

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE MEDICINA E CIÊNCIAS DA VIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

ALEXANDRE AUGUSTO DE PAULA DA SILVA

**EFEITO DOS DETERMINANTES SOCIAIS DE SAÚDE NA PANDEMIA DA COVID-
19 NO BRASIL E EM CURITIBA**

CURITIBA

2024

ALEXANDRE AUGUSTO DE PAULA DA SILVA

**EFEITO DOS DETERMINANTES SOCIAIS DE SAÚDE NA PANDEMIA DA COVID-
19 NO BRASIL E EMCURITIBA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino.

Coorientadora: Prof. Dra. Cristina Pellegrino Baena.

CURITIBA

2024



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Escola de Medicina e Ciências da Vida
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE EXAME DE TESE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE EM NÍVEL DE DOUTORADO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.

Aos 26 dias do mês de abril de 2024 às 15:00, realizou-se a sessão aberta de Defesa de Tese “EFEITO DOS DETERMINANTES SOCIAIS DE SAÚDE NA PANDEMIA DA COVID-19 NO BRASIL E EM CURITIBA” apresentado por **Alexandre Augusto de Paula da Silva** para obtenção do título de Doutor; Área de concentração: Pesquisa Médica Translacional.

A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros:

MEMBROS DA BANCA	ASSINATURA
Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino - Presidente	
Profa. Dra. Andrea Tuchtenhagen Wendt - PUCPR	
Prof. Dr. José Rocha Faria Neto - PUCPR	
Profa. Dra. Acácia Maria Lourenço Francisco Nasr - UFPR	
Prof. Dr. Eduardo Lucia Caputo - Brown University	

De acordo com as normas regimentais a Banca Examinadora deliberou sobre os conceitos a serem distribuídos e que foram os seguintes:

Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino

Conceito: *APROVADO*

Profa. Dra. Andrea Tuchtenhagen Wendt

Conceito: *APROVADO*

Prof. Dr. José Rocha Faria Neto

Conceito: *APROVADO*

Profa. Dra. Acácia Maria Lourenço Francisco Nasr

Conceito: *Aprovado*

Prof. Dr. Eduardo Lucia Caputo

Conceito: *APROVADO*

Parecer Final: *APROVADO*

Observações da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Adriano Akira Ferreira Hino
Presidente da Banca Examinadora

Profa. Dra. Cristina Pellegrino Baena
Coordenadora do PPGCS-PUCPR

MEMORIAL ACADÊMICO

Alexandre Augusto de Paula da Silva, graduado em Licenciatura e Bacharelado em Educação Física pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR – 2011-2014) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – 2016-2018), respectivamente. cursou Mestrado em Educação Física pela Universidade Federal do Paraná (UFPR – 2015-2017). Vinculou-se ao programa de Doutorado em Ciências da Saúde da PUCPR em 2020, com bolsa do edital especial de projetos de pesquisa sobre a COVID-19 nº 14/2020-GAB/PR/CAPES. Neste período, destacam-se abaixo as produções e atividades acadêmicas realizadas:

➤ **Produções científicas**

Publicação e aceite de **dez** artigos científicos:

- **Quatro** artigos em colaboração com o atual orientador (Dr. Adriano Akira Hino), no que se inclui o primeiro artigo da tese, em periódico internacional com fator de impacto 3,7 e classificação Q1 no SJR e dois artigos em processo de desenvolvimento;
- Seis artigos em colaboração com pesquisadores da PUCPR, laboratórios de pesquisa e universidades nacionais e internacionais (USP, UTFPR, *Washington University in Saint Louis*, *San Diego State University*, entre outros);
- Produção e colaboração de **sete** resumos de congressos nacionais e internacionais.

➤ **Revisor**

- Atuação como revisor de periódicos nacionais: Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde, Revista da Educação Física e Revista Paulista de Pediatria.

➤ **Participação de bancas**

- Avaliador em **duas** edições da Iniciação Científica Médica – PUCPR (2022 e 2023), **13** bancas de TCC da PUCPR e UTFPR. Avaliador do Programa de Iniciação Científica da PUCPR (2021);

➤ **Participação em eventos**

- Simpósio Anual do PPGCS (2020, 2022 e 2023); Participação e organização do Encontro dos Grupos de Pesquisa em Ambiente, Atividade Física e Saúde (2022); Cinco congressos e simpósios, nacionais e internacionais.

➤ **Orientações**

- Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização da UFPR; **Duas** orientações da Iniciação Científica da PUCPR (2020/2021 e 2021/2022).

➤ **Estágios/Visitas técnicas**

- Participação do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior, por **cinco** meses, com bolsa CNPq na chamada 26/2021, para a **University of Texas at Austin** (*top #50 world*), sob supervisão da Dra. Deborah Salvo (*Associate Professor*), no laboratório *People, Health, and Place Unit – PHP*;
 - Colaboração no processo de revisão sistemática em um artigo da série temática do periódico *The Lancet – Physical Activity Series*; Participação em reuniões da *UT Houston School of Public Health* (*top #25 EUA*), liderado pelo Dr. Harold “Bill” Kohl 3rd (*in memoriam*).
- **Visitas técnicas**
 - **Washington University in Saint Louis** (*top #50 world*) – Brown School (*top #5 Public Health EUA*) com o Dr. Rodrigo Reis (Professor); **North Carolina Central University** – Biomedical and Biotechnology Research Institute com a Dra. Cláudia Alberico (Program Manager); **North Carolina State University** (*#top 300 world*) – *Geospatial Analytics* com o Dr. Aaron Hipp – (Professor) e; **University of North Carolina** (*#top 50 world*) – Gilligans School of Public Health (*#top 5 Public Health EUA*) com o Dr. Natalício Serrano (Assistant Professor).

DEDICATÓRIA

Dedico à minha família
e a todas as pessoas que lutaram para superar os tempos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Léa e ao meu irmão Otávio, às minhas tias Odete e Olodir (*in memoriam*) e ao meu padrinho Jorge por sempre acreditaram muito no valor dos estudos, contribuindo para que eu chegasse até aqui. Vocês sempre reforçaram o significado de “família”.

À minha namorada Caroline Silva. Não sei expressar o quanto tudo se torna mais especial com você. Obrigado por me aconselhar, ouvir e até mesmo só me deixar reclamar. Obrigado por fazer cada um dos meus dias mais felizes. Você me faz querer ser melhor todos os dias. Amo você!

Aos meus amigos Miguel, Mycke, Bruno, Andrey, Daniel e Rogério, de mais longa data, por tantos anos de amizade. Vocês são incríveis! Obrigado pela nossa amizade!

Aos meus amigos da primeira graduação na PUCPR em Educação Física, Geraldo, Luiz, Lucilene e Welberton. Feliz que esta amizade manteve nossos laços fortes e conectados por todos esses anos.

Às valiosas amizades que pude cultivar no GPAQ, desde 2012: Bruno, Hermes, Iazana, Rayan, Helen, Alice, Cristiano, Alexandre, Eduardo, Evellin, Letícia e Thamires. A todos os membros antigos com quem pude conviver, compartilhar e aprender, e aos mais recentes por fazerem o dia a dia no grupo mais divertido e entusiasmado.

Aos meus amigos do GPAAFS-UTFPR, GeAS-UFSC e GEPAF-USP. Feliz que a pesquisa me conectou com tantas pessoas incríveis, que me causam tamanha admiração. Um agradecimento especial a Alessandra, Josieli e Ava Luana por compartilharmos muitos bons momentos juntos. Obrigado por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos brasileiros que fiz no período de sanduíche na *University of Texas at Austin*: Fabrício Rodrigues, Samuel Godoy, Matheus Pena, Erika Mayumi. Aos meus amigos internacionais: Hue Mai, Raul Gierbolini, Alexio Vallejo, Baher Daihom e Paul Serp. Um agradecimento especial a meus amigos Cláudia Alberico e Tim Evans, pois eles me deram a mão para que eu realizasse um dos meus maiores sonhos na vida e tivesse uma experiência incrível nos Estados Unidos.

Aos meus professores **doutores**, que me ensinaram a fazer pesquisa do GPAQ: Rodrigo Reis, Adriano Akira Hino, Ciro Rodriguez-Añez e Rogério Fermino. Obrigado por me ensinarem tanto, pela paciência, por investirem seu tempo e pela arte de construir novos pesquisadores.

Um agradecimento especial a meu orientador, Prof. Dr. Adriano Akira Hino. Não apenas eu, mas todos que o conhecem, convivem e passam um pouco de tempo contigo sentem a mesma inspiração e admiração que eu. Obrigado por ser um exemplo de pessoa, professor e amigo para este mundo.

Ao DAEFI da UTFPR, onde tive a oportunidade de trabalhar como professor substituto por um ano.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde (PPGCS) da PUCPR, com excelentes docentes, discentes e colaboradores, por quem tenho muita admiração desde que os conheci. Agradeço a tudo que me foi ofertado pelo programa. Agradecimento especial à Dra. Cristina Baena, minha coorientadora, uma incrível pesquisadora e líder de um programa tão competitivo e reconhecido.

À CAPES pela concessão de bolsa durante o período de doutorado e ao CNPq no doutorado sanduíche. À Dra. Deborah Salvo por aceitar me supervisionar no *People, Health, and Place Unit* em Austin, e ao Dr. Rodrigo Reis por me receber tão bem em Saint Louis.

Aos pesquisadores e colaboradores deste estudo, Franciele Iachecen, Diego Spinoza, Dr. Rodrigo Reis, Dr. Fabio Duarte e Dra. Cristina Baena. Ao Centro de Epidemiologia da Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba por fornecer os dados do estudo. Aos membros da banca por contribuírem para o desenvolvimento do trabalho e compartilharem seus conhecimentos para a minha formação, para a ciência e para o futuro.

Esta tese não representa apenas meu trabalho. Ela envolve as mãos de diversas pessoas que nunca conheci, daqueles que se foram vítimas da COVID-19, mas que sempre acreditaram que voltaríamos a ter dias melhores.

RESUMO

Introdução: A pandemia da COVID-19 gerou o mais recente desafio de saúde pública do século XXI. O Brasil protagonizou um dos piores cenários mundiais ao longo de 2020 e 2021, com uma das maiores incidências de óbitos no mundo, reforçada pelas desigualdades sociais no país. No entanto, algumas características foram pouco exploradas considerando a dinâmica temporal ao longo da pandemia, bem como os determinantes sociais de saúde a nível nacional e municipal. **Objetivo:** Analisar a associação dos determinantes sociais, ambientais e de saúde durante a pandemia da COVID-19 no Brasil e no contexto da cidade de Curitiba, Paraná. **Métodos:** Estudo ecológico nacional (Brasil), a partir de bases de dados públicas (IBGE, DATASUS, Embrapa e das Secretarias Estaduais de Saúde – gerenciado pelo Brasil.io), entre fevereiro de 2020 e fevereiro de 2021. O avanço temporal da COVID-19 foi calculado considerando desfechos de: a) dias do 1º caso no país até o 1º caso no município; b) dias até 1.000 casos/100 mil habitantes a partir do 1º caso no município; c) dias do 1º óbito até 50 óbitos/100 mil habitantes. As covariáveis utilizadas consideraram características de região geográfica, características sociais e ambientais, moradia, trabalho, desigualdades e serviços de saúde disponíveis. As análises foram estratificadas pelo tamanho populacional dos municípios (<100.000 e ≥100.000 habitantes). A regressão linear múltipla foi utilizada para testar a associação com os desfechos e ajustadas para os potenciais confundidores. O estudo local em Curitiba tem característica individual e ecológica, a partir de dados de 148.304 e 161.710 indivíduos georreferenciados, respectivamente. Os dados foram obtidos no Centro de Epidemiologia da Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba, Paraná. Os dados abrangem o período de março de 2020 e maio de 2021. Os desfechos analisados foram casos, hospitalizações e óbitos. As variáveis individuais utilizadas foram sexo, faixa etária e presença de comorbidades. As variáveis ambientais analisadas foram renda, densidade populacional, densidade comercial e número de idosos residentes no setor censitário. Foram estratificados períodos de análise por trimestres. A nível individual, utilizou-se análise descritiva, qui-quadrado e regressão logística multinível; e para a análise ecológica, medidas de tendência central e dispersão, Índice de Moran, *Hot Spot Analysis* e regressão logística. **Resultados:** Cidades ≥100 mil habitantes reportaram o 1º caso e óbito com 32,1 e 36,0 dias, respectivamente, enquanto nas cidades <100 mil, com 82,2 e 121,6 dias. As cidades de menor porte foram associadas a mais características de vulnerabilidade para atingir 1.000 casos e 50 óbitos a cada 100 mil habitantes. No estudo local, sexo masculino, maior faixa etária e presença de comorbidades foram associadas a hospitalização e óbitos, positivamente associado a renda. As concentrações dos casos da COVID-19 se iniciaram nas regiões centrais da cidade e posteriormente nas mais periféricas em todos os períodos, exceto óbitos apenas no primeiro trimestre. **Conclusão:** As características ambientais foram diferentemente associadas à alta incidência de casos de óbitos de acordo com os períodos. Os resultados demonstram que as características de desigualdades sociais, ambientais e de saúde tiveram um papel importante na associação com os casos e óbitos pela COVID-19, com variações ao longo do tempo, no Brasil e em Curitiba. Futuras emergências de saúde pública devem reforçar o monitoramento e priorizar a proteção dos grupos mais vulneráveis a infecção e óbito.

Palavras-chave: COVID-19; Epidemiologia; Doenças Transmissíveis; Saúde Pública; Determinantes Sociais de Saúde.

ABSTRACT

Background: The COVID-19 pandemic has generated the most recent public health challenge of the 21st century. Brazil experienced one of the worst global scenarios throughout 2020 and 2021, being one of the countries with the highest incidence of deaths, strengthened by the country social inequalities. However, some characteristics have been underexplored regarding the temporal dynamics throughout the pandemic, as well as the social determinants of health at the national and municipal levels. **Aim:** To analyze the association of social, environmental, and health determinants during the COVID-19 pandemic in Brazil and in the city of Curitiba, Paraná. **Methods:** A national ecological study (Brazil) was conducted using public databases (IBGE, DATASUS, Embrapa, and data from State Health Departments – managed by Brasil.io) between February 2020 and February 2021. The temporal spread of COVID-19 was calculated considering outcomes such as: a) days from the 1st case in the country to the 1st case in the municipality; b) days until 1,000 cases/100,000 inhabitants from the 1st case in the municipality; c) days from the 1st death to 50 deaths/100,000 inhabitants. Covariates used considered geographical region characteristics, social and environmental characteristics, housing, work, inequalities, and health services. The analyses were stratified by the population size of the municipalities (<100,000 and ≥100,000 inhabitants). Multiple linear regressions were conducted to test associations with outcomes and adjusted for potential confounders. The local study in Curitiba had individual and ecological characteristics, with 148,304 and 161,710 georeferenced data, respectively. Data were obtained from the Epidemiology Center of the Municipal Health Department of Curitiba, Paraná. The data covered the period from March 2020 to May 2021. The analyzed outcomes were cases, hospitalizations, and deaths. The individual variables used were gender, age group, and presence of comorbidities. Environmental variables included income, population density, commercial density, and number of elderly residents in the census tract. Analysis periods were stratified by quarters. Descriptive analysis, chi-square, and multilevel logistic regression were used at the individual level, while ecological analysis with central tendency and dispersion, Moran's Index, Hot Spot Analysis, and logistic regression were utilized. **Results:** Cities with ≥100 thousand inhabitants reported the 1st case and death at 32.1 and 36.0 days, respectively, while in cities with <100,000 inhabitants, it was 82.2 and 121.6 days. Smaller cities were associated with more vulnerability characteristics to reach 1,000 cases and 50 deaths per 100,000 inhabitants. In the local study, male gender, older age group, and presence of comorbidities were associated with hospitalizations and deaths, positively associated with income. COVID-19 cases began in the central regions of the city and then spread to the more peripheral areas in all periods, except for deaths only in the first quarter. **Conclusion:** The results show that characteristics of social, environmental, and health inequalities played an important role in the association with COVID-19 cases and deaths, with variations over time, in Brazil and in Curitiba. Future public health emergencies should reinforce monitoring and prioritize the protection of groups most vulnerable to infection and death.

