitalares por doenças respiratórias

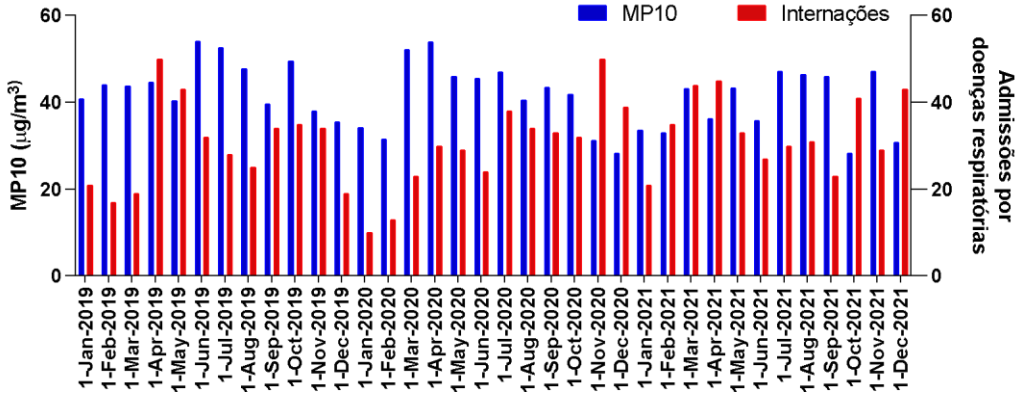


Gráfico 4.6 Variação mensal da concentração de NO2 e do número de admissões hospitalares por doenças respiratórias

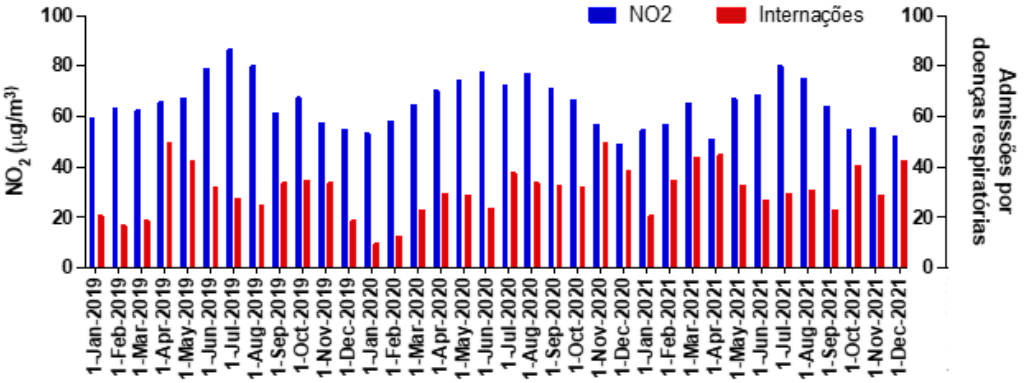
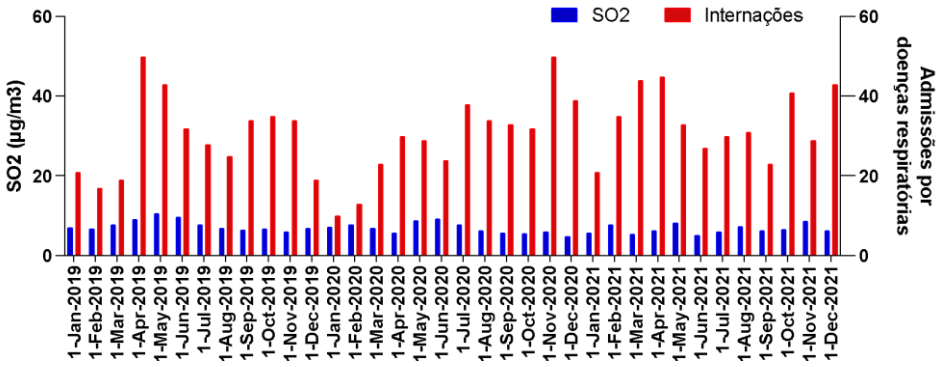


Gráfico 4.7 Variação mensal da concentração de SO2 e do número de admissões hospitalares por doenças respiratórias



A **Tabela 4.3** indica a correlação de Pearson entre os parâmetros estudados. Houve correlação significante entre a emissão de MP10 e NO2. A correlação foi considerada forte (r = 0.75). Não houve correlação entre as admissões hospitalares e a emissão dos poluentes entre o período estudado (2019-2021).

