

QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO

Stefani Lüdke Hübner¹; Aline Belem Machado²;
Gustavo Marques da Costa³; Daniela Montanari Migliavacca Osório⁴;
André Luis Machado Bueno⁵; Daiane Bolzan Berlese⁶

Destaques: (1) Maior número de infectados do sexo feminino. (2) Valores de poluentes acima do indicado. (3) Relação positiva entre níveis de SO₂ e casos de covid-19.

PRE-PROOF

(as accepted)

Esta é uma versão preliminar e não editada de um manuscrito que foi aceito para publicação na Revista Contexto & Saúde. Como um serviço aos nossos leitores, estamos disponibilizando esta versão inicial do manuscrito, conforme aceita. O artigo ainda passará por revisão, formatação e aprovação pelos autores antes de ser publicado em sua forma final.

<http://dx.doi.org/10.21527/2176-7114.2025.50.14127>

Como citar:

Hübner SL, Machado AB, da Costa FM, Osório DMM, Bueno ALM, Berlese DB. Qualidade ar e casos confirmados de covid-19 na região metropolitana de Porto Alegre/RS: estudo ecológico. Rev. Contexto & Saúde, 2025;25(50): e14127

¹ Universidade Feevale. Novo Hamburgo/RS, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-1558-0274>

² Universidade Feevale. Novo Hamburgo/RS, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/2739794055423912>

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS.

<https://orcid.org/0000-0002-7343-8527>

⁴ Universidade Feevale. Novo Hamburgo/RS, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-9923-4514>

⁵ Universidade Feevale. Novo Hamburgo/RS, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-1558-3774>

⁶ Universidade Feevale. Novo Hamburgo/RS, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-5326-8065>

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar a relação da qualidade do ar dos municípios de Canoas e Esteio/RS com os casos notificados da COVID-19 no período de 1º de março de 2020 a 28 de fevereiro de 2021. A análise ocorreu por meio da busca e relação de dados de qualidade do ar para NO₂, SO₂, MP₁₀ e MP_{2,5} obtidos do banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler- RS (FEPAM) e dados de pacientes notificados com COVID-19 fornecidos pelo Governo Federal. Foi observada uma prevalência de pacientes infectados pela COVID-19 no sexo feminino (54%) entre 30 e 39 anos (23%) em ambos os municípios. Os sintomas mais listados foram a dispneia (83%) e dor de garganta (74%) e as comorbidades mais apresentadas pelos pacientes infectados foram asma (5,37%) em Canoas e Doença Cardíaca Crônica (6,17%) em Esteio. Os valores de poluentes analisados apresentaram oscilações e inclusive ultrapassaram os limites estabelecidos e se observa uma estatística positiva (<0,001) entre os níveis de SO₂ e o número de casos confirmados de COVID-19 nos municípios avaliados. Com os resultados mostrando a relação positiva entre a qualidade do ar e casos de COVID-19, espera-se poder contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas que melhorem a qualidade do ar e reduzam os danos que estes causam na saúde humana, bem como medidas educativas e preventivas para a maior conscientização da população geral sobre a importância da qualidade do ar.

Palavras-chave: SARS-CoV-2. Poluição. Qualidade do ar.

INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2020, ocorreu a identificação de um novo vírus, denominado Coronavírus de Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2)¹. O vírus, com transmissão na época ainda desconhecida causou sintomas como febre, cefaleia, mialgia e mal-estar, podendo evoluir a um quadro mais avançado com tosse seca, dispneia e hipoxemia. A Organização Mundial da Saúde classificou a doença como uma pandemia com risco global elevado². Após essa classificação, os casos da doença cresceram significativamente no Brasil e no mundo³.

Em contrapartida, a poluição do ar vem sendo considerada um problema de saúde

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

pública pela OMS há anos, afetando 91% da população mundial⁴. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina e define padrões de poluição atmosférica que não causem danos à saúde humana e ao meio ambiente, enquanto estados e municípios realizam a avaliação dos dados⁵. Crianças e idosos sofrem mais os efeitos da poluição atmosférica, juntamente com sujeitos que já apresentam algum tipo de problema respiratório⁶. O Material Particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}) é o poluente atmosférico mais estudado, devido a sua toxicidade e periculosidade em relação aos danos na saúde humana, por sua capacidade de penetrar em tecidos e órgãos, causando danos sistêmicos a indivíduos⁴. GONZALES et al.⁷ constataram que indivíduos que residem em cidades com altos níveis de poluição atmosférica possuem uma capacidade imune inata reduzida, que é proporcional a quantidade de material fagocitado. Esses mecanismos de desregulação imunológica são relacionados a doenças crônicas, que são consideradas fatores agravantes a pacientes infectados pelo SARS-CoV-2, podendo aumentar as chances de a doença evoluir a um quadro grave com aumentado risco de óbito⁸.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo investigar a relação da qualidade do ar dos municípios de Canoas e Esteio/RS com os casos notificados de COVID-19 no período de 01 de março de 2020 a 28 de fevereiro de 2021 visto que ambos os municípios apresentam estações automáticas de qualidade do ar e não foram realizados estudos sobre a relação dos dados com os casos confirmados de COVID-19 até o presente momento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi um estudo ecológico, transversal e descritivo⁹, da possível relação entre a qualidade do ar com casos de COVID-19 dos municípios de Canoas e Esteio no período de 01 de março de 2020 a 28 de fevereiro de 2021. Os dados da qualidade do ar foram fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM)¹⁰ e os dados sobre os pacientes diagnosticados com COVID-19 foram adquiridos por meio do Banco de Dados do Painel COVID fornecido pelo governo federal.

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

Caracterização da área de estudo

A área de estudo contempla os municípios de Esteio e Canoas e teve como critério de escolha locais que tenham dados de monitoramento da qualidade do ar em tempo real disponibilizados pela FEPAM. Os municípios de Esteio e Canoas situam-se na região metropolitana de Porto Alegre (RMPA), que constitui o eixo mais urbanizado do estado do Rio Grande do Sul. A área RMPA corresponde a 3,7% da área total do estado e concentra aproximadamente 38,2% de sua população. Os dois municípios escolhidos para o estudo são vizinhos estando a 8 km de distância¹¹.

O município de Canoas apresenta uma área de 130,789 km² e contava com uma população de 323.827 habitantes no último censo realizado pelo IBGE, no ano de 2010. A densidade geográfica do município é de 2.470,15 habitantes por km². Vizinho de Cachoeirinha, Esteio e Porto Alegre, Canoas se encontra a 29 metros de altitude e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 29° 55' 8" Sul, Longitude: 51° 10' 41" Oeste. 92,9% dos domicílios do município apresentam esgotamento sanitário adequado, 81,9% de domicílios de região urbana em vias públicas com arborização e 59,6% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, considerando a presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio fio¹².