Keywords: COVID-19; Epidemiology; Communicable diseases; Social Determinants of Health

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Linha do tempo das principais doenças pandêmicas na história.	21
Figura 2. Transmissão intra e interespecies do coronavírus humano (HCoV).	22
Figura 3 – Curva epidêmica hipotética do curso normal da epidemia e o achatamento da curva esperado com a adoção de intervenções não farmacológicas.	25
Figura 4: Casos e óbitos confirmados no período de 2020-2021 no Brasil.	28
Figura 5. Fonte das covariáveis utilizadas no estudo nacional.....	37
Figura 6. Avanço da COVID-19 no Brasil após 1º caso e 1º óbito a cada 3, 6, 9 e 12 meses.....	46
Figura 7. Características sociais e avanço da COVID-19 em dias considerando casos e óbitos.....	50
Figura 8 – Ocupação e leitos disponíveis de enfermagem nos hospitais de Curitiba-PR, 2020-2021.	63
Figura 9 – Ocupação e leitos disponíveis de Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) nos hospitais de Curitiba-PR, 2020-2021.....	63
Figura 10. Agrupamentos de casos e óbitos da COVID-19 nos setores censitários por trimestres. Curitiba, Paraná, Brasil (2020-2021).	68
Figura 11. Incidência de casos e óbitos da COVID-19 nos setores censitários por período. Curitiba, Paraná, Brasil (2020-2021).	69
Figura 12. Características sociais e ambientais de Curitiba, Paraná, Brasil.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Definição da ocorrência das condições de saúde de acordo com a área..	17
Tabela 2. Características descritivas da COVID-19 e cidades de acordo com o tamanho da população (n=5.570).	43
Tabela 3. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro caso da COVID-19 no Brasil até o primeiro caso no município (n=5.118).	47
Tabela 4. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro caso da COVID-19 no município até atingir 1.000 casos/100.000 habitantes (n=4.848).	48
Tabela 5. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro óbito pela COVID-19 no município até atingir 50 óbitos/100.000 habitantes (n=2,991).	49
Tabela 6. Características descritivas das variáveis do estudo local. Curitiba, Paraná, Brasil (n=148.304).	53
Tabela 7. Comparação entre as proporções das variáveis individuais e ambientais com hospitalização e óbitos pela COVID-19 de adultos. Curitiba, Paraná, Brasil. 2020-2021 (n=148.304).	55
Tabela 8. Regressão logística multinível bruta e ajustada de hospitalização e óbito com as variáveis individuais e ambientais para todo o período. Curitiba, Paraná, Brasil. 2020-2021 (n=148.304).	57
Tabela 9. Regressão logística binária multinível ajustada ^c da hospitalização com variáveis individuais e ambientais de adultos por período. Curitiba. Paraná. Brasil. 2020-2021 (n=148.304).	59
Tabela 10. Regressão logística binária multinível ajustada ^c de óbitos com variáveis individuais e ambientais de adultos por período, Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=148.304).	61
Tabela 11. Características descritivas da cidade de Curitiba-PR, de acordo com os setores censitários (n=2.395).	66
Tabela 12. Autocorrelação do Índice de Moran de acordo com casos e óbitos nos setores censitários por trimestre de Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395) .	67
Tabela 13: Características descritivas dos setores censitários de acordo com o agrupamento de casos por trimestre. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395).	70

Tabela 14: Características descritivas dos setores censitários de acordo com o **agrupamento de óbitos** por trimestre. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395).71

Tabela 15: Regressão logística binária da associação do **agrupamento de casos** com as características sociais e ambientais da cidade. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).....72

Tabela 16: Regressão logística ajustada* do **agrupamento de casos** com variáveis sociais e ambientais da cidade. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).73

Tabela 17: Regressão logística binária bruta e ajustada* do **agrupamento de óbitos** com variáveis sociais e ambientais da cidade. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).....74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP: Comitê de Ética e Pesquisa

CoV: Coronavírus

COVID-19: Do inglês *Corona Virus Disease-19*

DATASUS: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

ESPII: Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional

ESPIN: Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

MERS: do inglês *Middle East Respiratory Syndrome*

OMS: Organização Mundial da Saúde

OR: do inglês *Odds Ratio*

PUCPR: Pontifícia Universidade Católica do Paraná

SMS: Secretaria Municipal de Saúde

SARS: do inglês *Severe Acute Respiratory Syndrome*

SARS-CoV-2: do inglês *Severe Acute Respiratory Syndrome-2*

SPSS: do inglês *Statistic Package for the Social Sciences*

R0: Número básico de reprodução

RT-PCR: do inglês Reverse Transcriptase - Polymerase Chain Reaction

UF: Unidade Federativa

VIF: do inglês *Variance Inflation Factor*

EPÍGRAFE

“Quem planta tâmaras não colhe tâmaras”

Ditado Árabe

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. HISTÓRICO DAS PANDEMIAS.....	17
2.2. CORONAVIRUS E CARACTERÍSTICAS EPIDEMIOLÓGICAS.....	20
2.3. DETERMINANTES INDIVIDUAIS, SOCIAIS E DE SAÚDE NA COVID-19.....	29
3. JUSTIFICATIVA.....	32
4. OBJETIVOS.....	34
4.1. OBJETIVO GERAL.....	34
4.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
5. MÉTODOS.....	35
5.1. MÉTODOS I – ECOLÓGICO NACIONAL.....	35
5.1.1. Tipo e delineamento do estudo.....	35
5.1.2. População.....	35
5.1.3. Variáveis do estudo.....	35
5.1.3.1. Variáveis dependentes.....	35
5.1.3.2. Covariáveis.....	36
5.1.4. Análise estatística.....	38
5.2. MÉTODOS II – ESTUDO LOCAL.....	39
<u>5.2.1. Tipo e delineamento do estudo.....</u>	<u>39</u>
<u>5.2.2. Local, população e amostra.....</u>	<u>39</u>
5.3. Variáveis do estudo.....	39
<u>5.3.1. Variáveis dependentes.....</u>	<u>39</u>
<u>5.3.2. Variáveis independentes.....</u>	<u>40</u>
5.4. Análise estatística.....	40
6. RESULTADOS – ESTUDO NACIONAL.....	42
7. RESULTADOS – ESTUDO LOCAL.....	51
8. DISCUSSÃO.....	76
9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS.....	84

1. INTRODUÇÃO

Até o início do século XX, as doenças transmissíveis já foram as principais causas de morte de seres humanos, marcando diferentes períodos da história¹. Com o desenvolvimento de técnicas de vacinação, avanços em condições sanitárias das cidades e de higiene pessoal, ocorreu a transição epidemiológica, fenômeno que reduziu drasticamente a mortalidade por essas causas, representando uma menor parcela dos óbitos no mundo². De forma conjunta, o processo de transição demográfica, inicialmente observado na era pré-industrial, reduziu a mortalidade infantil e fez com que as pessoas passassem a ter vidas mais longevas, no implicou em diferentes aspectos da relação saúde-doença, principalmente em doenças associadas ao envelhecimento³.

Na história recente, a maior pandemia do século XX, causada pelo vírus H1N1 em 1918, popularmente conhecida como Gripe Espanhola, ficou marcada como um dos mais severos períodos da saúde pública mundial⁴. Embora sem a mesma dimensão da pandemia anterior, a *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS) em 2003, a H1N1 de 2009, e a *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) em 2012, marcaram grandes crises de saúde no século XXI⁵⁶.

No final de 2019, em Wuhan, China, o surgimento da doença atualmente denominada como *Corona Virus Disease-19* (COVID-19), até então desconhecida, deu início a uma das mais recentes crises de saúde pública no mundo a partir da identificação de um caso atípico, similar a uma pneumonia⁷. A doença se propagou em alta velocidade por todo o mundo devido à sua rápida capacidade de transmissão entre seres humanos⁸. Foi observado que os óbitos eram mais frequentes em homens, pessoas de maior idade, com comorbidades, principalmente características inflamatórias e indivíduos fisicamente inativos^{9,10}.

A declaração da emergência de saúde pública foi realizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em janeiro de 2020¹¹, a partir do crescimento exponencial de casos na Europa¹². No Brasil, foi decretada a situação de emergência no começo do mês de fevereiro também de 2020. Ainda no mesmo mês, foi registrado o primeiro caso confirmado no país e na América Latina. Ao longo do ano de 2020 e 2021, tornou-se um dos países mais afetados pela pandemia da COVID-19, onde a média mundial

era 682,99 óbitos por milhão de habitantes e, no Brasil, com uma das maiores incidências de óbitos, representando 2.875 a cada um milhão de habitantes^{13,14}.

A disseminação da COVID-19 em território brasileiro foi observada de maneira inicial nas grandes cidades, de onde partem e chegam voos internacionais, e, progressivamente, no interior do país^{15,16}. Embora tenham sido recomendadas medidas não farmacológicas para controle e mitigação da doença, como uso de máscaras, higienização frequente e distanciamento físico entre indivíduos, a adoção de muitas delas foram pouco estimuladas¹³. Ainda, outro fator preocupante eram as condições sociais nos países de baixa e média renda, onde a doença poderia se disseminar sem rastreamento adequado, potencializado pelas desigualdades sociais, algo que já era observado nos países de alta renda da Europa, os quais sofreram um impacto significativo¹².

Diante disso, as condições e as desigualdades sociais podem ser observadas por características definidas como determinantes sociais de saúde¹⁷, os quais podem identificar grupos mais vulneráveis a doenças, principalmente nos desafios específicos que a pandemia da COVID-19 trouxe para os diferentes países no mundo. Os locais onde grupos nascem, crescem, vivem, trabalham e envelhecem evocam um papel muito importante nas suas condições de vida e o reflexo na sua saúde. Fatores que impactam a saúde, tais como nível socioeconômico, acesso e hábitos de saúde, condições de trabalho e vida, crenças e posicionamentos sociais devem ser considerados para compreender como a relação destes determinantes e explicar as condições de saúde em diferentes grupos¹⁸.

No Brasil, estudos apresentaram que a estrutura de vulnerabilidade social teve um papel mais importante do que até mesmo as condições biológicas individuais, como sexo, idade ou presença de comorbidades na população, o que amplificou a crise no país¹⁹. Conforme as diferentes fases da pandemia transcorriam, essas condições de vulnerabilidade fizeram com que certos grupos, como os de menor renda, indígenas, pretos e pardos e, residentes das regiões Norte e Nordeste do país, estivessem mais expostos à COVID-19, principalmente pela insegurança e instabilidade econômica, ocupação de postos de trabalho presenciais ou de caráter essencial, incapacidade de adotar todas as medidas de prevenção em relação a proteção da COVID-19 como distanciamento físico, além da limitada capacidade do sistema de saúde para oferecer-lhes atendimento²⁰.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O arcabouço teórico desta tese sustenta-se no breve histórico de algumas das pandemias vividas pela humanidade, na contextualização dos coronavírus e suas características epidemiológicas e, por fim, no contexto da COVID-19 e sua relação com os determinantes sociais de saúde. Estes determinantes parecem caracterizar um dos principais fatores no agravamento em face a uma pandemia, tornando-se um dos maiores e mais recentes desafios enfrentados pela saúde pública no século XXI.

2.1. HISTÓRICO DAS PANDEMIAS

É bem conhecido que as doenças transmissíveis já foram as principais causas de mortes dos seres humanos na história¹. Elas são causadas por agentes que se multiplicam no hospedeiro suscetível em condições favoráveis para seu desenvolvimento²¹. Essas doenças podem apresentar diferentes desdobramentos quanto à sua capacidade de transmissão entre os seres da mesma espécie, progressivamente ao aumento sustentado pelo número de infectados²². Conceitualmente, esses processos são caracterizados como endemia, surto, epidemia e pandemia²² (Tabela 1).

Tabela 1. Definição da ocorrência das condições de saúde de acordo com a área.

Endemia	Doença com um número de casos com capacidade de ser predito, possui sua transmissão estável dentro de um grupo observado.
Surto	Aumento repentino de casos e acima do esperado, que ocorre em pequenas áreas/regiões.
Epidemia	Um surto que se expande por uma grande área geográfica.
Pandemia	Uma epidemia que se espalha por todas as regiões do mundo.

Adaptado e traduzido de Greenan, 2019²².

Surtos, endemias, epidemias e pandemias marcam períodos que afetam não só a saúde, mas o modo de vida, a economia e a sociedade das populações. A globalização no momento atual, tem um papel importante onde as grandes conexões

em todo o mundo permite, por meio da alta circulação de indivíduos, a transmissão e disseminação de inúmeros agentes patológicos²³.

Historicamente, algumas pandemias marcaram a humanidade pelos períodos das pestes, cólera, gripes e síndromes respiratórias¹. Geralmente, as novas infecções são originárias de um processo conhecido como *spillover* zoonótico, ou seja, a transmissão de patógenos entre animais e humanos²⁴. Embora esse processo dificilmente ocorra, dada as múltiplas barreiras naturais na transição para o novo hospedeiro, requer condições que envolvam tempo adequado, adaptação biológica e condições para desenvolvimento da infecção de forma favorável²⁴. Alguns patógenos de animais já foram identificados por conseguir transpor essas condições, como ratos, morcegos, vacas, aves e camelos^{1,6,24}.

A peste foi uma das primeiras pandemias a ser documentada pela humanidade. Com sua origem associada a roedores como agente transmissor, foi uma doença que esteve presente em longos períodos e em diversas regiões e civilizações do mundo. Foram identificados três grandes eventos marcantes dessa pandemia: a Peste de Justiniano, no século VI; a Peste Negra, no século XIV; e a Terceira Peste, no século XVIII^{1,25}. Com sintomas observados como febre, dor de cabeça, confusão ou delírio de duração entre uma a duas semanas, foram criadas algumas medidas para prevenir a transmissão da doença como a quarentena e a implementação de cordões sanitários²⁵. Na Europa, estima-se ter ocorrido o óbito de cerca de um terço da população da época pela doença, durante o período conhecido como Peste Negra, uma vez que não existiam tratamentos antibióticos, sendo que entre 40% e 70% dos casos culminavam em óbito²⁵.

O século XVIII, marcado pelo período do Iluminismo, marcou uma importante transição na observação científica, constituído pela organização racional dos fatos observados, de uma forma mais empírica e menos anedótica, a fim de prover suporte com base em diversas áreas de estudo como a medicina, a epidemiologia, a ecologia, a higiene e a geografia²⁵. A *Yersinia Pestis*, agente causador da doença, foi formalmente identificada em 1894 pelo desenvolvimento dos estudos em bacteriologia²⁵.

No contexto do século XX, em 1918, com os primeiros casos reportados nos Estados Unidos, a pandemia causada pelo vírus da linhagem *Influenza A H1N1*, começou a se espalhar por meio de agrupamentos militares vindos da Primeira Guerra Mundial, para aproximadamente 50 grandes cidades americanas⁴. A primeira onda da

doença, apesar de altamente transmissível, apresentou casos leves e letalidade de 0,21%. As medidas de prevenção foram recomendadas pela organização americana da Cruz Vermelha para reduzir a transmissão, que orientou o uso de máscaras, o não compartilhamento de objetos pessoais, a ventilação de ambientes e o isolamento em caso de sintomas da doença⁴.

Dada a participação dos Estados Unidos no conflito armado, a doença alcançou a Europa e, posteriormente, outras regiões na Ásia. No intuito de controlar as condições caóticas já causadas pela guerra, muitos países buscaram censurar o alto surgimento de novos casos da doença. No entanto, a Espanha publicou abertamente a alarmante condição de saúde pública, o que popularmente inferiu o nome adotado de “Gripe Espanhola”^{4,23}. Durante a segunda onda viral, essa foi uma das doenças que mais causou óbitos no mundo. Embora existam variações nas estimativas, foram contabilizados entre 21 e 73 milhões de óbitos, com taxas de mortalidade entre 2% a 4%⁴.