Tabela 4.3 Correlação de Pearson

	MP10	**NO2**	**SO2**	**Admissões hospitalares**
MP10	1			
NO2	0.75 *	1		
SO2	0,326	0,286	1	
Admissões hospitalares	-0,135	-0,055	-0,032	1

A poluição atmosférica é um fenômeno praticado pela espécie humana desde a Antiguidade. O homem começa a contribuir de forma ativa para esse processo ao descobrir o fogo, aproximadamente 800 mil anos a.C. mesmo que de forma inconsciente. A partir disso, inicia-se a deterioração do ar que respiramos e suas consequências para a fauna e flora (BRAGA *et al*., 2001).

Com a industrialização, esse processo se acentuou de maneira drástica, sendo lançados à atmosfera produtos extremamente tóxicos pelas indústrias químicas, siderúrgicas, queima de combustíveis fósseis, lançamento de materiais poluentes pelos motores à combustão, produtos com CFCs. Não havia análises sobre seus riscos e impactos ao meio ambiente e à saúde. Como consequência, há uma piora na qualidade do ar, aumento de doenças respiratórias e danos aos diversos ecossistemas e climas (COELHO, 2007; MARIO, 2012).

Assim, no século passado, foram identificados os principais poluentes atmosféricos, dentre eles: o material particulado (MP), ozônio (O3), dióxido de enxofre (SO2), aerossóis ácidos, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), dentre outros. Com isso, consegue-se agora, sabendo sobre esses agentes, identificar as causas de aumento deles e seus efeitos isoladamente na atmosfera, flora, fauna e saúde humana para impor limites aos seus usos (BRAGA *et al.*, 2001).

Com o avanço da ciência, hoje sabemos quais são esses poluentes atmosféricos, valores e limites para uma adequada qualidade do ar, seus riscos a curto e longo prazo, sejam eles à natureza e à saúde humana com suas doenças relacionadas, previsão e metas para o futuro (DAPPER *et al.*, 2016). Criam-se estações para mensurar a qualidade do ar e níveis de poluentes para monitoramento de seus índices e começam a surgir ações sustentáveis para uma melhor qualidade do ar e de vida da população (GOUVEIA *et al*., 2003). Porém, mesmo com diversos estudos científicos, há ainda uma grande onda de negacionismo por muitos o que atrapalha a batalha para um mundo melhor e com mais cuidado ao meio ambiente.

No presente estudo, foram empregadas técnicas de análise da poluição captadas por estações na cidade de Cubatão-SP entre os anos de 2019 e 2021. Nesse espaço de tempo, houve a pandemia do Covid-19, uma das maiores da história com altíssimas taxas de morte e hospitalizações, interrompendo diversos setores como economia, transporte, indústrias e serviços.

Era esperado que entre 2020 e 2021, período pandêmico, os níveis de poluição diminuíssem drasticamente em relação aos valores de 2019

pela crise econômica e paralisação de diversas atividades em vários momentos, até com períodos de *lockdown*, obrigando as pessoas a ficarem em casa. Este estudo demonstrou que os níveis de MP10 caíram gradativamente e foi observada significância estatística ao se comparar os valores de 2019 com 2021 (**Tabela 4.1** e **Gráfico 4.1**).