O município de Esteio apresenta uma área de 27,626 km² e contava com uma população de 80.755 habitantes no último censo realizado pelo IBGE, no ano de 2010. A densidade geográfica do município é de 2.917,87 habitantes por km². Vizinho de Sapucaia do Sul, Canoas e Nova Santa Rita, Esteio se encontra a 12 metros de altitude e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 29° 51' 40" Sul, Longitude: 51° 10' 51" Oeste. 90,8% dos domicílios do município apresentam esgotamento sanitário adequado, 87,2% de domicílios de região urbana em vias públicas com arborização e 61,6% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, considerando a presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio fio¹².

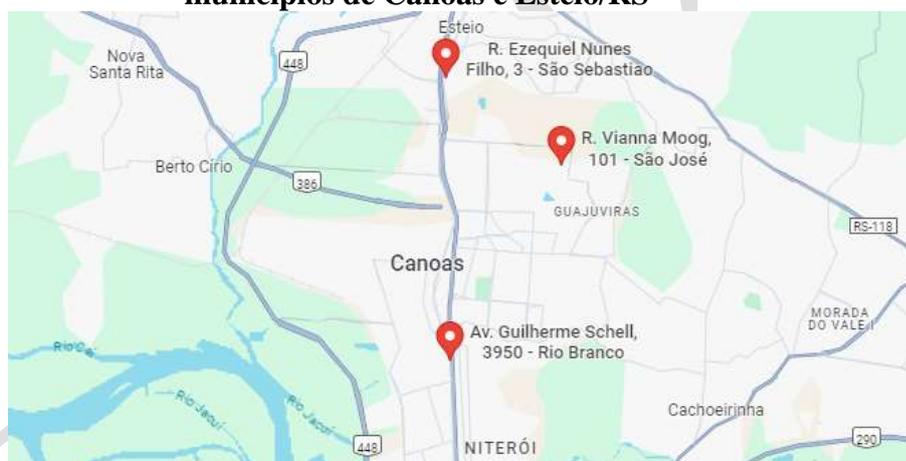
QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO

Dados de qualidade do ar

Os dados de qualidade do ar foram obtidos por meio das estações automáticas da qualidade do ar da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) dos municípios de Canoas e Esteio/RS.

Os parâmetros de qualidade do ar avaliados foram: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO₂) e material particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}). As estações de monitoramento de dados se encontram nos seguintes endereços: Rua Ezequiel Nunes Filho, nº 3, São Sebastião- Esteio; Rua Viana Moog, nº 101, bairro São José- Canoas e Avenida Guilherme Schell, nº 3950, bairro Fátima- Canoas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização das estações automáticas da qualidade do ar dos municípios de Canoas e Esteio/RS



As estações de monitoramento realizam apenas a medição da concentração de MP₁₀ em ambos os municípios. Seguindo orientações da OMS, a concentração de MP_{2,5} foi definida a partir de fator de conversão com base na concentração de diária de MP₁₀. O fator de conversão utilizado foi de 0,5¹³.

Dados de saúde

Para a análise de casos confirmados de COVID-19 foi utilizada a plataforma Painel COVID fornecida pelo Governo Federal. Todos os indivíduos que apresentam resultado

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

positivo para o teste RT-PCR ou teste antígeno para COVID-19 são notificados para o governo federal. Também são citados os sintomas que o paciente apresentou: febre, tosse, dor de garganta, dispneia e outros.

Os dados foram tabulados mensalmente em planilha do Microsoft Excel por sexo, idade e foram listados dados como comorbidades agravantes apresentadas pelos pacientes. As comorbidades descritas no banco de dados foram: asma, diabetes, neuropatia, pneumopatia, imunodepressão, síndrome de down, síndrome renal, obesidade, cardiopatia, síndromes hematológicas e hepatopatologias.

Análise de dados

Foi utilizada a estatística descritiva para descrever os resultados por meio das frequências absolutas (n) e relativas (%), valores mínimo e máximo, média aritmética e respectivo desvio padrão. As comparações das prevalências dos perfis sociodemográfico, sintomatologia e comorbidades entre os municípios Canoas e Esteio foi analisada por meio do teste de Qui-Quadrado (χ^2). Para explicar os eventos de notificação de COVID-19 utilizamos a regressão de Poisson. Todos os procedimentos estatísticos foram executados no software IBM® SPSS® (versão 26.0), adotando nível de significância em $p \leq 0,05$.

Para verificar se as variáveis ambientais (SO_2 , NO_2 , MP_{10} e $MP_{2,5}$), sociodemográficas e da condição clínica possuem relação com as ocorrências das confirmações de contaminação por COVID-19, estruturamos a base de dados em função de uma perspectiva temporal para analisar por meio da regressão de Poisson. Assim, os dados foram reorganizados na forma de sumários estatísticos diários contendo as quantidades de casos, as respectivas métricas dos indicadores ambientais avaliados e as variáveis sociodemográficas e clínicas. A média de confirmações diárias de casos de COVID-19 em Canoas e Esteio foi de 87 casos/dia. Então seguindo a equação de probabilidade de evento, segundo a distribuição Poisson, temos a equação 1:

$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!}$$

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

Foi utilizado o modelo geral linear (GLM) Poisson por meio da técnica stepwise, onde foram consideradas variáveis influentes apenas se elas fossem significativas ($p \leq 0,05$).

O banco de dados possui 41 variáveis, sendo 1 variável dependente (Casos/Diários) e 40 variáveis independentes: contagens demográficas (município, sexo, faixas etárias), contagens dos perfis dos sintomas (febre, tosse, dor de garganta, dispneia e outros sintomas), contagens das comorbidades (nenhuma e a lista das 17 comorbidades identificadas) e as médias diárias dos escores das variáveis ambientais (SO_2 , NO_2 , MP_{10} e $MP_{2,5}$).

RESULTADOS

Na Tabela 1 podemos observar o número de casos por município e por mês no período de estudo.

Tabela 1 – Número de casos confirmados de COVID-19 nos municípios de Canoas e Esteio/RS no período de 1 de março de 2020 a 28 de fevereiro de 2021.

Variável	Ano – Mês	Canoas		Esteio		Total	
		N	%	N	%	N	%
Período	2020 – Março	6	0,028	1	0,015	7	0,025
	2020 – Abril	29	0,134	12	0,176	41	0,144
	2020 – Maio	110	0,510	53	0,779	163	0,574
	2020 – Junho	745	3,452	263	3,866	1008	3,552
	2020 – Julho	2354	10,909	623	9,158	2977	10,489
	2020 – Agosto ^a	2488	11,530	1072	15,758	3560	12,543
	2020 – Setembro	1787	8,281	558	8,202	2345	8,262
	2020 – Outubro ^a	2140	9,917	514	7,555	2654	9,351
	2020 – Novembro	3051	14,139	983	14,450	4034	14,213
	2020 – Dezembro	3572	16,553	1135	16,684	4707	16,584
	2021 – Janeiro	2053	9,514	644	9,466	2697	9,503
	2021 – Fevereiro	3244	15,033	945	13,891	4189	14,759

^a $\chi^2 = 134,725$; gl = 11; $p < 0,001$.