Com o surgimento das técnicas de vacinação, da organização de sistemas de saúde, do avanço da medicina moderna e de mudanças nos hábitos de vida e condições das cidades, foi observado um fenômeno importante, denominado transição epidemiológica². A mudança caracterizou-se pela grande redução dos óbitos registrados, principalmente por doenças infecciosas, e pelo aumento da proporção relacionada a outras causas, principalmente por doenças crônicas não-transmissíveis². Associado a este fato, ocorreu a transição demográfica, assim, os grupos populacionais passaram a ter vidas mais longevas e o aparecimento de doenças associadas ao envelhecimento³. Embora óbitos por doenças transmissíveis ainda ocorressem, representavam um pequeno percentual dos registros, sem o mesmo potencial que as pandemias anteriores exerceram na população humana do passado^{2,3}. A evolução dos métodos para monitoramento e controle das doenças infectocontagiosas auxiliou para garantir uma menor frequência de episódios pandêmicos. Embora outras doenças tenham emergido, esse monitoramento permitiu certo controle para que não se disseminasse e chegasse a atingir um caráter global, mesmo assim, algumas novas doenças reportadas causaram uma grande preocupação na saúde pública, como por exemplo, HIV, dengue, ebola, Zika, entre outras²⁶.

As mudanças climáticas apresentam-se como uma das raízes do surgimento de algumas doenças, causado pelas alterações do *habitat* natural de diferentes

espécies, que entram em conflito na ocupação de um novo *habitat*, seja com outros animais ou seres humanos, durante o processo migratório para sua sobrevivência, podendo, assim, causar o aparecimento de novas doenças²⁷.

Outras doenças apareceram como variantes do vírus *Influenza* (gripe asiática, gripe russa, gripe de Hong Kong), com alta capacidade de transmissão, porém com menor letalidade¹. No ano de 1977, houve um ressurgimento do vírus H1N1, quando em 2009, a variante do vírus A/H1N1pdm09, que popularmente ficou conhecida como “gripe suína”, emergiu em regiões do México e dos Estados Unidos, com uma taxa de reprodução básica (R_0) de 1,46 (1,30-1,70)^{1,5}, com manifestações clínicas de tosse, febre, dor de cabeça e garganta, rinorreia, tremores e dores musculares como os sintomas mais reportados⁵. Crianças mais jovens que cinco anos, idosos acima de 65, gestantes e pacientes com condições crônicas eram os mais suscetíveis a complicações. Assim como em outras pandemias mencionadas, ações de prevenção da transmissão foram incentivadas como sanitização das mãos com álcool ou sabão, cobrir o nariz e a boca ao tossir e espirrar, evitar contato pessoal, se possível, permanecer em casa em caso de estar doente e manter os ambientes arejados⁵. O registro oficial foi de 18 mil óbitos por essa nova variante viral, no entanto, estimam-se números entre 148 a 249 mil, baseado no excesso de óbitos por doenças respiratórias no período¹, com uma taxa de letalidade que variou entre 0,5% e 1%^{1,5}. A linha do tempo com as principais doenças pandêmicas (Figura 1).

2.2. CORONAVIRUS E CARACTERÍSTICAS EPIDEMIOLÓGICAS

Os coronavírus (CoV) são vírus pertencentes à família *coronaviridae*²⁸, com RNA (ácido ribonucleico) classificado como tamanho médio, de fita simples, poliadenilado, com os ácidos nucleicos de aproximadamente 30 kilobases (kb)²⁹. A história de estudos do coronavírus foi desenvolvida a partir das pesquisas realizadas por Tyrell e Bynoe em 1965³⁰.

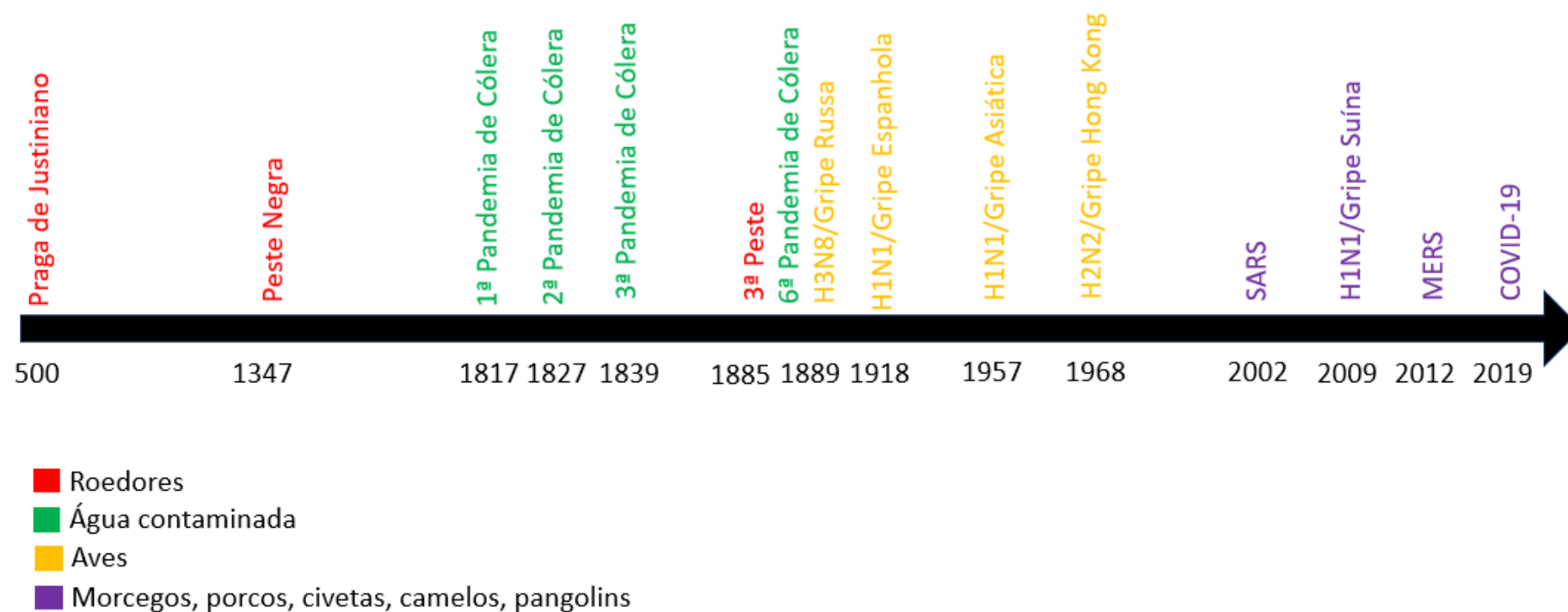


Figura 1. Linha do tempo das principais doenças pandêmicas na história.

Fonte: Adaptado de Piret, J; Bovin, G, 2021¹.

Seis principais tipos capazes de infectar humanos, denominados coronavírus humano (HCoV), foram identificados até 2012, entre eles: HCoV-229E (229E), HCoV-OC43 (OC43), HCoV-NL63 (NL63) e HCoV-HKU1 (HKU1), *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* (SARS-CoV) — identificado na China entre 2002 — e a *Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus* (MERS-CoV) — identificado no Oriente Médio em 2012⁶. Os vírus 229E, OC43, NL63 e HKU1 representam em torno de 30% dos resfriados comuns identificados na população⁶.

Os CoVs previamente identificados como capazes de infectar humanos estão divididos em alfa e beta coronavírus, comumente presentes em outras espécies como camelos, morcegos e vacas (Figura 2)⁶. Podem existir outros animais que atuam como hospedeiro intermediário, como civetas e pangolins, onde pode ocorrer as condições necessárias para o *spillover*^{6,31–33}.

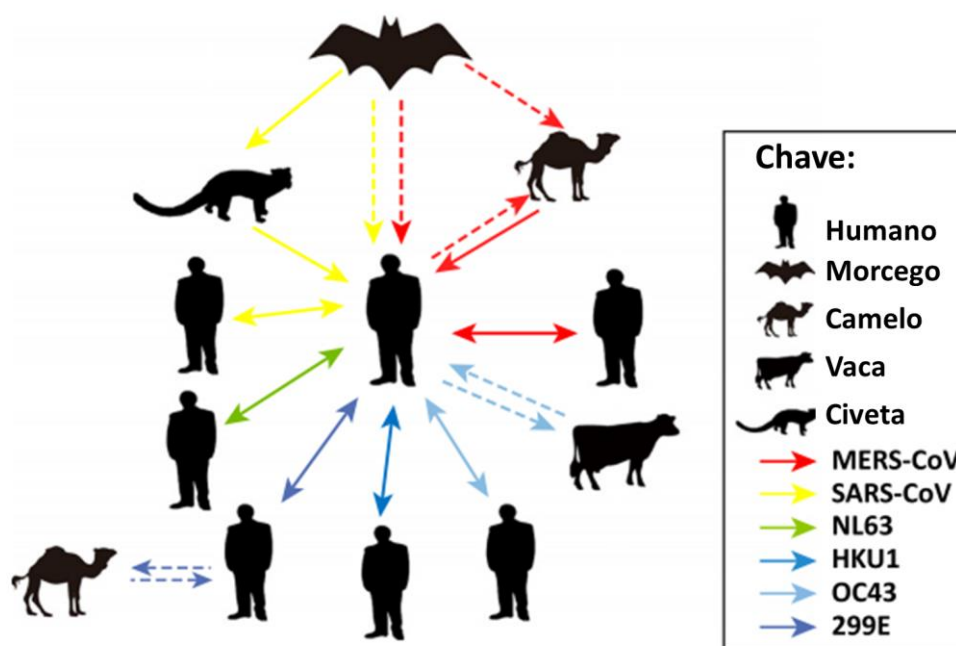


Figura 2. Transmissão intra e interespecífica do coronavírus humano (HCoV).

Fonte: Traduzido e adaptado de Su *et al.*, 2016⁶.

Alguns casos de *spillover* de coronavírus tornaram-se sérios eventos na saúde pública, como a SARS, a MERS e atualmente a COVID-19^{6,32,34}. A SARS, identificada em 2002, na província de Guangdong, China, tem uma estrutura similar ao coronavírus, geralmente encontrados em morcegos⁶. Mercados de animais silvestres na região possuem uma cultura longínqua de caça e venda de animais abatidos. Há algum tempo já foram considerados pelos órgãos de saúde mundial um potencial risco

para a saúde pública³⁵. No caso da SARS, identificou-se a presença de anticorpos relacionados ao coronavírus da SARS em 40% dos comerciantes de animais silvestres e em 20% de caçadores da região, demonstrando a possível origem desse novo vírus³⁵.

Com um R_0 de 0,80 ($IC_{95\%}$: 0,54-1,13), embora tenha sido identificado em outras partes do mundo, a doença se concentrou principalmente na região da Ásia (China, Hong Kong, Taiwan e Cingapura)³⁶. Confirmaram-se mais de oito mil casos e mais de 700 óbitos, cerca de 9% dos casos confirmados³⁷.

Em 2012, a próxima síndrome respiratória por coronavírus, a MERS, foi identificada na Arábia Saudita, por casos atípicos de pneumonia³⁴, onde 90% dos camelos dromedários possuíam esse tipo de vírus, causando sintomas gripais sem gravidade aos animais, assim, identificada a origem do *spillover*. Com casos predominantemente presentes na região do Oriente Médio³⁴, os sintomas da MERS são febre, tosse, mialgia, dispneia, insuficiência renal e necessidade de internamento pela infecção no trato respiratório inferior.

Embora bastante limitada a capacidade de transmissão entre animais e seres humanos, as orientações para evitar contato, bem como o isolamento foram adotados onde a maior parte dos casos foram confirmados em trabalhadores da área da saúde³⁴. Surto pontuais foram identificados no Oriente Médio, onde a R_0 em um estudo foi estimada em 0,69 ($IC_{95\%}$: 0,50-0,92)³⁶, enquanto outro estudo aponta um R_0 entre 0,80 e 1,30³⁸. Ambas as estimativas consideram que o indicador deve estar próximo ou abaixo de 1, pois não indica que atualmente exista um cenário capaz de se tornar uma pandemia^{34,38}. De forma muito superior aos outros vírus respiratórios, essa doença registrou entre 36% e 40% de óbitos dos casos confirmados^{6,34}.

No final de 2019, um caso de pneumonia atípica, até então desconhecida, foi registrada na cidade de Wuhan, China³⁹. Essa doença apresentou sintomas como tosse, febre e falta de ar⁴⁰. Na identificação do vírus, observou-se uma semelhança ao vírus da SARS, tendo sido denominado como SARS-CoV-2, causador da *Corona Virus Disease-19*, popularmente chamada de COVID-19^{28,41}. Por ser uma doença nova, levou algum tempo para que as pessoas pudessem identificar quais eram seus efeitos na saúde humana, bem como os métodos mais eficazes para o tratamento dos casos, além da busca da mitigação e supressão da circulação viral^{32,39}. O aumento rápido do número de casos na região fez o governo local adotar um *lockdown*, a partir de janeiro de 2020⁴².

Ao final do mês de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII)¹¹. A necessidade de controle se tornou ainda mais importante dada a alta capacidade de transmissão deste vírus entre seres humanos, por meio de gotículas de saliva de pessoas infectadas, superfícies contaminadas ou suspensas no ar⁴³. Embora os casos observados na China fossem leves a moderados⁴⁴, o R_0 médio foi estimado em 3,32 (IC_{95%}: 2,81 – 3,82), cujo resultado indica que uma pessoa poderia infectar aproximadamente outras três⁸.

Embora a implementação do *lockdown* na região de Wuhan tenha sido feita, os casos de COVID-19 começaram a aparecer em outros países ao redor da China, como Hong Kong, Taiwan, Rússia e Índia. Pouco tempo depois, identificaram-se novos infectados na América do Norte (Estados Unidos e Canadá) e na Europa, principalmente na Itália, este um dos países mais afetado no continente após o surgimento recente da doença. Em conjunto com a Espanha, os dois países apresentaram um crescimento exponencial de casos e óbitos pela COVID-19^{45,46}.

O fechamento de comércios, serviços, escolas, assim como o cancelamento de eventos com grandes públicos foi recomendado pelas autoridades sanitárias e variou aproximadamente em duas semanas, após o primeiro surto de casos em países como Alemanha, Espanha, França, Itália e Reino Unido⁴⁷. A doença apresentou um impacto severo na Europa, principalmente pela característica da pirâmide etária do continente possuir uma grande proporção de idosos. Isso causou o colapso do sistema de saúde e a adoção de *lockdowns* dada a necessidade local^{46,48,49}. Ressalta-se a dificuldade de rastreio por grande parte das infecções serem assintomáticas, como observado no navio *Diamond Princess*, que representou aproximadamente 60% dos casos⁵⁰, embora uma revisão sistemática publicada posteriormente, tenha identificado 42,8% dos casos assintomáticos no momento do teste⁵¹.

O uso de intervenções não farmacológicas foi proposto para o controle da curva epidêmica, adotando a higienização frequente das mãos, o evitamento de locais fechados e de aglomerações, o uso de máscara, o distanciamento físico com o intuito de reduzir a demanda por cuidados em saúde em hospitais, além do atendimento suficiente aos grupos de trabalhadores essenciais (sistema de saúde e de cadeia de suprimentos) e de grupos com maior risco de óbito (idosos e pessoas com comorbidades), além de diminuir o número de casos acumulados em um curto período de tempo para reduzir efeitos na saúde da população⁵² (Figura 3).

No Brasil, foi decretado o estado de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) no começo do mês de fevereiro pelo Ministério da Saúde⁵³, em seguida ocorreu a publicação das medidas para o enfrentamento de emergência de saúde pública pela Lei nº 13.979/2020⁵⁴. Ao final do mesmo mês, foi o primeiro país da América Latina a identificar o primeiro caso confirmado da COVID-19, com sua origem a partir da Itália^{55,56}.