Quando comparamos os valores captados de SO2 e NO2 (**Tabela 4.1** e **Gráficos 4.2** e **4.3**), também percebemos que houve uma queda gradativa desses poluentes entre 2019 e 2021, com significância estatística dos valores 2019-2021 e 2020-2021, visto que em 2021 foi o período que houve o maior pico de mortes e de hospitalizações por Covid-19 no país com diversas consequências nas atividades econômicas.

Ao analisar os valores observados de O3, observa-se também uma queda com significância estatística dos valores em 2019 e 2020 e mais ainda no período de valores 2019-2021 (**Tabela 4.1** e **Gráfico 4.4**).

Quando comparados os casos de internações de doenças respiratórias não causadas pelo Covid-19, a expectativa era de que houvesse uma queda pela não procura de serviço médico pelo medo de contrair a doença em algum hospital e pela grande paralisação causada principalmente no começo da pandemia em 2020 e nos seus picos de mortalidade e hospitalizações em 2021, momentos de alta viremia. Contudo, os casos de hospitalizações permaneceram praticamente iguais (**Tabela 4.2**), não tendo influência da Covid-19 nesse período. Isso pode ser explicado pelo medo das manifestações respiratórias dessas outras doenças da área da pneumologia serem, em sua maioria, quadros com sintomas semelhantes de Covid-19, fazendo as pessoas procurarem os hospitais, até nos menores sintomas, recebendo o diagnóstico e internação quando necessário para alas não-Covid-19, ou até mesmo, erroneamente, para alas Covid-19, nesse caso sendo então expostas a um grande risco de adoecimento pelo vírus com maior probabilidade de um cenário desfavorável pela comorbidade pulmonar já presente (RIBEIRO, 2020).

Além disso, não se obteve correlação entre o período sazonal de inverno e o aumento de admissões hospitalares (**Gráficos 4.5**, **4.6** e **4.7**). Por fim, ao se elaborar uma correlação entre os poluentes e o número de admissões hospitalares, também não se obteve significância estatística neste estudo, apenas foi possível correlacionar com significância estatística os valores de MP10 com NO2 (**Tabela 4.3**). Esses dados indicam que as emissões de poluentes não tiveram correlação com os casos de doenças respiratórias no período estudado. Porém esse é apenas um estudo isolado, com várias possibilidades de viés; há muito tempo já se sabe através de diversos trabalhos científicos de maiores níveis de qualidade de evidência, que tanto o período de inverno (maior circulação de microrganismos, ar mais seco, diminuição da imunidade, entre outros) quanto a maior emissão de poluentes (piora da qualidade do ar e, por conseguinte, da saúde como um todo) (DAPPER *et al.*, 2016) estão relacionados com o aumento dos níveis de admissões hospitalares nessas cidades, um exemplo é a China que anos atrás sofreu um aumento de 20% nas internações devido à forte poluição (TERRA, 2013).

CONCLUSÃO

A pandemia causou uma queda significativa de MP10, SO_2, NO_2 e O_3 como esperado pelo estudo, uma vez que, nesse período, as pessoas permaneceram em suas casas pelas medidas de *lockdown* e paralisação das atividades econômicas, diminuindo assim diversas fontes e atividades de poluição como o trânsito, queimadas,

extração de combustíveis fósseis, indústrias, entre outras.

Entretanto, a Covid-19 não alterou os números hospitalizações por outras doenças respiratórias, o que pode ser explicado pelo medo das pessoas de que as manifestações respiratórias de outras doenças pudessem ser sinais ou sintomas de Covid, havendo, assim, uma procura semelhante aos hospitais para diagnóstico e tratamento até com os menores sintomas, o que implica em maior risco de infecção por Covid nesses ambientes.