Fonte: dados do estudo.

**QUALIDADE DE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

Pode ser observado o maior número de casos no mês de dezembro de 2020 em ambos os municípios. Houve uma diferença significativa entre o número de pacientes confirmados nos dois municípios considerados: no mês de agosto o município de Esteio apresentou valores estatisticamente maiores em relação ao número de casos quando comparado com Canoas, e no mês de outubro Canoas apresentou um número mais elevado quando comparado com Esteio (Tabela 1).

Na Tabela 2 estão apresentados os casos confirmados de COVID-19 em cada município, separados por sexo e por faixa etária.

Tabela 2 – Número de casos confirmados de COVID-19 por município, sexo e faixa etária nos municípios de Canoas e Esteio/RS

Variável	Categorias	Canoas		Esteio		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexo	Feminino	11.618	53,8	3.699	54,4	15.317	54,0
	Masculino	9.961	46,2	3.104	45,6	13.065	46,0
Faixa Etária	0 a 9 anos ^a	485	2,2	284	4,2	769	2,7
	10 a 19 anos ^a	1.084	5,0	430	6,3	1.514	5,3
	20 a 29 anos ^a	4.069	18,9	1.188	17,5	5.257	18,5
	30 a 39 anos^a	5.204	24,1	1.532	22,5	6.736	23,7
	40 a 49 anos ^a	4.232	19,6	1.247	18,3	5.479	19,3
	50 a 59 anos	3.107	14,4	1.008	14,8	4.115	14,5
	60 a 69 anos	2.063	9,6	628	9,2	2.691	9,5
	70 a 79 anos ^a	879	4,1	349	5,1	1.228	4,3
80 anos ou +	456	2,1	137	2,0	593	2,1	

^a $\chi^2 = 117,398$; gl = 8; $p < 0,001$.

Fonte: dados do estudo.

O sexo feminino foi o mais afetado em ambos os municípios apresentando uma porcentagem similar. A faixa etária mais afetada foi dos 30 aos 39 anos também em ambos os municípios. Houve uma diferença significativa no número de casos entre os municípios nas faixas etárias de 0 a 19 anos, e dos 70 aos 79 anos com uma prevalência mais elevada no município de Esteio. Na faixa etária dos 20 aos 49 anos, essa diferença significativa se deu com

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

uma maior prevalência de casos no município de Canoas (Tabela 2).

Na Tabela 3 estão apresentados os dados relacionados aos sintomas apresentados pelos pacientes diagnosticados com COVID-19 em ambos os municípios.

Tabela 3 – Caracterização dos Sintomas da COVID-19 nos municípios de Canoas e Esteio/RS

Variável	Categorias	Canoas		Esteio		Total	
		N	%	N	%	N	%
Febre	Não	7.645	35,4	2.132	31,3	9.777	34,4
	Sim ^a	13.934	64,6	4.671	68,7	18.605	65,6
Tosse	Não	9.389	43,5	2.642	38,8	12.031	42,4
	Sim ^b	12.190	56,5	4.161	61,2	16.351	57,6
Garganta	Não	5.614	26,0	1.677	24,7	7.291	25,7
	Sim ^c	15.965	74,0	5.126	75,3	21.091	74,3
Dispneia	Não	4.170	19,4	1.020	15,0	5.190	18,3
	Sim ^d	17.378	80,6	5.783	85,0	23.161	81,7
Outros	Não	12.030	55,7	4.008	58,9	16.038	56,5
	Sim ^e	9.549	44,3	2.795	41,1	12.344	43,5

^a $\chi^2 = 38,295$; gl = 1; p < 0,001; ^b $\chi^2 = 46,272$; gl = 1; p < 0,001; ^c $\chi^2 = 5,049$; gl = 1; p = 0,025; ^d $\chi^2 = 65,687$; gl = 1; p < 0,001; ^e $\chi^2 = 21,103$; gl = 1; p < 0,001.

Fonte: dados do estudo.

A dispneia foi o sintoma mais citado pelos pacientes em ambos os municípios no período de estudo. Houve uma diferença significativa entre a porcentagem de sintomas apresentados pelos pacientes em Canoas e Esteio, onde o segundo município apresentou um número maior de infectados que citaram febre, tosse, dor de garganta e dispneia.

As comorbidades citadas na notificação dos casos confirmados de COVID-19 em ambos os municípios participantes do estudo apresentadas na Tabela 4.

**QUALIDADE DO AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

Tabela 4 – Caracterização das Comorbidades dos pacientes com COVID-19 nos municípios de Esteio e Canoas/RS

Comorbidades ^b	Canoas		Esteio		Total	
	N	%	N	%	N	%
Nenhuma	18.203	84,36	5.639	82,89	23.842	84,00
Asma^a	1.159	5,37	21	0,31	1.180	4,16
Doença Cardíaca Crônica	662	3,07	420	6,17	1.082	3,81
Diabetes Mellitus	486	2,25	336	4,94	822	2,90
Doença Renal Crônica	654	3,03	36	0,53	690	2,43
Doença Respiratória Crônica Descompensada	467	2,16	179	2,63	646	2,28
Doença Cardiovascular Crônica ^a	45	0,21	248	3,65	293	1,03
Obesidade^a	261	1,21	0	0,00	261	0,92
Pneumopatia Crônica	100	0,46	156	2,29	256	0,90
Doença Neurológica Crônica	119	0,55	38	0,56	157	0,55
Gestante / Puérpera	113	0,52	33	0,49	146	0,51
Imunossupressão	102	0,47	40	0,59	142	0,50
Doença Hematológica Crônica ^a	117	0,54	0	0,00	117	0,41
Imunodeficiência	68	0,32	18	0,27	86	0,30
Cromossômica / Fragilidade Imunológica	14	0,07	19	0,28	33	0,12
Doença Hepática Crônica	22	0,10	8	0,12	30	0,11
Síndrome de Down	3	0,01	3	0,04	6	0,02
Outras	520	2,41	59	0,87	579	2,04

^a $\chi^2 = 1710,187$; gl = 17; p < 0,001.

^b A soma dos percentuais (%) excede 100% em função das múltiplas comorbidades.