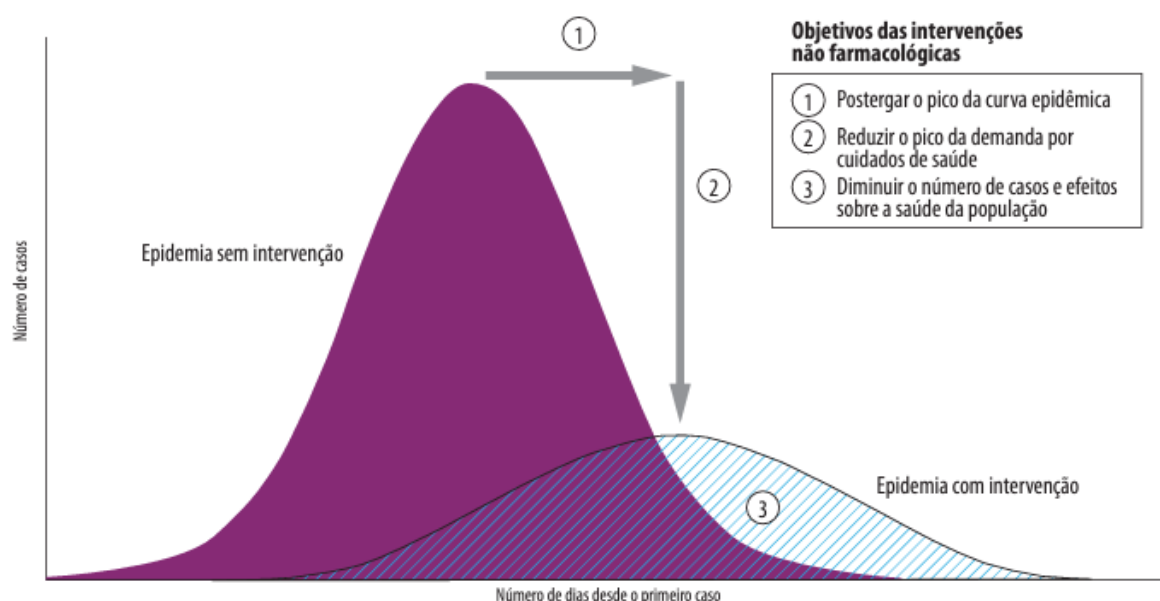


Figura 3 – Curva epidêmica hipotética do curso normal da epidemia e o achatamento da curva esperado com a adoção de intervenções não farmacológicas.

Fonte: Garcia e Duarte, 2020⁵². Adaptado do Centers for Disease Control and Prevention (CDC).

A OMS declarou o *status* de pandemia da COVID-19 no mês de março de 2020, após o registro de mais de 100 mil casos e 4 mil óbitos em 114 países⁵⁷. O colapso no sistema de saúde na Europa gerou uma preocupação em outros países na busca de soluções para o gerenciamento das condições que estavam por vir^{12,46}. Embora o Brasil possua um sistema de saúde público (o SUS — Sistema Único de Saúde), com acesso universal, grande capilaridade e de referência mundial, a disponibilidade para suporte à saúde aos casos mais graves era limitada^{58,59}.

O número de casos identificados e óbitos levou o país a ser um local de grande preocupação à nível mundial⁶⁰, além do problema causado pela baixa capacidade de testagem, cuja subnotificação de casos estimada chegou a aproximadamente 40% a menos dos números divulgados oficialmente⁶¹.

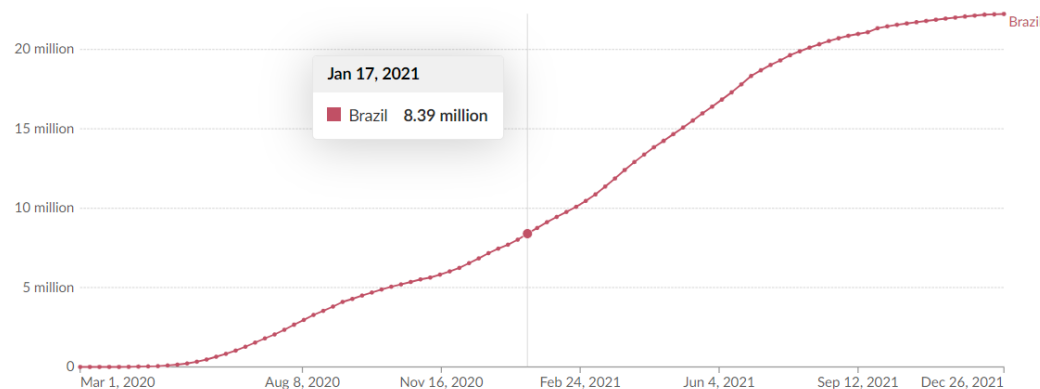
O fechamento de estabelecimentos considerados não essenciais seguiu o mesmo padrão proposto na Europa⁴⁷, embora alguns setores, como o de produção de carne bovina, mantiveram suas atividades, causando surtos locais em algumas cidades do sul do Brasil⁶².

Em um estudo no qual foram observadas algumas capitais brasileiras, nos primeiros seis meses da pandemia, os municípios apresentaram certo controle, nas primeiras doze semanas epidemiológicas analisadas, em relação à manutenção das estimativas relacionadas ao número de óbitos esperados no período, como Curitiba e Cuiabá. Contudo, equiparou-se aos demais municípios em sua proporção a partir do quarto mês⁶³. Por outro lado, o exemplo do município de Manaus, apresentou uma alta transmissão local, bem como o colapso do sistema de saúde. Possivelmente, estes resultados são em detrimento da não adoção das medidas de controle da COVID-19 pela gestão da cidade⁶⁴.

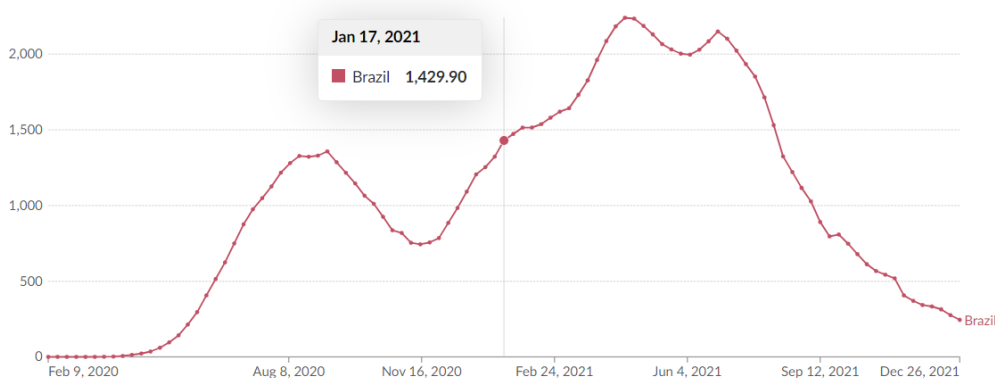
A alta transmissibilidade do vírus gerou uma importante característica a ser considerada nas doenças virais, as variantes de preocupação, que surgiram ao longo do tempo como a B.1.17 (*Alfa*), primeiramente identificada no Reino Unido e a P.1 (*Gamma*), no Brasil, estado do Amazonas, caracterizadas por uma maior capacidade de transmissão viral e também da letalidade em indivíduos hospitalizados^{60,65}. Essas variantes eliminaram qualquer chance de a hipótese chamada “imunidade de rebanho” ser plausível, pois as reinfecções começaram a ser identificadas e apresentavam maior capacidade de transmissão e mais gravidade nos casos⁶⁶. Essa medida de popularmente denominada como “imunidade de rebanho” foi publicamente adotada na Suécia, onde acreditava-se que a infecção de 60% a 70% da população poderia conter uma nova onda de casos, baseado na estimativa de que 80% da população teria casos leves a moderados⁶⁷. Posteriormente, o colapso do sistema de saúde e o excesso de óbitos no país fizeram as autoridades retroceder e buscar o controle da transmissão da doença na população^{66,67}.

Durante os anos de 2020 e 2021, observaram-se duas grandes ondas causadas pela doença⁶⁰ (Figura 4). Somados, 22 milhões de casos e 618 mil óbitos foram registrados e atribuídos à doença^{14,60}. Apesar da mortalidade pela COVID-19 ser relativamente baixa quando comparado a outras emergências de saúde, variando entre 2% a 4%, a SARS e a MERS, registraram números entre 9% e 36%, respectivamente³². Compuseram a lista de países com o maior taxa de excesso de

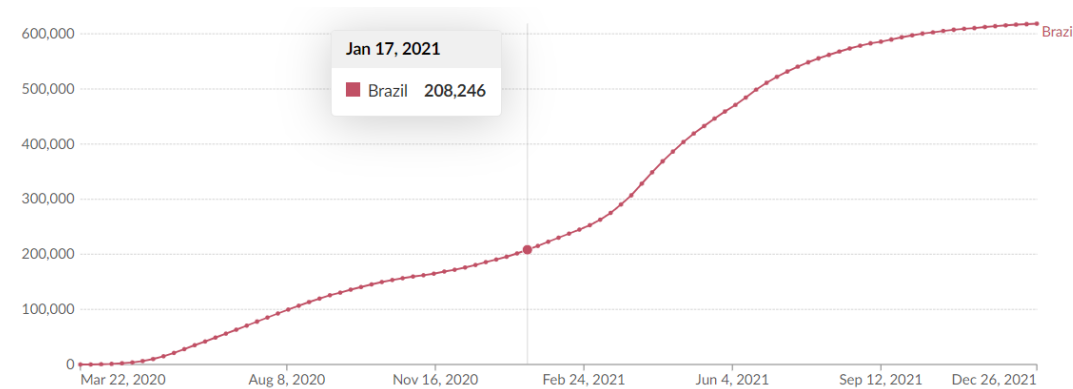
óbitos pela doença foram Rússia (374,6), México (325,1), Brasil (186,9) e Estados Unidos (179) a cada 100 mil habitantes⁶⁸.



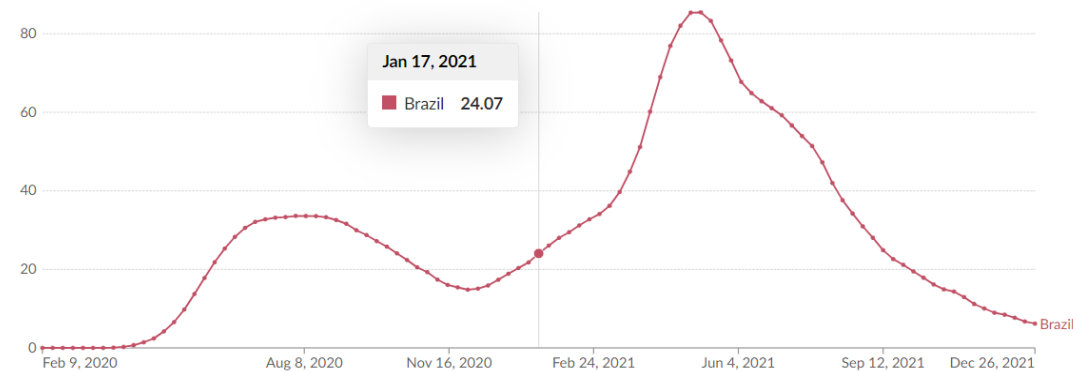
Casos confirmados acumulados até dezembro de 2021



Casos confirmados por dia a cada 1 milhão de habitantes



Óbitos confirmados acumulados até dezembro de 2021



Óbitos confirmados por dia a cada 1 milhão de habitantes

Figura 4: Casos e óbitos confirmados no período de 2020-2021 no Brasil.

* 17 de janeiro de 2021 marca data do início da vacinação no Brasil.

Fonte: WHO COVID-19 Dashboard – processed by Our World in Data.

2.3. DETERMINANTES INDIVIDUAIS, SOCIAIS E DE SAÚDE NA COVID-19

Conceitualmente, os determinantes sociais de saúde são fatores não-médicos como sociais, econômicos, culturais, étnico/raciais, psicológicos e comportamentais que influenciam a ocorrência de problemas de saúde e seus fatores de risco¹⁷. Como exemplos, podem ser citados renda, educação, desemprego e insegurança de trabalho, condições de trabalho, insegurança alimentar, condições básicas de moradia, desenvolvimento infantil, inclusão social e discriminação, conflitos estruturais e acessibilidade e qualidade dos serviços de saúde⁶⁹. Estas características, de maneira geral, tem se mostrado muito importantes para fornecer condições para manutenção da saúde da população, principalmente no Brasil, onde as desigualdades sociais reforçam as vulnerabilidades de determinados grupos sociais⁶⁹.

No Brasil, algumas políticas foram adotadas para o controle da doença após o estabelecimento da transmissão comunitária⁷⁰. A adoção das medidas de prevenção, orientadas pelas agências de saúde aos governos, as quais já são ações bem estabelecidas pela saúde pública, teve o intuito de reduzir ou até mitigar o contágio de doenças transmissíveis. Além disso, outras ações a nível governamental, com o objetivo de reduzir os impactos da pandemia, incluíram auxílios financeiros para a população, expansão da infraestrutura de saúde e adoção de *lockdown* nos casos entre outros^{5,12,36,52,71}.

A nível individual, já está bem estabelecido que homens, idosos e com comorbidades eram mais suscetíveis a óbito pela COVID-19^{72,73}. Essas características são explicadas principalmente por mecanismos biológicos, como a facilidade de os receptores do vírus se ligarem a enzima conversora de angiotensina-2, nas células em indivíduos do sexo masculino, bem como fatores relacionados à imunosenescência e a resposta inflamatória já observada em doenças crônicas não-transmissíveis como obesidade, hipertensão, diabetes entre outras, ocasionando um processo conhecido como tempestade de citocinas^{72,73}.

Embora os fatores individuais sejam importantes, características sociais, políticas e de saúde demonstraram um papel importante quanto a grupos mais expostos à doença pela falta de proteção e acesso a serviços de saúde. Em um estudo de revisão sistemática, observaram-se características socioeconômicas que estiveram associadas com infecção, como más condições de moradia, pobreza, menor renda, trabalho no sistema de saúde, assistência social, serviços essenciais,

superlotação no domicílio, baixa escolaridade, falta de seguro saúde e residência em regiões urbanas⁷⁴. No mesmo contexto, baixa escolaridade, pobreza, más condições de moradia, baixa renda familiar, imigrantes, superlotação no domicílio e desemprego foram associados a óbitos pela COVID-19⁷⁴. Embora esses resultados ofereçam uma perspectiva importante sobre as características sociais e a vulnerabilidade em relação à doença, a maior parte dos estudos provém de países de alta renda⁷⁴.

No Brasil, alguns estudos a nível nacional foram realizados a fim de compreender os determinantes sociais de saúde diante da pandemia de COVID-19^{19,20,75,76}. As regiões do país apresentaram uma característica muito importante, onde Sul e Sudeste tiveram mais incidências no número de casos, enquanto no Norte e Nordeste para o número de óbitos pela COVID-19^{19,20}. Embora algumas locais estivessem mais suscetíveis a surtos, como capitais e regiões metropolitanas, e menos suscetíveis nas regiões consideradas rurais⁷⁰, observa-se uma inversão da infraestrutura para manejo da pandemia e para proteção de grupos potencialmente vulneráveis, principalmente pela dificuldade da adoção das medidas nestas regiões⁷⁰.

A transmissão no Brasil foi marcada, principalmente, por padrões relacionados à vulnerabilidade social, como menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), renda, escolaridade e infraestrutura de saúde, em vez da pirâmide etária ou a prevalência de comorbidades, o que amplificou a distância entre grupos socialmente vulneráveis^{19,75}. O estudo EPICOVID-19, realizado em 133 municípios urbanos de diferentes regiões do Brasil, com indivíduos com idade superior a um ano, reforça que as regiões Norte e Nordeste e características sociais relacionadas à vulnerabilidade como menor renda, menor escolaridade e grupos étnicos historicamente com piores condições de vida, como etnias preta, parda e indígenas eram mais suscetíveis à infecção²⁰. Ainda que essa estrutura tenha sido observada a nível nacional, algumas evidências publicadas a nível regional, estadual e municipal se mostram consistentes com o mesmo padrão observado^{70,77-82}.

Em São Paulo, o primeiro município a notificar o primeiro caso no país, observou-se que, nas primeiras semanas, os casos se concentraram em regiões de alto nível socioeconômico, representando grupos com condições de realizar viagens internacionais e, posteriormente, deslocou-se para locais mais periféricos nas regiões metropolitanas⁸¹. Essa mesma consistência é observada nos bairros de Fortaleza, onde as maiores incidências de casos de COVID-19 se concentraram em locais de maior renda nas primeiras semanas, porém a disseminação esteve associada a

grupos de menor renda, usuários de transporte público, menor escolaridade e vínculo empregatício fragilizado⁷⁸. No Rio de Janeiro, a complexidade urbana apresentou características heterogêneas em termos de vulnerabilidade a COVID-19, no entanto, comunidades de baixa renda dentro de locais de alta renda eram mais suscetíveis à contaminação⁸².