Por fim, não houve correlação entre o período de inverno e o aumento das admissões hospitalares, bem como, entre a emissão de poluentes atmosféricos com as hospitalizações por doenças respiratórias no período estudado. No entanto, este é apenas um estudo isolado com dados de um curto período de apenas uma cidade, com vários tipos de viés. Assim, não é correto analisá-lo isoladamente para confirmar ou negar uma hipótese. Já se sabe que, há vários anos, segundo diversos estudos científicos, é comprovado que tanto o inverno quanto o aumento da emissão de poluentes atmosféricos são fatores fortemente relacionados ao aumento de doenças respiratórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALAPATI, S. *et al*. Toxicity and bio-accumulation of inhaled cerium oxide nanoparticles in CD1 mice. Nanotoxicology, v. 8, p. 786, 2014. doi: 10.3109/17435390.2013.829877

ANDERSEN, Z.J. *et al*. Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to tra c-related air pollution: a cohort study. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, v. 183, p. 455, 2011. doi: 10.1164/rccm.201006-0937OC.

ANDRADE, M.F. *et al*. Air quality in the megacity of Sao Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. Atmospheric Environment, v. 159, p. 66, 2017. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.03.051.

ARBEX, M.A. *et al.* Air pollution and the respiratory system. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 38, p. 643, 2012. doi: 10.1590/S1806-37132012000500015.

BALMES, J.R. *et al.* Symptomatic bronchoconstric- tion after short-term inhalation of sulfur dioxide. American Review of Respiratory Disease, v. 136, p. 1117, 1987. doi: 10.1164/ajrccm/136.5.1117.

BRAGA, A. *et al*. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP., v. 51, p. 58, 2001.

BRAVO, M.A. *et al*. Air pollution and mortality in São Paulo, Brazil: effects of multiple pollutants and analysis of susceptible populations. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, v. 26, p. 150, 2016. doi: 10.1038/jes.2014.90.

CHAUHAN, A.J. *et al*. Exposure to nitrogen dioxide (NO2) and respiratory disease risk. Reviews on Environmental Health, v. 13, p. 73, 1998.

COELHO, S.Z.S.M. Uma análise estatística com vistas à previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

COSTA, R.G.R. *et al*. A origem do caos: a crise de mobilidade no Rio de Janeiro e a ameaça à saúde urbana. Cadernos Metrópole, v. 15, p. 411, 2013.

DAPPER, S.N. *et al*. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. Estudos Avançados, v. 30, p. 83, 2016. doi: 10.1590/S0103-40142016.00100006.

FAJERSZTAIN, L. *et al*. Como as cidades podem favorecer ou dificultar a promoção da saúde de seus moradores? Estudos Avançados, v. 30, p. 7, 2016. doi: 10.1590/S0103-40142016.00100002.

FANN, N. *et al*. Estimating the national public health burden associated with exposure to ambient PM2.5 and ozone. Risk Analysis, v. 32, p. 81, 2012. doi: 10.1111/j.1539-6924.2011.01630.x.

GAO, J. *et al*. Public health co-benefits of greenhouse gas emissions reduction: a systematic review. Science of the Total Environment, v. 627, p. 388, 2018. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.193.

GBD 2015 RISK FACTORS COLLABORATORS. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the global burden of disease study 2015. Lancet, v. 388, p.1659, 2016. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31679-8.

GEHRING, U. *et al*. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, v. 181, p. 596, 2010. doi: 10.1164/rccm.200906-0858OC.

GHIO, A.J. & HUANG, Y.C. Exposure to concentrated ambient particles (CAPs): a review. Inhalation Toxicology, v. 16, p. 53, 2004. doi: 10.1080/08958370490258390.

GOUVEIA, N. *et al*. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 12, p. 29, 2003. doi: 10.5123/S1679-49742003000100004.

HU, G. *et al*. Risk of COPD from exposure to biomass smoke: a metaanalysis. Chemical Reviews, v. 138, p. 20, 2010.

KAGAWA, J. Evaluation of biological significance of nitrogen oxides exposure. Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine, v. 10, p. 348, 1985.

KUNZLI, N. *et al*. Air quality and health. European Respiratory Society, v. 44, p. 614, 2014.