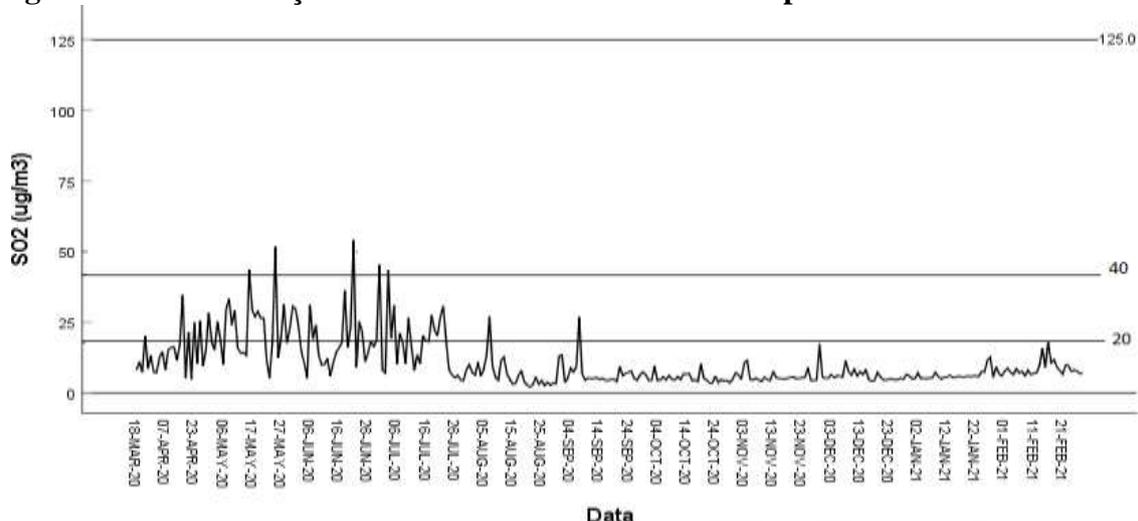
Fonte: dados da pesquisa

No município de Canoas, o fator de risco mais notificado foi a asma e em Esteio foi a doença cardíaca crônica. No município de Esteio, não ocorreu a notificação de nenhum paciente com obesidade ou doença hematológica crônica no período do estudo.

A seguir, são apresentados os dados de concentração média diária de poluentes do ar no período de 01 de março de 2020 a 28 de fevereiro de 2021 dos municípios de Canoas e Esteio comparado com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo CONAMA 491/2018⁵ e os novos padrões estabelecidos pela OMS⁴ (Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5).

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

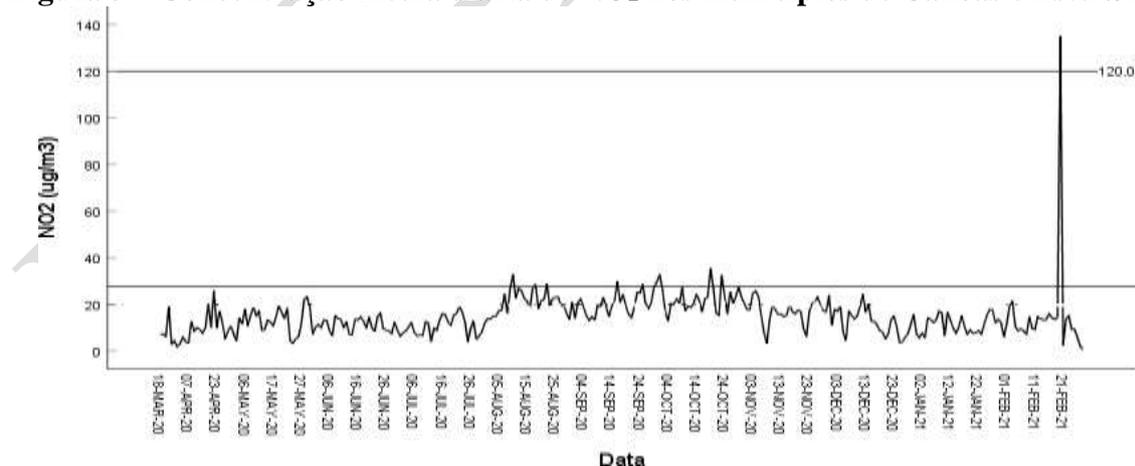
Figura 2 – Concentração diária média de SO₂ nos municípios de Canoas e Esteio/RS



Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar que durante o período do estudo a concentração de SO₂ apresentou valores acima do valor de referência diário estabelecidos pelo CONAMA 491/2018 (20µg/m³)⁵ em datas de março/2020 a setembro/2020. Já comparados com os padrões estabelecidos pela OMS (40µg/m³)⁴, o poluente atmosférico apresentou-se fora dos limites apenas em datas do mês de maio/2020 a julho/2020.

Figura 3 – Concentração média diária de NO₂ nos municípios de Canoas e Esteio/RS



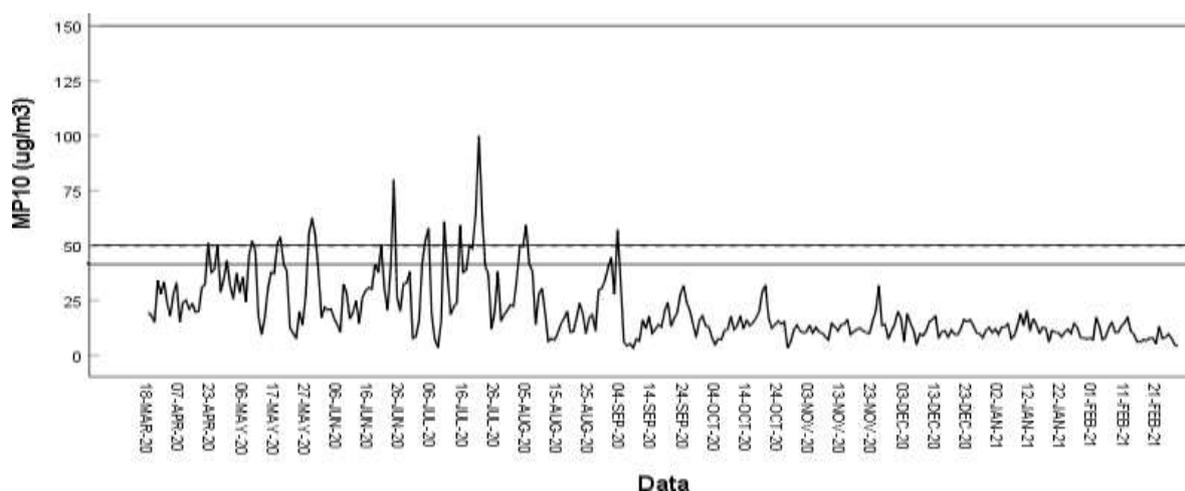
Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar que durante o período do estudo a concentração de NO₂ apresentou valores acima dos padrões estabelecidos pela OMS (25µg/m³)⁴ de agosto/2020 a

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

novembro/2020, com um pico em fevereiro/2021. O analito não foi comparado com os valores estabelecidos pelo CONAMA 491/2018⁵ pois o mesmo apresenta apenas o valor da média horária.