Outros atributos analisados como parte dos determinantes sociais de saúde são características ambientais das cidades, como a densidade populacional, a conectividade urbana e de mobilidade e o uso do solo^{83,84}. Embora a maior parte dessas evidências sejam dos Estados Unidos e da China, elas nos auxiliam a criar hipóteses para outras condições urbanas em países e contextos diferentes dos já levantados⁸⁴. A hipótese levantada sobre melhores condições de uso misto do solo e densidade populacional e residencial poderiam até ser indicadores positivos em condições pós-iniciais à transmissão inicial de doenças transmissíveis, uma vez que podem reduzir a mobilidade das pessoas e redução entre contato direto com um grande número de indivíduos⁸⁵. Mesmo sendo contraintuitivo, as poucas evidências mostraram que a densidade populacional foi um indicador que aumentou a transmissão inicial, porém, mostrou-se como uma característica que desacelerou o aumento em períodos posteriores na pandemia, possivelmente, por estas regiões com maior densidade apresentarem melhor infraestrutura de comércio, serviços e acesso à saúde⁸⁴.

3. JUSTIFICATIVA

Embora os padrões clínicos para aprendizagem, manejo e gerenciamento da COVID-19, considerando a individualidade tenham evoluído, a relação entre os determinantes sociais e a doença não estão muito claras na literatura acerca do manejo da pandemia de COVID-19. As evidências publicadas quanto ao tema, em sua grande parte, representaram países de alta renda⁷⁴, ou quando analisado as condições no contexto brasileiro, consideraram a fase inicial da pandemia, curtos períodos de análise ou até mesmo as variáveis de exposição e desfecho no mesmo período^{75,79}. Cabe ainda ressaltar que as condições em que o Brasil viveu e as necessidades distintas de regiões, cidades e grupos populacionais necessitam de um olhar mais cuidadoso na análise deste período, uma vez que a pandemia afetou todo o país de diferentes formas e intensidades.

As evidências provenientes dos estudos nacionais permitem compreender o panorama entre diferentes regiões e as respectivas características locais, porém, se limita pela capacidade de comparar as condições nos municípios. Dessa forma, compreender uma análise a nível municipal se torna necessária para compreender a dinâmica dentro do município, observado o mesmo critério para identificação de casos e de óbitos de COVID-19. As evidências disponíveis apresentam uma lacuna na literatura pela baixa quantidade de estudos publicados. Além disso, esses geralmente buscaram testar a associação das características de vulnerabilidade social com os casos e os óbitos da COVID-19, majoritariamente nas fases iniciais da pandemia^{70,78,79}.

Portanto, explorar como as características ambientais, sociais e de saúde estiveram relacionadas aos casos e aos óbitos pela COVID-19, considerando a dinâmica das mudanças da pandemia ao longo do tempo pode permitir uma melhor compreensão da vulnerabilidade das cidades a nível nacional. Embora a maior parte da população brasileira resida em grandes centros urbanos, nove em cada dez (90%) cidades do Brasil possuem menos de 100 mil habitantes, assim, os municípios de diferentes portes populacionais podem ter sido afetados de maneiras distintas, considerando a velocidade de aparição e transmissão comunitária de novos casos e na incidência de óbitos registrados.

Por fim, apesar de um estudo de revisão levantar potenciais características sociais e ambientais associadas a cidades compactas como densidade populacional,

uso misto do solo e *walkability*, essas evidências representam cidades principalmente dos Estados Unidos e da China, o que difere das características dos municípios brasileiros⁸⁴. Analisar a dinâmica da pandemia e as mudanças ocorridas ao longo do tempo a nível municipal pode auxiliar na compreensão das concentrações espaciais de casos e de óbitos, além disso, as potenciais variáveis sociais e ambientais associadas aos desfechos.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a associação dos determinantes sociais, ambientais e de saúde durante a pandemia de COVID-19 no Brasil e na cidade de Curitiba-PR.

4.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a associação entre características sociais, de saúde e ambientais, e a morbidade e mortalidade da COVID-19, no primeiro ano da pandemia, no Brasil, em cidades de pequeno e grande porte;
- Testar a associação entre as características individuais, sociais e ambientais e a chance de hospitalização e de óbito pela COVID-19 entre os casos da doença, no primeiro ano da pandemia, em Curitiba, no Paraná;
- Analisar as altas concentrações de casos e de óbitos de COVID-19 e sua associação entre características sociais e ambientais, no primeiro ano da pandemia de COVID-19, em Curitiba, no Paraná.

5. MÉTODOS

Os métodos deste estudo estão divididos em duas subseções que serão detalhadas a seguir. A primeira, trata-se do estudo ecológico realizado a nível dos municípios de todas as Unidades Federativas (UF) do Brasil. A segunda seção envolve dados da cidade de Curitiba, Paraná.

5.1. MÉTODOS I – ECOLÓGICO NACIONAL

5.1.1. Tipo e delineamento do estudo

Este é um estudo observacional ecológico, de característica longitudinal⁸⁶, com uso de dados secundários obtidos de bases de dados abertas.

5.1.2. População

As 5.570 cidades dos 26 estados brasileiros e do Distrito Federal foram utilizadas como unidade de análise.

5.1.3. Variáveis do estudo

Os dados foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁸⁷, do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS, do Ministério da Saúde⁸⁸, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)⁸⁹ e do Brasil.io⁹⁰.

5.1.3.1. Variáveis dependentes

Dados de casos e de óbitos de COVID-19 reportados foram incluídos entre 26 de fevereiro de 2020 e 4 de fevereiro de 2021⁹⁰. Esse período foi selecionado com base no início da vacinação em janeiro de 2021, o que mudou a dinâmica da doença no país. Com isso, os seguintes desfechos computados em dias para examinar a disseminação, os estabelecimento da transmissão comunitária e os óbitos da doença de acordo com as seguintes variáveis: a) número de dias entre o primeiro caso no Brasil e o primeiro caso no município; b) número de dias entre o primeiro caso no município até o dia quando a incidência de 1.000 casos/100.000 habitantes foram

reportados; e c) número de dias entre o primeiro óbito no município até a incidência de 50 óbitos/100.000 habitantes foi reportado. Desfechos descritivos foram incluídos para caracterizar: a proporção de municípios que atingiram 1.000 casos/100.000 habitantes; número de casos em três, seis, nove e 12 meses após o primeiro caso; municípios que reportaram ao menos um óbito pela COVID-19; número de óbitos em três, seis, nove e 12 meses após o primeiro óbito no país. Todos os dados de incidência foram ajustados para 100.000 habitantes. Esses desfechos foram considerados baseado na cadeia de transmissão de agentes infecciosos e incidências relevantes⁹¹.

5.1.3.2. Covariáveis

Incluíram-se as seguintes covariáveis de acordo com a revisão de literatura^{19,20,74,92}, sendo (Figura 5):

a) **região geográfica**: onde o município está localizado (Centro-Oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul), cidade metropolitana (não/sim), urbana ou rural;

b) **características sociais e ambientais do município**: área total (km²), área urbana (km²), tamanho da população estimada (habitante), população urbana (habitantes), população acima de 60 anos (%), população indígena (%), população preta (%), analfabetos acima de 25 anos (%); e município em extrema pobreza (não/sim);

c) **condições de moradia**: domicílios com densidade >2 pessoas por dormitório (%), domicílio com coleta de lixo (%), domicílio conectado à rede de água encanada (%); e domicílio conectado à rede de esgoto;

d) **características de emprego**: trabalhadores no comércio (%); e trabalhadores informais (%);

e) **características socioeconômicas e de desigualdade**: Índice GINI; renda *per capita*, pobres ou extremamente pobres (%); e domicílios em moradias informais (%);

f) **acesso e cobertura de serviços de saúde**: número de médicos, enfermeiros e unidades de terapia intensiva (UTI) do SUS por habitante (100.000 habitantes). O acesso e cobertura dos serviços de saúde foram padronizados com o uso de *z-score* e combinados em uma variável única, posteriormente categorizado em *tercís*.

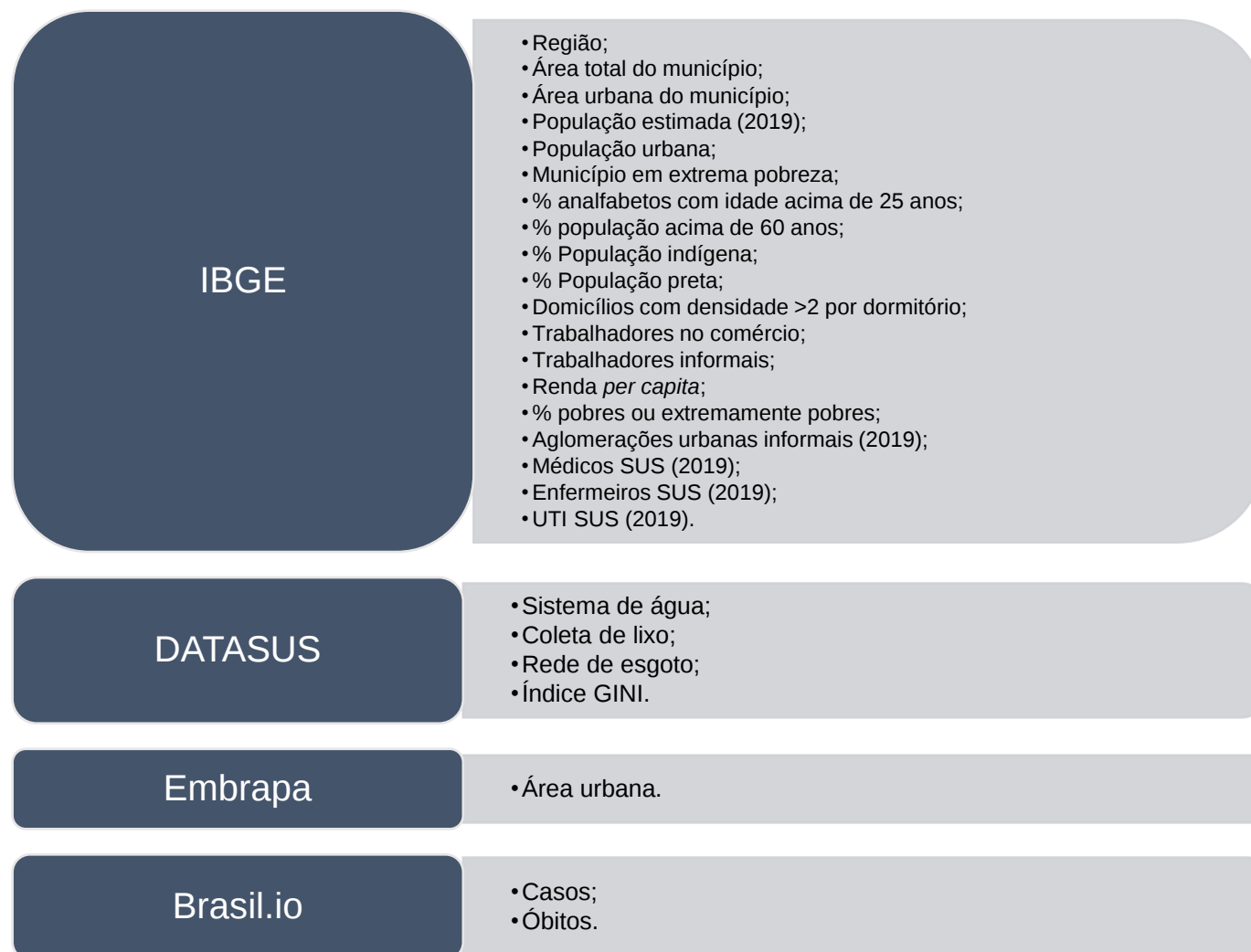


Figura 5. Fonte das covariáveis utilizadas no estudo nacional.

Fonte: IBGE, DATASUS, EMBRAPA, Brasil.io^{87–90}

5.1.4. Análise estatística

Para o processamento dos dados, utilizou-se o *software QilkSense Desktop* e, para a análise, o SPSS 23.0. A análise descritiva foi realizada, com o uso de distribuição de frequências, média e desvio padrão. A matriz de correlação bivariada e o Fator de Inflação de Variância (FIV) foram utilizados para testar a multicolinearidade entre as variáveis independentes. A regressão linear foi realizada para analisar as associações entre as variáveis independentes e os principais desfechos, de acordo com o tamanho populacional (<100.000 habitantes). Os modelos finais foram ajustados para todas as variáveis independentes, com o método de entrada forçada, com o nível de significância em 5%.

5.2. MÉTODOS II – ESTUDO LOCAL

5.2.1. Tipo e delineamento do estudo

O estudo tem característica quantitativa de métodos mistos, utilizando dados a nível individual e ecológico²¹.

5.2.2. Local, população e amostra

Curitiba é uma cidade altamente densa e urbanizada (99.9% urbana), localizada na região Sul do Brasil, com uma população estimada de 1.9 milhão de habitantes (8ª mais populosa no país), com 434 km². Os indicadores sociais e econômicos da cidade a colocam entre as maiores do país, com 97,6% de escolaridade até os 14 anos e um IDH de 0,823⁸⁷.

A amostra do estudo foi caracterizada por indivíduos residentes e incluídos na base de dados, que realizaram o teste com resultado reagente (antígeno) ou detectável por *Reverse-Transcriptase – Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) para COVID-19, a partir de notificação compulsória para a Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba e seu respectivo Centro de Epidemiologia, em estabelecimentos de saúde públicos e privados, tais como unidades básicas de saúde, unidades de pronto atendimento, farmácias, consultórios, laboratórios e hospitais. Todos foram georreferenciados nos respectivos setores censitários da cidade (2.395). O estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética e Pesquisa (CEP) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (4.310.123) e da Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba (4.395.893).

5.3. Variáveis do estudo

5.3.1. Variáveis dependentes

Como desfecho para as análises a nível individual, consideraram-se as taxas de “hospitalizações” e “óbitos” em desfecho dicotômico (não/sim).

Para a análise ecológica, utilizaram-se os setores censitários de alta incidência de casos e de óbitos da COVID-19 como variáveis de desfecho. Primeiro, os casos e os óbitos de COVID-19 obtidos entre março de 2020 e maio de 2021 (200.513 indivíduos). Segundo, os endereços residenciais foram utilizados para identificar os

setores censitários onde os indivíduos viviam no momento em que os dados foram coletados. As taxas de incidência em cada setor censitário foram determinadas e ajustadas pelo tamanho da população (100.000 habitantes). Por fim, a autocorrelação espacial global foi obtida com o Índice de Moran e a local com a análise de *Hot Spot* (Getis-Ord-Gi*), para identificar agrupamentos com altas concentrações de casos e óbitos pela COVID-19 para todo o período e a cada três meses⁹³. As análises espaciais foram conduzidas com o uso do *software* ArcGis 10.3.

5.3.2. Variáveis independentes

Nos dados a nível individual, as covariáveis utilizadas foram sexo (masculino/feminino), a idade em anos foi classificada em três categorias de faixa etária (18-39 anos, 40-59 anos e ≥ 60 anos), presença de comorbidades (não/sim) e tipo de comorbidade autoreportada pelo indivíduo, onde foram selecionadas aquelas com ao menos cem casos (doença cardiovascular, sobrepeso/obesidade, hipertensão, diabetes, câncer, doença renal, doença respiratória e imunodeficiência).

As covariáveis sociais e ambientais foram utilizadas a nível individual e ecológico, sendo renda da área (R\$), densidade comercial (comércios/km²), densidade populacional (habitantes/km²) e o número de idosos que vivem no setor censitário. Todas as variáveis foram classificadas em quartis. Os dados foram obtidos do Instituto de Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e do IBGE⁸⁷.

5.4. Análise estatística

A estatística descritiva (frequências, tendência central e dispersão) e o teste de qui-quadrado foram utilizados para caracterização da amostra por trimestres e das covariáveis. Para a análise a nível individual, utilizou-se a regressão logística binária multinível, considerando o 1º nível como individual e 2º nível das características da cidade, considerando como desfecho a taxa de hospitalização (hospitalização/casos) e óbito (óbito/casos). Para o modelo ajustado, incluíram-se todas as variáveis com o modelo de entrada forçada, excluindo as variáveis que apresentaram colinearidade após o teste do FIV.