KO, F.W. *et al*. Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. Annals of the American Thoracic Society, v. 62, p. 780, 2007. doi: 10.1136/thx.2006.076166.

KUO, C.Y. *et al*. Accumulation of chromium and nickel metals in lung tumors from lung cancer patients in Taiwan. Journal of Toxicology and Environmental Health, v. 69, p. 1337, 2006. doi: 10.1080/15287390500360398.

MANISALIDIS, I. *et al.* Environmental and health impacts of air pollution: a review. Frontiers in Public Health, v. 8, p. 14, 2020. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.

MARIO, M.P.J. Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

MOUSTRIS, K.P. *et al*. Estimation of particulate matter impact on human health within the urban environment of Athens city, Greece. Urban Science, v. 1, p. 6, 2017. doi: 10.3390/urbansci1010006.

NAWROT, T. *et al*. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. Lancet Oncology, v 7, p. 119, 2006. doi: 10.1016/S1470-2045(06)70545-9.

PINKERTON, K E. *et al*. Distribution of particulate matter and tissue remodeling in the human lung. Environmental Health Perspectives, v. 108, p. 1063, 2000. doi: 10.1289/ehp.001081063.

RASTOGI, S.K. *et al*. A cross-sectional study of pulmonary function among workers exposed to multimetals in the glass bangle industry. American Journal of Industrial Medicine, v. 20, p. 391, 1991. doi: 10.1002/ajim.4700200311.

REIS, H. *et al*. Diesel exhaust exposure, its multi-system effects, and the effect of new technology diesel exhaust. Environment International, v. 14, p. 252, 2018. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.042.

RIBEIRO, W. Alto risco: hospital está com partículas de coronavírus no ar. Farmácia Hospitalar. ICTQ, 2020. Disponível em: https://ictq.com.br/farmacia-hospitalar/1902-alto-risco-hospital-esta-com-particulas-de-coronavirus-no-ar. Acesso em: 27 out. 2023.

TAGER, I.B. *et al*. Chronic exposure to ambient ozone and lung function in young adults. Epidemiology, v. 16, p. 751, 2005. doi: 10.1097/01.ede.0000183166.68809.b0.

TERRA. Internações aumentam 20% em Pequim devido à forte poluição. Terra, 2 fev. 2013. Disponível em: https://www.terra.com.br/byte/ciencia/clima/internacoes-aumentam-20-em-pequim-devido-a-forte-poluicao,4b81cf677e29c310VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html. Acesso em: 27 out. 2023.

TIAN, Y. *et al*. Fine particulate air pollution and hospital visits for asthma in Beijing, China. Environmental Pollution, v. 230, p. 227, 2017. doi: 10.1016/j.envpol.2017.06.029.

UYSAL, N. & SCHAPIRA, R.M. Effects of ozone on lung function and lung diseases. Current Opinion in Pulmonary Medicine, v. 9, p. 144, 2003. doi: 10.1097/00063198-200303000-00009.

WEGMANN, M. *et al*. NO2-induced airway inflammation is associated with progressive airflow limitation and development of emphysema-like lesions in C57bl/6 mice. Experimental and Toxicologic Pathology, v. 56, p. 341, 2005. doi: 10.1016/j.etp.2004.12.004.

WILSON, W.E. & SUH, H.H. Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies. Journal of the Air & Waste Management Association, v. 47, p. 1238, 1997. doi: 10.1080/10473289.1997.10464074.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. World health report 2002: reducing risks, promoting healthy life. Geneva: World Health Organization, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Air quality guidelines; global update 2005. Copenhagen: World Health Organization, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. WHO's global air-quality guidelines. Lancet, v. 368, p. 1302, 2006. doi: 10.1016/S0140-6736(06)69530-5.

XU, D. *et al*. Study of ambient PM2.5 on the influence of the inflammation injury and the immune function of subchronic exposure rats [in Chinese]. Wei Sheng Yan Jiu, v. 37, p. 423, 2008.