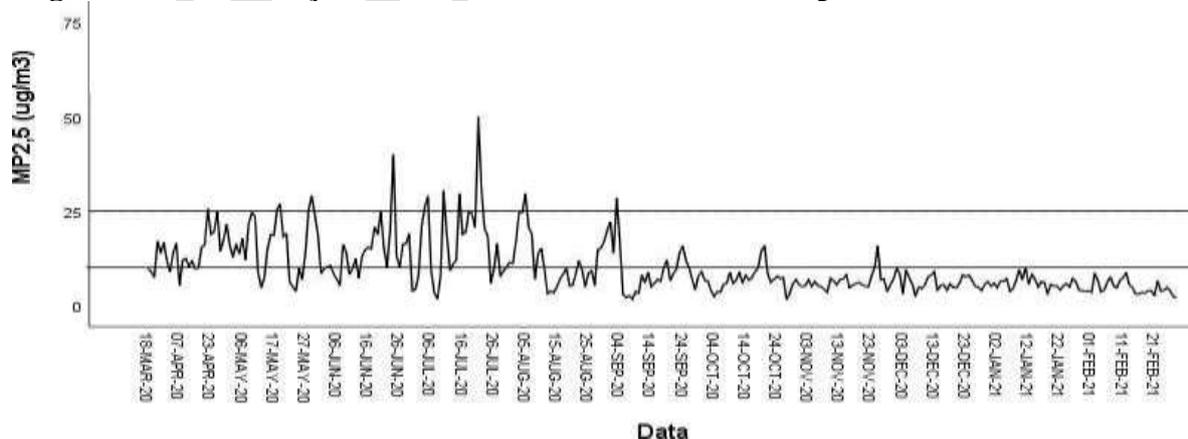
Figura 4 – Concentração média diária de MP₁₀ nos municípios de Canoas e Esteio/RS



Data
Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar que durante o período do estudo a concentração de MP₁₀ apresentou valores acima do valor de referência diário estabelecidos pelo CONAMA 491/2018 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)⁵ e pela OMS ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$)⁴ em datas de abril/2020 a setembro/2020.

Figura 5– Concentração média diária de MP_{2,5} nos municípios de Canoas e Esteio/RS



Data
Fonte: Dados da pesquisa.

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

É possível observar que durante o período do estudo a concentração de MP_{2,5} apresentou valores acima do valor de referência diário estabelecidos pelo CONAMA 491/2018 (25 µg/m³)⁵ e pela OMS (15 µg/m³)⁴ em datas de abril/2020 a setembro/2020. Já em outubro/2020 e novembro/2020, o valor se manteve apenas acima dos valores estipulados pela OMS.

Na tabela 5 estão representados os resultados da análise de Poisson, onde é possível avaliar as variáveis que explicam as ocorrências de casos de COVID-19 no período do estudo.

Tabela 5 – Variáveis que explicam a ocorrências de casos de COVID-19 pela análise de Poisson

Variável	<i>p</i>
Dor de Garganta	0,002
Dispneia	0,004
Asma	0,047
Doença hematológica crônica	0,021
SO ₂	<0,001

(*) significativo $p \leq 0,05$; (*) significativo $p \leq 0,01$

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com a análise de Poisson, os casos de COVID-19 em Canoas e Esteio não dependem dos dados sociodemográficos, tais como o município de residência, o sexo ou a faixa etária do indivíduo. Dois sintomas: dor de garganta e a dispneia aliados à presença das comorbidades asma e doença hematológica crônica, em conjunto com a variabilidade da concentração de SO₂ são os fatores que explicam as ocorrências de COVID-19 nos municípios estudados.

DISCUSSÃO

O número total de casos de COVID-19 confirmados no período de março de 2020 a fevereiro de 2021 foi de 21.585, indicando que um pouco menos de 7% da população total da cidade foi infectada. O número total de casos de COVID-19 confirmados no período de estudo em Esteio/RS foi de 6.803, correspondendo a 8,5% da população total da cidade.

De acordo com o Governo Federal, do início da pandemia no Brasil, que foi registrado

**QUALIDADE DE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

em março de 2020, até a data final de coleta de dados do presente estudo, 28 de fevereiro de 2021, haviam sido confirmados e notificados 10.551.259 casos de COVID-19³. Considerando que a população estimada do país pelo IBGE em 2021 é de 213,3 milhões de habitantes, é possível afirmar que aproximadamente 5% da população total do país havia sido infectada pelo vírus. A taxa de infectados no Rio Grande do Sul no período analisado foi de um pouco mais de 6,5% da população total, superior à média nacional¹⁴. Canoas apresentou um número de infectados semelhante à média estadual, porém maior que a média nacional. O município de Esteio apresentou uma média de casos mais alta que a média estadual e nacional.

Em ambas as cidades, o mês com maior número de casos confirmados da patologia foi dezembro de 2020, que apresentou em torno de 16,5% dos casos totais do período analisado. Estes dados estão em discrepância com os dados do estado do Rio Grande do Sul, onde o mês com maior número de casos relatados foi fevereiro de 2021 (21% dos casos). O mês de dezembro de 2020 se apresenta como segundo colocado, com um pouco menos de 18% dos casos¹⁴.

A maioria dos casos foi diagnosticado em mulheres em ambos os municípios, com uma taxa aproximada de 54% dos casos. No Rio Grande do Sul a média de casos de COVID-19 por sexo é similar a observada na pesquisa, no qual 53% dos casos totalizados foram confirmados em mulheres. A faixa etária mais acometida em ambas as cidades foi de 30 a 39 anos (23% dos casos), similar a média do estado do Rio Grande do Sul, com maior número de casos na mesma faixa de idade (21% do total de casos)¹⁴.

Diversos fatores podem influenciar a maior taxa de prevalência em mulheres, incluindo as maiores taxas de estrogênio e fatores ligados ao cromossomo X que aumentam a resposta antiviral em mulheres¹⁵. O motivo do maior número de casos em pacientes femininas ainda é desconhecido, porém algumas estatísticas podem inferir sobre este achado. A população brasileira é composta por um número maior de mulheres que homens (51,8%)¹⁶. Além disso, aproximadamente 65% dos trabalhadores da área de saúde tanto privada quanto pública são mulheres. Assim, com o contato direto com pacientes infectados atuando na linha de frente durante a pandemia, as chances da contaminação em mulheres acabaram sendo maiores que a de homens.

O sintoma mais citado pelos pacientes infectados em ambos os municípios foi a

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

dispneia, seguida de dor de garganta (Tabela 3). Os sintomas encontrados no presente estudo como prevalentes também foram citados por Iser et al.¹⁷, após ser realizada uma revisão bibliográfica em literatura de bases eletrônicas e publicações do Ministério da Saúde onde também foi observada a relação entre a dispneia e casos que evoluem a uma maior gravidade e possível óbito do infectado. Em pacientes positivos para SARS-CoV-2 no período de estudo, a comorbidade mais citada em Canoas foi asma (5,37%) e em Esteio foi doença cardiovascular crônica (3,65%). A asma é uma doença crônica não transmissível e de alta prevalência, chegando a afetar 4,4% da população mundial. Vírus respiratórios, como Influenza e coronavírus que já causaram surtos mundiais podem desencadear exacerbações de asma, porém para o SARS-CoV-2 essa relação ainda não foi confirmada¹⁸. A asma foi citada em apenas 1,6% dos estudos sobre o vírus até junho de 2020, uma porcentagem baixa se considerarmos sua frequência na população. Parte disso pode ocorrer pelo aumento do tratamento profilático por parte dos pacientes¹⁹. Já a gravidade da infecção por COVID-19 não é influenciada pela presença ou não de asma nos pacientes²⁰.