Na análise ecológica, realizou-se a regressão logística para testar a associação entre as covariáveis e os agrupamentos de alta incidência de casos e de óbitos de COVID-19. O modelo foi ajustado para todas as variáveis com o método de entrada

forçada. As análises foram realizadas nos *softwares* SPSS e STATA e mantido o nível de significância de $p < 0,05$.

6. RESULTADOS – ESTUDO NACIONAL

O Brasil possui 5.570 municípios com uma população total estimada em 210 milhões de habitantes em 2019. A maior parte das cidades estão localizadas na região Sudeste (41,8%), seguido pelo Nordeste (27,5%), Sul (14,3%), Norte (8,7%) e Centro-Oeste (7,7%). Um quarto das cidades são consideradas metropolitanas (25,7%), urbanas (92,1%) e, predominantemente, com menos de 100 mil habitantes (94,2%). Em geral, cidades com 100 mil habitantes ou mais tem maior densidade populacional, logo, mais moradores por dormitório (>2 pessoas por dormitório), acesso a serviços sanitários (coleta de lixo, água e esgoto), serviços de saúde e infraestrutura (médicos, enfermeiros e leitos de UTI), trabalhos e renda. Cidades com menor população tem maior proporção de pretos e indígenas, maiores taxas de analfabetismo e de pobreza (Tabela 2).

Em municípios com 100 mil habitantes ou mais, casos de COVID-19 foram notificados aproximadamente em um mês ($29,4 \pm 9,2$ dias) após o primeiro caso reportado no país, enquanto em cidades menores o primeiro caso foi reportado após 72,3 ($\pm 28,5$) dias. No entanto, um ano após o primeiro caso de COVID-19 reportado no Brasil, quase todos os municípios notificaram pelo menos um caso. Em cidades maiores (100 mil habitantes ou mais), o primeiro óbito relacionado a COVID-19 foi reportado um mês após o primeiro caso ($31,2 \pm 20,2$ dias), enquanto em municípios menores o primeiro óbito foi reportado meses depois ($95,2 \pm 50,6$ dias).

Por fim, padrões similares foram observados em relação ao número de dias para atingir 50 óbitos/100.000 habitantes, com municípios maiores reportando antes esses números (109,6 dias) do que municípios menores (128,4 dias) (Tabela 2 e Figura 6). O avanço da COVID-19 a cada três, seis, nove e 12 meses é, primeiramente, concentrado nas capitais e nos municípios da região Norte e, progressivamente, em direção a regiões do interior do país, com o aumento da incidência ao longo do tempo (Figura 6).

Tabela 2. Características descritivas da COVID-19 e cidades de acordo com o tamanho da população (n=5.570).

	≤100.000 (n=5.246)		>100.000 (n=324)	
Total (n, %)	5.246	94,2	324	5,8
COVID-19				
Dias até o 1º caso (média, DP)	72,3	28,5	29,4	9,2
1.000 casos/100.000				
Não atingiu (n, %)	281	94,6	321	99,1
Atingiu (n, %)	4.965	5,4	3	0,9
Dias até 1.000 casos/100.000 (média, DP)	93,6	46,7	120,4	37,1
Pelo menos 1 óbito				
Não (n, %)	388	7,4	0	0,0
Sim (n, %)	4.858	92,6	324	100,0
Dias até 1º óbito (média, DP)	95,2	50,6	31,2	20,2
50 óbitos/100.000				
Sem óbitos (n, %)	388	7,4	0	0,0
Não atingiu (n, %)	1.818	34,7	16	4,9
Atingiu (n, %)	3.040	57,9	308	95,1
Dias até 50 óbitos/100.000 (média, DP)	109,6	68,7	128,4	57,1
REGIÃO GEOGRÁFICA				
Centro-Oeste (n, %)	443	8,4	24	7,4
Norte (n, %)	1.731	33,0	63	19,4
Nordeste (n, %)	420	8,0	30	9,3
Sudeste (n, %)	1.514	28,9	154	47,5
Sul (n, %)	1.138	21,7	53	16,4
Região Metropolitana				
Não (n, %)	4.017	76,6	121	37,3
Sim (n, %)	1.229	23,4	203	62,7
Urbano ou Rural				
Urbano (n, %)	4.805	91,7	321	99,1
Rural (n, %)	436	8,3	3	0,9
CARACTERÍSTICAS SOCIAIS E AMBIENTAIS				
Área total (km²) (média, DP)	1.452,44	5.030,60	2.709,49	11.414,97
Área urbana (km²) (média, DP)	4.421,49	7.516,76	74.490,48	105.631,75
Tamanho da população (média, DP)	17.049,69	17.670,71	372.544,60	849.188,63
População que vive em área urbana (média, DP)	10.780,18	13.514,72	322.245,04	777.923,64
Densidade populacional (hab./km²) (média, DP)	48,37	115,24	12.76,09	2.269,38
População com idade acima de 60 anos (%) (média, DP)	12,23	3,25	9,81	2,66
População indígena (%) (média, DP)	0,75	4,47	0,23	0,48
População preta (%) (média, DP)	51,53	23,75	48,35	20,33
Analfabetos com idade maior de 25 anos (%) (média, DP)	21,25	12,67	8,47	6,14
Cidade em extrema pobreza				
Não (n, %)	3.669	69,9	319	98,5
Sim (n, %)	1.577	30,1	5	1,5
CONDIÇÕES DE MORADIA				
Domicílios com densidade >2 por dormitório (%) (média, DP)	24,95	13,08	27,86	11,24
Domicílio com coleta de lixo (%) (média, DP)	93,83	11,30	97,58	3,75
Domicílio conectado ao sistema de água (%) (média, DP)	68,54	19,10	86,39	16,69

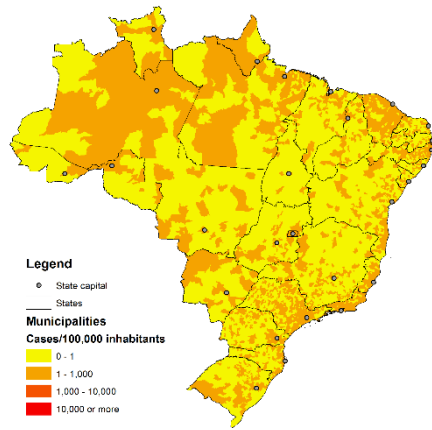
Domicílio conectado ao sistema de esgoto (%) (média, DP)	28,25	30,69	59,25	30,85
CARACTERÍSTICAS DE EMPREGO				
Trabalhadores do comércio (%) (média, DP)	10,16	4,14	17,30	2,86
Trabalhadores informais (%) (média, DP)	25,69	9,85	17,64	5,93
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICAS E DESIGUALDADES				
Índice GINI (2010) (média, DP)	0,501	0,066	0,525	0,055
Renda per capita (média, DP)	474,62	225,19	801,31	309,56
Pobres ou extremamente pobres (%) (média, DP)	32,52	17,35	16,57	8,72
Aglomerações urbanas informais (%) (média, DP)	0,60	3,2	8,0	11,2
SERVIÇOS DE SAÚDE, ACESSO E COBERTURA				
Médicos SUS /100.000 (média, DP)	68,06	66,48	153,02	98,33
Enfermeiros SUS /100.000 (média, DP)	90,30	44,36	111,88	55,08
UTI/100,000 (média, DP)	1,30	7,67	17,72	18,96

Os resultados da associação mostraram, em dias, os primeiros (menos dias) ou últimos (mais dias) dos desfechos analisados. Em geral, nos municípios menores (<100.000 habitantes), os primeiros casos foram reportados nas regiões Norte e Nordeste [β -26,293 (2,077) dias e β -19.052 (2.217) dias, respectivamente], nas áreas rurais, nos municípios com maior urbanização, moradores, e naqueles com maior acesso a saneamento, trabalho no comércio e saúde. Ainda, casos em municípios com menor proporção de residentes de etnia preta e idosos foram reportados por último. Em municípios maiores ($\geq$ 100.000 habitantes), os casos de COVID-19 foram reportados primeiro naquelas de área rural, com menor proporção de residentes de etnia preta, menor renda, moradores e reportados por último em municípios com alta taxa de analfabetismo ($p < 0,05$) (Tabela 3).

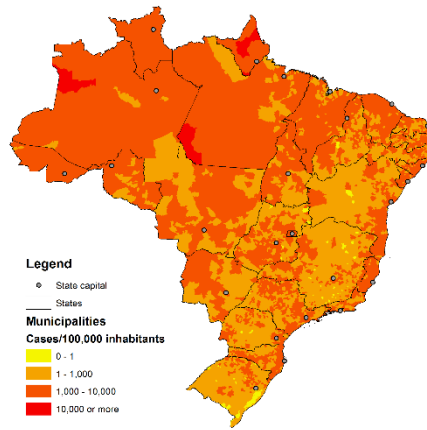
Em municípios menores (<100,000 habitantes), o número de dias para atingir 1.000 casos/100.000 habitantes foi reportado primeiro na região Nordeste, de áreas rurais, com maiores taxas de analfabetismo, de moradores, de acesso à água, de renda *per capita*, de aglomerações urbanas informais e de cobertura de saúde ($p < 0,05$). Os 1.000 casos/100.000 habitantes foram reportados, por último, nas regiões Sul e Sudeste, nas cidades metropolitanas, nos municípios com maiores taxas de proporção de idosos e nos municípios em extrema pobreza e desigualdade (Índice GINI), com mais trabalhadores no comércio, e aqueles com mais acesso à coleta de lixo. Em municípios maiores, os 1.000 casos/100.000 habitantes foram reportados primeiro na região Nordeste, em cidades com maior analfabetismo, renda *per capita*,

no entanto, atingiu depois cidades na região Sul, com maior proporção de idosos e residentes de etnia preta (Tabela 4).

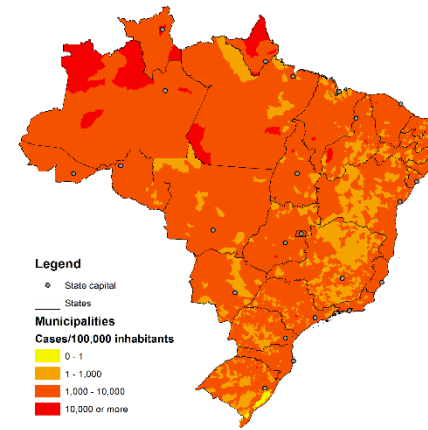
Os primeiros 50 óbitos/100.000 habitantes foram reportados antes em municípios menores (<100.000 habitantes) com maior proporção de idosos, analfabetos, com acesso à água, trabalhadores informais, renda, e aglomerados urbanos informais e alcançou depois municípios localizados na região Sudeste e Sul, com maior proporção de população indígena, maior acesso a saneamento, trabalhadores no comércio e desigualdades (GINI). Por fim, em municípios maiores, os 50 óbitos/100.000 habitantes atingiu primeiro cidades metropolitanas e com maior taxa de analfabetismo, ocupação e aglomerados urbanos informais, enquanto atingiu por último em municípios de maior população urbana (Tabela 5).



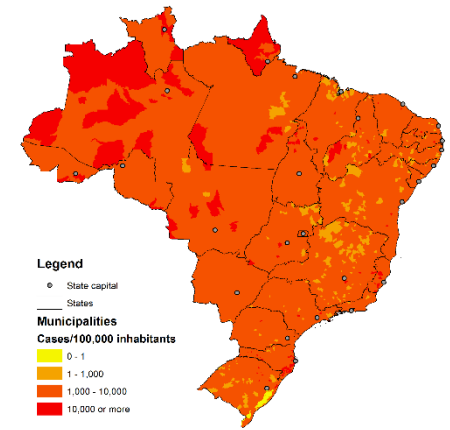
3 meses após 1º caso no Brasil



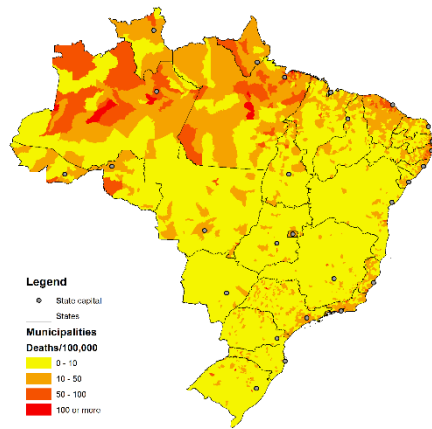
6 meses após 1º caso no Brasil



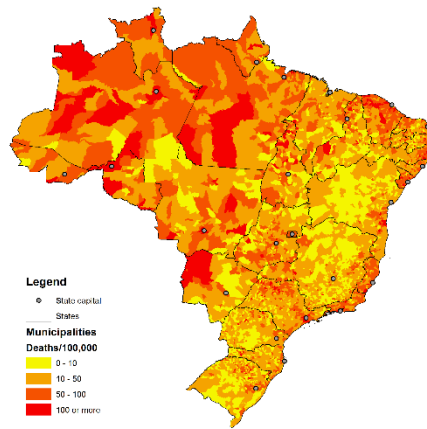
9 meses após 1º caso no Brasil



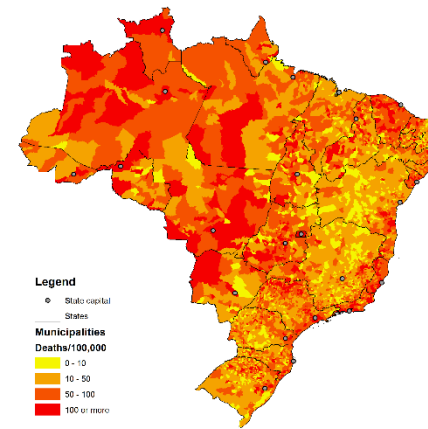
"12" meses após 1º caso no Brasil



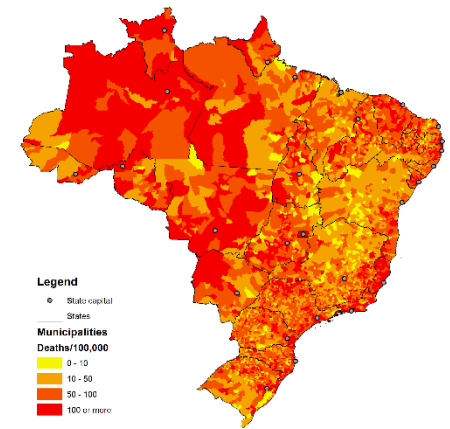
3 meses após 1º óbito no Brasil



6 meses após 1º óbito no Brasil



9 meses após 1º óbito no Brasil



"12" meses após 1º óbito no Brasil

Figura 6. Avanço da COVID-19 no Brasil após 1º caso e 1º óbito a cada 3, 6, 9 e 12 meses.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 3. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro caso da COVID-19 no Brasil até o primeiro caso no município (n=5.118).

		<100.000				≥100.000			
		β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p	β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p
REGIÃO GEOGRÁFICA									
Região (ref=Centro-Oeste)	Norte	-26,293 (2,077)	-0,382	-12,657	<0,001	-2,950 (2,741)	-0,112	-1,076	0,283
	Nordeste	-19,052 (2,217)	-0,157	-8,593	<0,001	0,593 (2,970)	0,016	0,200	0,842
	Sudeste	-2,533 (1,939)	-0,036	-1,306	0,192	3,181 (2,487)	0,152	1,279	0,202
	Sul	-1,957 (1,958)	-0,025	-1,000	0,317	-5,048 (2,715)	-0,179	-1,860	0,064
Metropolitano (ref=não)		8,900 (1,552)	0,075	5,736	<0,001	10,186 (5,180)	0,093	1,966	0,050
Rural (ref=urbano)		-3,928 (0,948)	-0,051	-4,143	<0,001	-2,744 (1,307)	-0,127	-2,100	0,037
CARACTERÍSTICAS SOCIAIS E AMBIENTAIS									
População urbana** (ref=baixo) ^a	Médio	1,104 (1,022)	0,025	1,597	0,110	-4,602 (4,015)	-0,093	-1,146	0,253
	Alto	-0,182 (1,393)	0,073	4,033	<0,001	-5,306 (4,021)	-0,128	-1,320	0,188
População acima de 60 anos ** (ref=baixo) ^a	Médio	1,716 (1,074)	-0,057	-4,570	<0,001	2,147 (1,317)	0,096	1,630	0,104
	Alto	4,950 (1,227)	-0,010	-0,513	0,608	1,912 (2,103)	0,050	0,909	0,364
População indígena ^a		-2,262 (0,495)	0,042	1,781	0,075	-1,590 (1,142)	-0,075	-1,392	0,165
População preta** (ref=baixo) ^a	Médio	-0,666 (1,300)	0,049	2,666	0,008	-6,222 (1,593)	-0,281	-3,907	<0,001
	Alto	2,863 (1,607)	0,019	0,638	0,524	-4,261 (2,175)	-0,192	-1,959	0,051
Analfabetos acima de 25 anos** (ref=baixo) ^a	Médio	3,369 (1,264)	-0,017	-1,232	0,218	4,096 (2,032)	0,144	2,015	0,045
	Alto	1,283 (2,012)	0,016	1,080	0,280	13,470 (3,810)	0,212	3,536	<0,001
Município em extrema pobreza (ref=não)		-1,179 (0,957)	-0,003	-0,131	0,896	2,836 (4,245)	0,033	0,668	0,505
CONDIÇÕES DE MORADIA									
Domicílio com densidade >2 por dormitório**		-0,717 (0,056)	0,033	2,325	0,020	-0,164 (0,082)	-0,177	-1,991	0,047
Domicílio com coleta de lixo**		0,096 (0,041)	-0,004	-0,263	0,793	-0,104 (0,187)	-0,038	-0,558	0,577
Domicílio conectado ao sistema de água**		-0,009 (0,036)	-0,075	-3,674	<0,001	0,158 (0,127)	0,095	1,244	0,214
Domicílio conectado ao sistema de esgoto**		-0,795 (0,216)	-0,289	-12,873	<0,001	-0,390 (0,276)	-0,115	-1,414	0,158
CARACTERÍSTICAS DE TRABALHO									
Comércio**		-2,213 (0,116)	-0,281	-19,109	<0,001	-0,314 (0,207)	-0,086	-1,515	0,131
Trabalhadores informais**		0,245 (0,055)	0,074	4,469	<0,001	0,136 (0,179)	0,077	0,761	0,447
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E DESIGUALDADES									
Índice GINI** (ref=baixo) ^a	Médio	-0,775 (0,977)	-0,011	-0,793	0,428	-1,847 (1,475)	-0,084	-1,252	0,211
	Alto	1,015 (1,163)	0,015	0,873	0,383	-3,645 (1,811)	-0,174	-2,012	0,045
Renda <i>per capita</i>		-0,049 (0,040)	-0,337	-12,360	<0,001	-0,015 (0,003)	-0,445	-5,010	<0,001
Aglomerações urbanas informais (%)		-0,546 (0,117)	-0,056	-4,665	<0,001	-0,022 (0,049)	-0,023	-0,437	0,662
SERVIÇOS DE SAÚDE E COBERTURA									
Cobertura de saúde (ref=baixo) ^a	Médio	-2,052 (0,914)	-0,030	-2,246	0,025	0,291 (2,041)	0,008	0,143	0,887
	Alto	0,241 (0,996)	0,003	0,242	0,809	-1,638 (1,706)	-0,066	-0,960	0,338

*aumento a cada 10 pontos percentuais; a: variáveis classificadas de acordo com tercís.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 4. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro caso da COVID-19 no município até atingir 1.000 casos/100.000 habitantes (n=4.848).

		<100.000				≥100.000			
		β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p	β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p
REGIÃO GEOGRÁFICA									
Região (ref=Centro-Oeste)	Norte	0,446 (4,495)	0,004	0,099	0,921	-12,400 (12,015)	-0,118	-1,032	0,303
	Nordeste	-23,410 (4,716)	-0,107	-4,964	<0,001	-29,493 (13,090)	-0,208	-2,253	0,025
	Sudeste	34,077 (4,168)	0,262	8,175	<0,001	3,855 (10,911)	0,047	0,353	0,724
	Sul	30,931 (4,152)	0,216	7,450	<0,001	29,782 (11,895)	0,268	2,504	0,013
Metropolitano (ref=não)		11,704 (3,384)	0,054	3,459	0,001	-14,601 (22,704)	-0,034	-0,643	0,521
Rural (ref=urbano)		-13,061 (2,004)	-0,095	-6,517	<0,001	-2,698 (5,725)	-0,032	-0,471	0,638
CARACTERÍSTICAS SOCIAIS E AMBIENTAIS									
População urbana** (ref=baixo) ^a	Médio	-3,185 (2,193)	-0,026	-1,453	0,146	-1,367 (19,155)	-0,007	-0,071	0,943
	Alto	-2,235 (2,954)	-0,018	-0,757	0,449	18,049 (19,205)	0,106	0,940	0,348
População acima de 60 anos ** (ref=baixo) ^a	Médio	4,685 (2,297)	0,037	2,040	0,041	13,375 (5,775)	0,151	2,316	0,021
	Alto	1,347 (2,615)	0,011	0,515	0,606	19,458 (9,229)	0,128	2,108	0,036
População indígena ^{aa}		2,016 (1,059)	0,028	1,903	0,057	-4,035 (5,013)	-0,048	-0,805	0,421
População preta** (ref=baixo) ^a	Médio	3,955 (2,755)	0,032	1,436	0,151	15,818 (6,981)	0,181	2,266	0,024
	Alto	2,417 (3,434)	0,019	0,704	0,482	24,327 (9,551)	0,276	2,547	0,011
Analfabetos acima de 25 anos** (ref=baixo) ^a	Médio	-8,994 (2,692)	-0,072	-3,341	0,001	-23,358 (9,200)	-0,208	-2,539	0,012
	Alto	-20,246 (4,353)	-0,163	-4,651	<0,001	-52,532 (17,560)	-0,210	-2,992	0,003
Município em extrema pobreza (ref=não)		5,133 (2,059)	0,040	2,492	0,013	26,610 (18,607)	0,080	1,430	0,154
CONDIÇÕES DE MORADIA									
Domicílio com densidade >2 por dormitório**		-0,756 (0,119)	-0,167	-6,365	<0,001	-0,323 (0,361)	-0,087	-0,895	0,372
Domicílio com coleta de lixo**		0,401 (0,091)	0,072	4,382	<0,001	-0,679 (0,930)	-0,054	-0,730	0,466
Domicílio conectado ao sistema de água**		-0,304 (0,078)	-0,074	-3,902	<0,001	-0,360 (0,562)	-0,052	-0,640	0,522
Domicílio conectado ao sistema de esgoto**		0,784 (0,461)	0,041	1,700	0,089	1,963 (1,214)	0,146	1,617	0,107
CARACTERÍSTICAS DE TRABALHO									
Comércio**		1,059 (0,246)	0,074	4,297	<0,001	0,255 (0,912)	0,018	0,280	0,780
Trabalhadores informais**		0,016 (0,118)	0,003	0,139	0,889	-1,097 (0,793)	-0,156	-1,385	0,167
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E DESIGUALDADES									
Índice GINI** (ref=baixo) ^a	Médio	10,570 (2,093)	0,084	5,049	<0,001	6,005 (6,479)	0,069	0,927	0,355
	Alto	11,131 (2,497)	0,088	4,459	<0,001	10,930 (7,942)	0,132	1,376	0,170
Renda <i>per capita</i>		-0,072 (0,008)	-0,275	-8,604	<0,001	-0,045 (0,013)	-0,338	-3,430	0,001
Aglomerações urbanas informais (%)		-0,608 (0,246)	-0,034	-2,468	0,014	-0,375 (0,217)	-0,101	-1,731	0,085
SERVIÇOS DE SAÚDE E COBERTURA									
Cobertura de saúde (ref=baixo) ^a	Médio	-4,543 (1,951)	-0,037	-2,329	0,020	14,816 (9,008)	0,109	1,645	0,101
	Alto	-5,034 (2,122)	-0,039	-2,372	0,018	-1,058 (7,554)	-0,011	-0,140	0,889

*aumento a cada 10 pontos percentuais; a: variáveis classificadas de acordo com tercís.

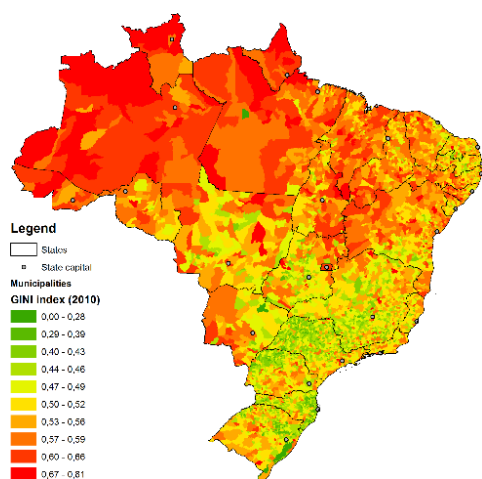
Fonte: O autor (2024)

Tabela 5. Fatores associados ao número de dias desde o primeiro óbito pela COVID-19 no município até atingir 50 óbitos/100.000 habitantes (n=2,991).

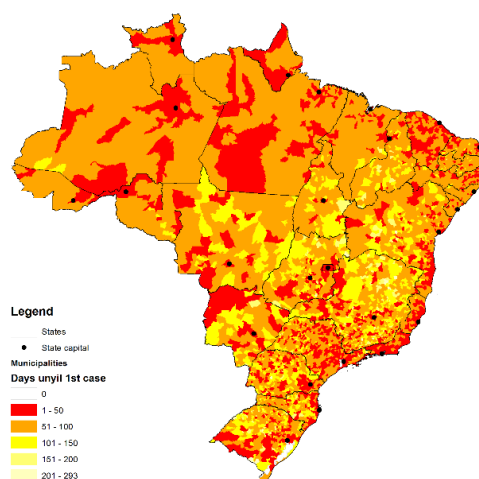
		<100,000				≥100,000			
		β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p	β (Erro Padrão)	Beta Std.	t	p
REGIÃO GEOGRÁFICA									
Região (ref=Centro-Oeste)	Norte	3,492 (6,905)	0,023	0,506	0,613	9,051 (15,367)	0,064	0,589	0,556
	Nordeste	-12,501 (6,879)	-0,053	-1,817	0,069	-13,391 (17,096)	-0,067	-0,783	0,434
	Sudeste	16,186 (6,170)	0,106	2,623	0,009	17,580 (14,023)	0,153	1,254	0,211
	Sul	24,356 (6,192)	0,148	3,934	<0,001	25,639 (15,423)	0,168	1,662	0,098
Metropolitano (ref=não)		4,566 (5,261)	0,018	0,868	0,386	-31,489 (34,325)	-0,044	-0,917	0,360
Rural (ref=urbano)		-1,242 (2,916)	-0,008	-0,426	0,670	-31,289 (7,593)	-0,263	-4,121	<0,001
CARACTERÍSTICAS SOCIAIS E AMBIENTAIS									
População urbana** (ref=baixo) ^a	Médio	0,263 (3,460)	0,002	0,076	0,939	30,909 (23,785)	0,109	1,299	0,195
	Alto	7,282 (4,447)	0,052	1,638	0,102	42,787 (24,063)	0,180	1,778	0,076
População acima de 60 anos ** (ref=baixo) ^a	Médio	-3,370 (3,448)	-0,023	-0,977	0,328	-0,174 (7,489)	-0,001	-0,023	0,981
	Alto	-13,833 (3,916)	-0,096	-3,533	<0,001	-20,592 (11,974)	-0,097	-1,720	0,087
População indígena ^a		8,535 (1,631)	0,101	5,234	<0,001	8,112 (6,647)	0,069	1,220	0,223
População preta** (ref=baixo) ^a	Médio	2,648 (4,173)	0,018	0,635	0,526	-16,381 (9,263)	-0,136	-1,768	0,078
	Alto	-4,679 (5,269)	-0,031	-0,888	0,375	6,936 (12,832)	0,057	0,540	0,589
Analfabetos acima de 25 anos** (ref=baixo) ^a	Médio	-16,464 (4,051)	-0,114	-4,064	<0,001	-35,871 (11,481)	-0,230	-3,124	0,002
	Alto	-15,513 (6,836)	-0,105	-2,269	0,023	-29,502 (21,245)	-0,087	-1,389	0,166
Município em extrema pobreza (ref=não)		3,242 (3,226)	0,021	1,005	0,315	10,882 (28,091)	0,019	0,387	0,699
CONDIÇÕES DE MORADIA									
Domicílio com densidade >2 por dormitório**		-0,157 (0,182)	-0,031	-0,864	0,388	-1,117 (0,486)	-0,217	-2,298	0,022
Domicílio com coleta de lixo**		-0,222 (0,160)	-0,030	-1,387	0,165	-0,405 (1,084)	-0,027	-0,374	0,709
Domicílio conectado ao sistema de água**		-0,558 (0,134)	-0,104	-4,165	<0,001	-0,563 (0,745)	-0,063	-0,756	0,451
Domicílio conectado ao sistema de esgoto**		2,087 (0,679)	0,096	3,075	0,002	0,641 (1,547)	0,034	0,414	0,679
CARACTERÍSTICAS DE TRABALHO									
Comércio**		2,643 (0,374)	0,159	7,059	<0,001	0,127 (1,178)	0,006	0,108	0,914
Trabalhadores informais**		-0,408 (0,182)	-0,058	-2,241	0,025	-1,472 (1,016)	-0,151	-1,450	0,148
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E DESIGUALDADES									
Índice GINI** (ref=baixo) ^a	Médio	13,371 (3,159)	0,092	4,233	<0,001	-4,583 (8,321)	-0,038	-0,551	0,582
	Alto	18,667 (3,853)	0,126	4,845	<0,001	-0,565 (10,203)	-0,005	-0,055	0,956
Renda <i>per capita</i>		-0,028 (0,013)	-0,092	-2,192	0,028	-0,011 (0,017)	-0,062	-0,670	0,504
Aglomerações urbanas informais (%)		-1,299 (0,307)	-0,077	-4,228	<0,001	-1,342 (0,277)	-0,267	-4,841	<0,001
SERVIÇOS DE SAÚDE E COBERTURA									
Cobertura de saúde (ref=baixo) ^a	Médio	1,897 (2,988)	0,013	0,635	0,526	-8,017 (11,522)	-0,043	-0,696	0,487
	Alto	-4,451 (3,191)	-0,031	-1,395	0,163	-7,042 (9,630)	-0,051	-0,731	0,465

*aumento a cada 10 pontos percentuais; a: variáveis classificadas de acordo com tercís.

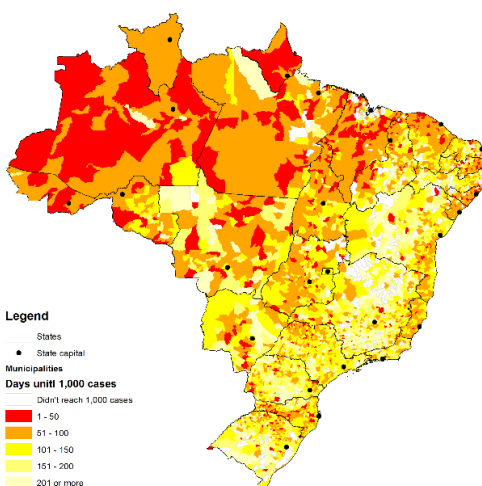
Fonte: O autor (2024)



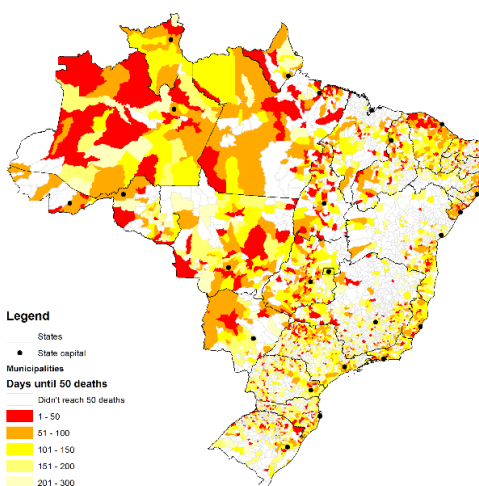
Índice GINI



Dias até o primeiro caso (em relação ao 1º caso no Brasil)



Dias até 1.000 casos/100.000 habitantes (em relação ao 1º caso no município)



Dias até 50 óbitos/100.000 habitantes (em relação ao 1º óbito no município)

Figura 7. Características sociais e avanço da COVID-19 em dias considerando casos e óbitos.