Já os pacientes que apresentam doença cardiovascular crônica correm um maior risco de um pior prognóstico quando infectados pelo SARS-CoV-2. Segundo dados da American College of Cardiology publicados em 2020, os pacientes com doença cardíaca prévia têm 50% de chance a mais de serem hospitalizados do que pacientes não afetados²¹.

Na presente pesquisa, foi possível verificar que os pacientes asmáticos tiveram uma relação positiva com aumento de casos nos municípios estudados, juntamente com os casos de pacientes com doenças hematológicas crônicas, que não foram citadas com frequência pelos pacientes notificados porém, quando presente, mostrou um aumento de casos (Tabela 4). Os pacientes que possuem alguma patologia hematológica crônica apresentam até 38% de chance de evoluírem ao óbito quando infectados pelo vírus SARS-CoV-2, podendo chegar a 40% quando os pacientes apresentam neoplasias hematológicas. Um problema encontrado nesses pacientes é a aquisição intra-hospitalar de COVID-19, que foi importante no aumento de chances de óbito destes²².

O CONAMA 491/2018⁵ estabelece padrões de qualidade do ar para os poluentes atmosféricos, estes valores instrumentos de gestão para a qualidade do ar, indicado valores de concentrações de um poluente atmosféricos para garantir a preservação do meio ambiente e da

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

saúde da população aos possíveis riscos de danos causados pela poluição atmosférica. As cidades avaliadas apresentaram os valores de todos os poluentes atmosféricos acima dos indicados como o padrão final por este e pela OMS⁴ em algumas datas entre o período de estudo.

Um levantamento realizado pela FEPAM¹⁰ avaliou os dados de cidades onde há o monitoramento da qualidade do ar no Rio Grande do Sul do mês de abril de 2020, quando se iniciaram as medidas restritivas devido a pandemia da COVID-19, com dados do mês de abril de anos anteriores. Em nenhum dos poluentes atmosféricos avaliados foi observada diferença significativa, fato que pode ser explicado pela manutenção de operação de indústrias localizadas onde o monitoramento é realizado, pela frota veicular movida a diesel não ter sido fortemente afetada e pelos fatores climáticos como baixa quantidade de chuvas, que mantiveram no local os poluentes emitidos ao longo do período. Em contrapartida, no estado do Rio de Janeiro ocorreu uma redução de 30% na concentração de CO, 40% de concentração de NO, 22% na concentração de NO₂, 26% em NO_x, mas apenas 0,3% de nos valores de MP_{2,5}²³.

Após a análise dos dados, foi observada uma relação positiva entre o aumento de SO₂ e o aumento de casos de COVID-19 em Canoas e Esteio. Este poluente é facilmente absorvido pelas vias respiratórias superiores, gerando riscos para saúde e agravando problemas já existentes em pacientes. Mesmo quando apresentado em concentrações dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, se mostra associado ao aumento de atendimentos por pneumonia grave e gripe em idosos, além do aumento de internações por doenças respiratórias²⁴.

Um estudo realizado por Ciaula et al.²⁵ mostrou que a maior exposição a níveis de NO₂ aumenta a chance de infecção pela COVID-19 pelas alterações imunológicas causadas por este. Os pacientes que evoluem ao óbito após a infecção apresentam um número elevado de leucócitos, especialmente neutrófilos e uma queda do número de linfócitos em relação a pacientes que se recuperaram da doença. A exposição a NO₂ nas duas semanas anteriores a infecção pelo vírus causa uma queda no número de células T CD45, CD3 E CD4 dos pacientes, fator que diminui sua resposta imunológica ao vírus e conseqüentemente aumenta o risco de a doença progredir a um quadro letal. Em outro estudo de revisão bibliográfica realizado até agosto de 2021, foi evidenciado que a exposição a longo prazo a NO₂, MP inferior a 2,5 e SO₂ e até mesmo uma exposição a curto prazo de NO₂ tem uma relação positiva ao aumento do número de casos de COVID-19²⁶. A associação entre a poluição do ar e as infecções por

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

COVID-19 vem sendo estudada em diversos países. Porém, existe uma grande dificuldade de se fazer essa associação. Após o primeiro surto de SARS, registrado em 2002, houve mobilização da comunidade científica para realizar a associação entre a qualidade do ar e casos de COVID-19 e sua mortalidade. Resultados do estudo realizado por Kan et al.²⁷ demonstraram que os níveis de MP em Pequim poderiam ser responsáveis por uma alta taxa de mortalidade por SARS, estando de acordo com Cui et al.²⁸, que encontrou evidências sobre o efeito prejudicial do ar poluído no prognóstico de pacientes com SARS.

A exposição crônica a níveis elevados de poluentes do ar tem sido amplamente associada ao aumento de incidência de asma, rinite e doença pulmonar obstrutiva crônica, da mortalidade por câncer de pulmão, redução da função pulmonar e déficit no desenvolvimento pulmonar durante a infância. Segundo a OMS, esses são fatores agravantes para a gravidade de casos de SARS-CoV-2²⁹. As cidades avaliadas no presente estudo apresentaram valores de poluentes do ar dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, porém mesmo a exposição a esses níveis de poluentes pode desencadear inflamações da mucosa respiratória e causar danos ao indivíduo. A exposição aos poluentes aumenta a permeabilidade pulmonar, permitindo o acesso de patógenos e mediadores pró-inflamatórios ao lado basolateral do epitélio, permitindo disseminação viral e inflamação. Estudos já evidenciaram que a exposição a O₃, NO₂ e MP interrompe junções herméticas nos pulmões, reduz níveis de proteína de junção apertada e resulta na infiltração de neutrófilos nos pulmões³⁰⁻³². A exposição ao MP pode suprimir a depuração mucociliar e promover hipersecreção de muco no trato respiratório. Esse excesso de muco foi indicado como causa subjacente de hipóxia em pacientes com COVID-19³³⁻³⁴.

Deek³⁵ avaliou a influência do MP_{2,5} na severidade e no aumento da taxa de mortalidade na infecção por COVID-19, observando que a exposição crônica a esse material desencadeia impedimentos da função pulmonar, além de causar uma interrupção do sistema hipotálamo-hipófise-adrenal levando a uma queda da resposta imune do indivíduo.

A exposição a curto prazo a poluentes também pode causar danos e aumentar a gravidade da doença. Uma exposição mais alta a MP de quatro a dez dias após o início dos sintomas pode aumentar o número de casos confirmados por dia e por município, além de aumentar a taxa de mortalidade³⁶.

Sarmadi et al.³⁷ também observaram, nos Estados Unidos, que a influência a exposição

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

a poluentes, principalmente a NO_2 pode contribuir na propagação e aumento do número de casos de COVID-19, associado a outras variáveis como densidade populacional e situação econômica da região.

Em 2022 um estudo avaliou a exposição a curto prazo de indivíduos a poluentes e a relação desta com casos de COVID-19 na Suécia. Os pesquisadores avaliaram a média diária de exposição a MP de indivíduos e o número de testes positivos para SARS-CoV-2 no mesmo período e identificaram um aumento de testes positivos para a infecção pelo vírus após dias de maior exposição as partículas, indicando um potencial aumento de risco para infecção com maiores exposições a poluentes. Indicando que a gravidade após a infecção pela doença também pode ser aumentada em indivíduos com maior exposição aos poluentes, mostrando assim que a redução de níveis de poluição no ar é um assunto de saúde pública³⁸.

Um estudo na cidade de Limeira, localizada no estado de São Paulo avaliou a relação entre MP e variáveis meteorológicas onde foi evidenciada uma relação positiva entre os níveis de MP e os casos de COVID-19 na região. Além disso, obtiveram uma relação inversa entre valores da umidade relativa do ar, chuva e a taxa de cumprimento das políticas de distanciamento social e o material particulado suspenso total, e entre MP_{10} e umidade relativa, precipitação e pressão, mostrando que variáveis meteorológicas também podem ter influência na transmissão do SARS-CoV-2³⁹.

O presente estudo pode ter sofrido limitações devido ao uso de dados fornecidos pelo DATASUS, pois o preenchimento correto de dados como sintomatologia e comorbidades dependiam dos profissionais que prestaram o primeiro atendimento aos pacientes. Devido ao grande número de casos e escassez de profissionais, muitas vezes a coleta de informações do paciente pode ter sido negligenciada. Ambas os municípios avaliados apresentaram em torno de 84% da população infectada sem nenhum tipo de comorbidade, porém esse valor pode ser mais baixo.

Os resultados obtidos no presente estudo, indicam que a qualidade do ar estava inadequada em alguns períodos analisados, mas que apenas o SO_2 teve um impacto direto na associação com os casos de COVID-19. Este fato pode guiar autoridades sobre a necessidade de aumentar o número de estações de monitoramento da qualidade do ar no país. No entanto, este tema necessita de estudos mais consistentes para que medidas possam ser tomadas no

**QUALIDADE DO AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

intuito de associar a qualidade do ar e o impacto do ambiente sobre a saúde humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível observar que indivíduos com uma exposição elevada a poluentes atmosféricos tem um aumentado risco de adquirir diversas comorbidades que podem agravar a infecção por COVID-19, necessitando de internações hospitalares e aumentando as chances de óbito. Além disso, as alterações fisiológicas causadas pela exposição crônica a poluentes podem causar situações que tornam a infecção pelo SARS-CoV-2 mais intensa, com sintomas mais graves e aumento das chances de riscos à saúde a longo prazo.

Também foi possível observar que pacientes asmáticos e que apresentam doenças hematológicas crônicas apresentam uma maior chance de se infectarem por COVID-19. No município de Esteio, não ocorreu notificação de pacientes obesos no período do estudo. Esse fato pode ter ocorrido por erros de notificação por parte dos responsáveis ao UNASUS, dificultando a análise correta de dados. A exposição a SO₂ foi um fator importante no aumento do número de casos de infecções por SARS-CoV-2 em Canoas e Esteio.

Os resultados encontrados corroboram com diversos estudos realizados, mostrando que o controle dos níveis de poluição das cidades é um fator crucial que pode impactar no número de casos de COVID-19.

REFERÊNCIAS

¹Xu H, Yan C, Fu Q, Xiao K, Han D, Wang W, et al. Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. *Sci. Total Environ.* 2020;731. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139211>

²WHO - World Health Organization. Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS). 2021. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/severe-acute-respiratory-syndrome#tab=tab_1. Acesso em: 28 ago. 2021.

³Ministério da Saúde. Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19) no Brasil pelo Ministério da Saúde. 2021. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 08 jul. 2022.

⁴WHO - World Health Organization. Air pollution. 2021. Disponível em:

**QUALIDADE DO AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Acesso em: 28 ago. 2021

⁵Brasil - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispões sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União (DOU), 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 17 out. 2020.

⁶Silva AMC, Mattos IE, Ignotti E, Hacon SS. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. Rev. Saúde Pública. 2013;47(2):345-352. doi: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047004410>

⁷Gonzalez Y, Carranza C, Iñiguez M, Torres M, Quintana R, Osornio A, et al. Effect of inhaled air pollution particulate matter in alveolar macrophages on local pro-inflammatory cytokine and peripheral interferon production in response to mycobacterium tuberculosis. Lancet Glob. Health. 2018;6(S29). doi: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30158-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30158-X)

⁸Ritz B, Wilhelm M, Zhao Y. Air pollution and infant death in Southern California, 1989-2000. Pediatr. 2006;118(2):493-502. doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2006-0027>

⁹Bastos JLD, Duquia RP. Tipos de dados e formas de apresentação na pesquisa clínico-epidemiológica. Sci. Med. 2016;16(3):133-138.

¹⁰FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Boletim da qualidade ambiental do RS. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/BoletimQA.asp>. Acesso em: 20 ago. 2021.

¹¹IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Porto Alegre. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em 02 mar. 2022.

¹²IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas populacionais dos municípios. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 set. 2020.

¹³Ostro B, World Health Organization. Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. World Health Organization. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42909>. Acesso em: 04 fev. 2023.

¹⁴SES - Secretaria da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul. Painel Coronavírus- RS. Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID- 19) no Rio Grande do Sul pela Secretaria de Saúde. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/>. Acesso em: 08 dez. 2021.

¹⁵Ter Horst Rob, Jaeger M, Smeekens SP, Oosting M, Swertz MA, Li Y, et al. Host and environmental factors influencing individual human cytokine responses. Cell. 2016;167(4): 1111-1124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.10.018>

¹⁶IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Quantidade de homens e mulheres. IBGE, 2019. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o>

**QUALIDADE DO AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

- brasil/populacao/18320-quantidade-de-homens-emulheres.html#:~:text=Segundo%20dados%20da%20PNAD%20Cont%C3%ADnu,estimativa%20superior%20a%20das%20mulheres. Acesso em: 02 mar. 2022.
- ¹⁷Iser BPM, Silva I, Raymundo VT, Poletto MB, Schuelter-Trevisol F, Bobinski F. Definição de caso suspeito de COVID-19: uma revisão narrativa dos sinais e sintomas mais frequentes entre os casos confirmados. *Epidemiol. Serv. Saúde.* 2020;29(3). doi: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000300018>
- ¹⁸Zheng XY, Xu, YJ, Guan WJ, Lin LF. Regional, age and respiratory-secretion-specific prevalence of respiratory viruses associated with asthma exacerbation: a literature review. *Arch. Virol.* 2018;163:845-853. doi: <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3700-y>
- ¹⁹Mendes NF, Jara CP, Mansour E, Araújo EP, Velloso LA. Asthma and COVID-19: a systematic review. *Allergy Asthma Clin. Immunol.* 2021;17(5). doi: <https://doi.org/10.1186/s13223-020-00509-y>
- ²⁰Skevaki C, Karsonova A, Karaulov A, Xie M, Renz H. Asthma-associated risk for COVID-19 development. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2020;146(6):1295-1301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.09.017>
- ²¹Costa JA, Silveira JA, Santos SCM, Nogueira PP. Implicações cardiovasculares em pacientes infectados com Covid-19 e a importância do isolamento social para reduzir a disseminação da doença. *Arq. Bras. Cardiol.* 2020;114(5):834-838. doi: <https://doi.org/10.36660/abc.20200243>
- ²²Ferreira DB, Marques FM, Almeida SB, Goto JM, Santos MTD, Almeida ACG, et al. Características clínicas e desfechos de pacientes com doenças hematológicas e diagnóstico de Sars-CoV-2 em hospital público terciário. *Hematol. Transfus. Cell Ther.* 2020;45(520). doi: <https://doi.org/10.1016/j.htct.2020.10.878>
- ²³Dantas G, Siciliano B, França BB, Silva CM, Arbilla G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Sci. Total Environ.* 2020;729:139085. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>
- ²⁴Dapper SN, Spohr C, Zanini RR. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Metróp. Saúde.* 2016;30(86). doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>
- ²⁵Ciaula AD, Bonfrate L, Portincasa P, Appice C, Belfiore A, Binetti M, et al. Nitrogen dioxide pollution increases vulnerability to COVID-19 through altered immune function. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2022;29:44404-44412. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19025-0>
- ²⁶Zang ST, Luan J, Li L, Yu HX, Wu QJ, Chang Q, et al. Ambient air pollution and COVID-19 risk: Evidence from 35 observational studies. *Environ. Res.* 2022;204:112065. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112065>
- ²⁷Kan HD, Chen BH, Fu CW, Yu SZ, Mu LN. Relationship between ambient air pollution and

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

daily mortality of SARS in Beijing. *Biomed. Environ. Sci.* 2005;18(1):1-4. Disponível em: <https://www.besjournal.com/fileSWYXYHJKX/journal/article/swyxyhjx/2005/1/PDF/bes200501001.pdf>. Acesso em: 05 fev 2022.

²⁸Cui Y, Zhang ZF, Froines J, Zhao J, Wang H, Yu SZ, et al. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: An ecologic study. *Environ. Health.* 2003;2:1–15. doi: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-2-15>

²⁹Santos UP, Arbex MA, Braga ALF, Mizutani RF, Cançado JED, Terra-Filho M, et al., Poluição do ar ambiental: Efeitos respiratórios. *J. Bras. Pneumol.* 2021;47(1). doi: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>

³⁰Bhalla DK, Crocker TT. Pulmonary epithelial permeability in rats exposed to O₃. *J. Toxicol. Environ. Health.* 1987; 21(1-2). doi: <https://doi.org/10.1080/15287398709531003>

³¹Liu J, Chen X, Dou M, He H, Ju M, Ji S et al. Particulate matter disrupts airway epithelial barrier via oxidative stress to promote *Pseudomonas aeruginosa* infection. *J. Thorac. Dis.* 2019;11(6):2617-2627. doi: <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.05.77>

³²Pino MV, Levin JR, Stovall MY, Hyde DM. Pulmonary inflammation and epithelial injury in response to acute ozone exposure in the rat. *Pharmacol.* 1992; 112(1):64-72. doi: [https://doi.org/10.1016/0041-008X\(92\)90280-6](https://doi.org/10.1016/0041-008X(92)90280-6)

³³Khashkhosha HK, Elhadi M. A hypothesis on the role of the human system in covid-19. *Med. Hypotheses.* 2020;143:110066. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110066>

³⁴Yang L, Li C, Tang X. The impact of PM2.5 on the host defense of respiratory system. *Front. Cell Dev. Biol.* 2020;8:91. doi: <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00091>

³⁵Deek SA. Chronic exposure to air pollution implications on COVID-19 severity. *Méd. Hypotheses.* 2020;145:110303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110303>

³⁶Isphording IE, Pestel N. Pandemic meets pollution: Poor air quality increases deaths by COVID-19. *J. Environ. Econ. Manag.* 2021;108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102448>

³⁷Sarmadi M, Moghanddam VK, Dickerson AS, Martelletti L. Association of COVID-19 distribution with air quality, sociodemographic factors, and comorbidities: An ecological study of US states. *Air Qual. Atmos. Health.* 2021;14:455-465. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00949-w>

³⁸Yu Z, Bellander T, Bergström A, Dilner J, Eneroth K, Engardt M, et al., Association of short-term air pollution exposure with SARS- CoV-2 infection among young adults in Sweden. *JAMA Netw Open.* 2022;5(4):1-12. doi: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.8109>

³⁹Gonçalves PB, Nogarotto DC, Canteras FB, Pozza SA. The relationship between the number of COVID-19 cases, meteorological variables, and particulate matter concentration in a

**QUALIDADE AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

medium-sized Brazilian city. *Braz. J. Environ. Sci.* 2022;57(2):167-178. doi: <https://doi.org/10.5327/Z217694781300>

⁴⁰Tadano Y, Ugaya C, Franco A. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. *Ambiente & Sociedade (Brasil)* 2009;12(2):241-255. doi: 10.1590/S1414-753X2009000200003.

Submetido em: 8/3/2023

Aceito em: 28/8/2024

Publicado em: 17/3/2025

Contribuições dos autores:

Stefani Lüdke Hübner: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Administração do projeto; Disponibilização de ferramentas; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

Aline Belem Machado: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Obtenção de financiamento; Investigação; Metodologia; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

Gustavo Marques da Costa: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Obtenção de financiamento; Investigação; Metodologia; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

Daniela Montanari Migliavacca Osório: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Obtenção de financiamento; Investigação; Metodologia; Disponibilização de ferramentas; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

André Luis Machado Bueno: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Obtenção de financiamento; Investigação; Metodologia; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

Daiane Bolzan Berlese: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Obtenção de financiamento; Investigação; Metodologia; Administração do projeto; Disponibilização de ferramentas; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

**QUALIDADE DO AR E CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO ECOLÓGICO**

Todos os autores aprovaram a versão final do texto.

Conflito de interesse: Não há conflito de interesse.

Não possui financiamento.

Autor correspondente:

Aline Belem Machado

Universidade Feevale

Av. Dr. Maurício Cardoso, 510 - Hamburgo Velho, Novo Hamburgo/RS, Brasil. CEP 93510-235

linebmachado@hotmail.com

Editor. Dr. Matias Nunes Frizzo

Editora chefe: Dra. Adriane Cristina Bernat Kolankiewicz

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença Creative Commons.