Fonte: O autor (2024).

7. RESULTADOS – ESTUDO LOCAL

Dos 200.513 casos identificados inicialmente, 162.566 endereços disponíveis foram válidos, com 37.947 (19.3%) dados omissos. Apenas 856 (0.4%) não foram geolocalizados. Crianças e adolescentes representaram 13.406 (6.6%), com a amostra analítica final de 148.304 indivíduos. Em geral, a amostra foi composta de mulheres (53,0%), entre 18 e 39 anos (47,1%), com pelo menos uma comorbidade (13,0%), sendo hipertensão (5,7%), diabetes (4,3%), doença cardiovascular (1,7%), sobrepeso/obesidade (1,3%) e doença respiratória (1,2%). Imunodeficiência, câncer e doença renal apresentaram proporções inferiores a 1%. Foram registradas 15.727 hospitalizações (10,6%) e 4.119 óbitos (2,8%) no período de análise do estudo (Tabela 6).

Quando testada a associação bruta para todo o período com o desfecho na taxa de hospitalizações, mulheres tiveram menor chance quando comparadas aos homens (OR: 0,65; IC_{95%}: 0,63-0,68; $p < 0,05$). As faixas etárias de 40-59 anos (OR: 4,13; IC_{95%}: 3,92-4,34; $p < 0,05$) e ≥ 60 anos (OR: 14,71; IC_{95%}: 13,97-15,49; $p < 0,05$) apresentaram maior chance de hospitalização, assim como a presença de comorbidades (OR: 4,82, IC_{95%}: 4,64-5,00; $p < 0,05$). Todas as comorbidades individualmente analisadas foram positivamente associadas a maior chance de hospitalização. Nas variáveis ambientais, houve maior chance de associação em relação ao desfecho com o aumento dos quartis de renda e densidade comercial. A densidade populacional apresentou associação positiva no 2º quartil e de maneira inversa com o 4º quartil de idosos. Na análise ajustada, as associações a nível individual se mantiveram e a nível ambiental, apenas relacionado ao 3º e 4º quartis de renda (OR: 1,12; IC_{95%}: 1,05-1,20; $p < 0,05$; OR: 1,13; IC_{95%}: 1,06-1,21; $p < 0,05$) respectivamente, bem como os dois quartis superiores de densidade comercial (OR: 1,07; IC_{95%}: 1,00-1,14; $p < 0,05$; OR: 1,07; IC_{95%}: 1,00-1,15; $p < 0,05$) (Tabela 8).

Quanto à letalidade, mulheres apresentaram menor chance de morte e faixa etária foi associada positivamente. A presença e tipo de comorbidades também estiveram positivamente associadas ao desfecho. Nas variáveis ambientais, renda e densidade comercial se mostraram positivamente associadas, enquanto densidade populacional apresentou associação (2º e 3º quartil). No modelo ajustado, as associações a nível individual se mantiveram, enquanto apenas o maior quartil de renda (OR: 1,26; IC_{95%}: 1,09-1,45; $p < 0,05$) e o 3º quartil de densidade populacional

(OR: 1,16; IC_{95%}: 1,01-1,32; $p < 0,05$) foram positivamente associados ($p < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 6. Características descritivas das variáveis do estudo local. Curitiba, Paraná, Brasil (n=148.304).

Variables	Categoria	n	%
Individual (1º nível)^a			
Sexo	Masculino	69.658	47,0
	Feminino	78.646	53,0
Faixa etária	18-39 anos	69.792	47,1
	40-59 anos	54.940	37,0
	≥60 anos	23.572	15,9
Comorbidades	Sim	19.218	13,0
Doença cardiovascular	Sim	2.522	1,7
Sobrepeso/Obesidade	Sim	1.878	1,3
Hipertensão	Sim	8.431	5,7
Diabetes	Sim	6.409	4,3
Câncer	Sim	541	0,4
Doença renal	Sim	336	0,2
Doença respiratória	Sim	1.768	1,2
Imunodeficiência	Sim	1.073	0,7
Ambiental (2º nível)^b			
Renda (R\$)	1º quartil (baixo)	36.455	24,6
	2º quartil	36.876	24,9
	3º quartil	37.254	25,1
	4º quartil (alto)	37.719	25,4
Densidade populacional (hab/km ²)	1º quartil (baixo)	36.977	24,9
	2º quartil	37.198	25,1
	3º quartil	37.040	25,0
	4º quartil (alto)	37.089	25,0
Densidade comercial (comércios/km ²)	1º quartil (baixo)	36.527	24,6
	2º quartil	37.007	25,0
	3º quartil	37.191	25,1
	4º quartil (alto)	37.579	25,3
Número de idosos	1º quartil (baixo)	37.402	25,2
	2º quartil	37.091	25,0

	3º quartil	37.014	25,0
	4º quartil (alto)	36.797	24,8
COVID-19			
Hospitalização	Sim	15.727	10,6
Óbitos	Sim	4.119	2,8
Trimestre	Março-Maio 2020	811	0,5
	Junho-Agosto 2020	20.484	13,8
	Setembro-Novembro 2020	30.455	20,5
	Dezembro 2020-Fevereiro 2021	42.794	29,0
	Março-Maio 2021	53.760	36,2

Fonte: O autor (2024).

Tabela 7. Comparação entre as proporções das variáveis individuais e ambientais com hospitalização e óbitos pela COVID-19 de adultos. Curitiba, Paraná, Brasil. 2020-2021 (n=148.304).

		Hospitalização (n=15.727)			Óbitos (n=4.119)		
Variáveis	Categoria	n	%	p	n	%	p
Individual (1º nível) ^a							
Sexo	Masculino	8.850	12.7	<0,001	2.427	3,5	<0,001
	Feminino	6.877	8.7		1.692	2,2	
Faixa etária	18-39 anos	2.108	3.0	<0,001	182	0,3	<0,001
	40-59 anos	6.248	11.4		1.122	2,0	
	≥60 anos	7.371	31.3		2.815	11,9	
Comorbidades	Não	10.180	7.9	<0,001	1.179	0,9	<0,001
	Sim	5.547	28.9		2.490	15,3	
Doença cardiovascular	Não	14.037	9.6	<0,001	2.624	1,8	<0,001
	Sim	1.690	67.0		1.495	59,3	
Sobrepeso/Obesidade	Não	14.947	10.2	<0,001	3.511	2,4	<0,001
	Sim	780	41.5		608	32,4	
Hipertensão	Não	13.240	9.5	<0,001	2.891	2,1	<0,001
	Sim	2.487	29.5		1.228	14,6	
Diabetes	Não	13.476	9.5	<0,001	2.915	2,1	<0,001
	Sim	2.251	35.1		1.204	18,8	
Câncer	Não	15.428	10.4	<0,001	3.847	2,6	<0,001
	Sim	299	55.3		272	50,3	
Doença renal	Não	15.478	10.5	<0,001	3.907	2,6	<0,001
	Sim	249	74.1		212	63,1	
Doença respiratória	Não	15.218	10.4	<0,001	3.754	2,6	<0,001
	Sim	509	28.8		365	20,6	
Imunodeficiência	Não	15.582	10.6	0,002	4.074	2,8	0,005
	Sim	145	13.5		45	4,2	
Ambiental (2º nível) ^b							
Renda (R\$)	1º quartil (baixo)	3.372	9,2	<0,001	846	2,3	<0,001
	2º quartil	3.733	10,1		960	2,6	
	3º quartil	4.184	11,2		1.093	2,9	
	4º quartil (alto)	4.438	11,8		1.220	3,2	
Densidade populacional (hab/km²)	1º quartil (baixo)	3.772	9,1	0,001	943	2,2	<0,001
	2º quartil	4.106	10,5		1.105	2,7	
	3º quartil	3.998	11,2		1.095	3,1	
	4º quartil (alto)	3.851	11,6		976	3,2	

Densidade comercial (comércios/km ²)	1º quartil (baixo)	3.307	10,2	<0,001	793	2,6	<0,001
	2º quartil	3.870	11,0		989	3,0	
	3º quartil	4.178	10,8		1.146	3,0	
	4º quartil (alto)	4.372	10,4		1.191	2,6	
Número de idosos	1º quartil (baixo)	4.068	10,9	0,013	1.049	2,8	0,338
	2º quartil	4.015	10,8		1.072	2,9	
	3º quartil	3.878	10,5		993	2,7	
	4º quartil (alto)	3.766	10,2		1.005	2,7	

Fonte: O autor (2024).

Quando testada a associação entre hospitalização por período, na análise bruta, em todos os trimestres analisados, as mulheres tiveram menor chance de hospitalização. A faixa etária teve associação positiva com hospitalização, da mesma forma comorbidades e tipo de comorbidade em todos os períodos, exceto doença cardiovascular e respiratória no 1º trimestre. Nas variáveis ambientais, a maior renda foi inversamente associada no 1º trimestre e posteriormente foi associada positivamente no 3º e 5º trimestres ($p < 0,05$) (Tabela 9).

Em relação à associação testada com os óbitos, mulheres tiveram menor chance de óbito a partir do segundo trimestre. Houve maior chance de óbitos com o aumento da faixa etária e o tipo de comorbidade na maior parte dos períodos analisados. A presença de comorbidade foi inversamente associada nos 2º e 5º trimestres. Nas variáveis ambientais, houve associação positiva com os maiores quartis de renda nos 4º e 5º trimestres. A densidade populacional foi positivamente associada no segundo e terceiro quartil no 1º trimestre e no segundo quartil do 2º trimestre. Por fim, a densidade comercial foi associada de maneira negativa no segundo quartil no 1º trimestre (Tabela 10).

Tabela 8. Regressão logística multinível bruta e ajustada de hospitalização e óbito com as variáveis individuais e ambientais para todo o período. Curitiba, Paraná, Brasil. 2020-2021 (n=148.304).

		Hospitalização (n=15.727)				Óbitos (n=4.119)			
				Bruta	Ajustada ^c			Bruta	Ajustada ^c
Variáveis	Categoria	n	%	OR (IC _{95%})	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	OR (IC _{95%})
Individual (1º nível) ^a									
Sexo	Masculino	8.850	12,7	1	1	2.427	3,5	1	1
	Feminino	6.877	8,7	0,65 (0,63-0,68)*	0,59 (0,56-0,61)*	1.692	2,1	0,60 (0,57-0,64)*	0,51 (0,47-0,56)*
Faixa etária	18-39 anos	2.108	3,0	1	1	182	0,3	1	1
	40-59 anos	6.248	11,4	4,13 (3,92-4,34)*	3,57 (3,39-3,76)*	1.122	2,0	7,98 (6,82-9,34)*	5,48 (4,62-6,51)*
	≥60 anos	7.371	31,3	14,71 (13,97-15,49)*	12,06 (11,41-12,74)*	2.815	11,9	52,35 (45,01-60,88)*	39,46 (33,14-46,99)*
Comorbidades	Não	10.180	7,9	1		1.179	0,9	1	
	Sim	5.547	28,9	4,82 (4,64-5,00)*	* ^d	2.940	15,3	20,24 (18,86-21,73)*	* ^d
Doença Cardiovascular	Não	14.037	9,6	1	1	2.624	1,8	1	1
	Sim	1.690	67,0	19,42 (17,82-21,16)*	8,59 (7,77-9,49)*	1.495	59,3	83,72 (76,29-91,86)*	50,19 (44,24-56,95)*
Sobrepeso/Obesidade	Não	14.947	10,2	1	1	3.511	2,4	1	1
	Sim	780	41,5	6,32 (5,75-6,95)*	7,79 (6,94-8,74)*	608	32,4	20,26 (18,23-22,51)*	57,67 (49,03-67,82)*
Hipertensão	Não	13.240	9,5	1	1	2.891	2,1	1	1
	Sim	2.487	29,5	4,07 (3,87-4,29)*	1,63 (1,54-1,74)*	1.228	14,6	8,30 (7,72-8,92)*	2,52 (2,26-2,81)*
Diabetes	Não	13.476	9,5	1	1	2.915	2,0	1	1
	Sim	2.251	35,1	5,22 (4,94-5,52)*	2,35 (2,20-2,51)*	1.204	18,8	11,25 (10,44-12,11)*	3,50 (3,12-3,93)*
Câncer	Não	15.428	10,4	1	1	3.847	2,6	1	1
	Sim	299	55,3	10,81 (9,10-12,84)*	6,04 (4,86-7,49)*	272	50,3	39,60 (33,19-47,24)*	44,81 (34,35-58,44)*
Doença renal	Não	15.478	10,5	1	1	3.907	2,6	1	1
	Sim	249	74,1	24,84 (19,41-31,79)*	8,80 (6,47-11,97)*	212	63,1	66,05 (52,50-83,11)*	28,98 (19,95-42,08)*
Doença respiratória	Não	15.218	10,4	1	1	3.754	2,6	1	1
	Sim	509	28,8	3,53 (3,17-3,92)*	3,64 (3,18-4,16)*	365	20,6	10,17 (9,01-11,49)*	17,55 (14,30-21,53)*

Imunodeficiência	Não	15.582	10,6	1	1	4.074	2,8	1	1
	Sim	145	13,5	1,31 (1,10-1,57)*	2,04 (1,69-2,47)*	45	4,2	1,54 (1,14-2,08)*	5,31 (3,60-7,82)*
Ambiental (2º nível)^b									
Renda (R\$)	1º baixo	3.372	9,2	1	1	846	2,3	1	1
	2º	3.733	10,1	1,10 (1,04-1,17)*	1,03 (0,97-1,10)	960	2,6	1,12 (1,01-1,24)*	1,02 (0,89-1,16)
	3º	4.184	11,2	1,24 (1,17-1,31)*	1,12 (1,05-1,20)*	1.093	2,9	1,27 (1,14-1,40)*	1,10 (0,96-1,26)
	4º alto	4.438	11,8	1,31 (1,24-1,38)*	1,13 (1,06-1,21)*	1.220	3,2	1,41 (1,28-1,55)*	1,26 (1,09-1,45)*
Densidade populacional (hab/km²)	1º baixo	3.772	10,2	1	1	943	2,5	1	1
	2º	4.106	11,0	1,07 (1,01-1,13)*	1,02 (0,96-1,09)	1.105	3,0	1,14 (1,04-1,26)*	1,12 (0,99-1,27)
	3º	3.998	10,8	1,03 (0,98-1,09)	1,03 (0,96-1,09)	1.095	3,0	1,13 (1,02-1,25)*	1,16 (1,01-1,32)*
	4º alto	3.851	10,4	0,99 (0,94-1,05)	1,00 (0,94-1,07)	976	2,6	1,00 (0,90-1,11)	1,00 (0,87-1,15)
Densidade comercial (comércios/km²)	1º baixo	3.307	9,0	1	1	793	2,2	1	1
	2º	3.870	10,5	1,16 (1,09-1,22)*	1,03 (0,96-1,09)	989	2,7	1,22 (1,10-1,35)*	0,98 (0,85-1,12)
	3º	4.178	11,2	1,25 (1,18-1,32)*	1,07 (1,00-1,14)*	1.146	3,1	1,41 (1,27-1,56)*	1,10 (0,95-1,26)
	4º alto	4.372	11,6	1,31 (1,24-1,38)*	1,07 (1,00-1,15)*	1.191	3,2	1,46 (1,32-1,61)*	1,11 (0,96-1,28)
Número de idosos	1º baixo	4.068	10,9	1	1	1.049	2,8	1	1
	2º	4.015	10,8	0,99 (0,94-1,04)	1,00 (0,95-1,06)	1.072	2,9	1,03 (0,93-1,13)	1,09 (0,97-1,22)
	3º	3.878	10,5	0,95 (0,90-1,01)	0,97 (0,92-1,03)	993	2,7	0,95 (0,86-1,04)	0,97 (0,86-1,09)
	4º alto	3.766	10,2	0,93 (0,88-0,98)*	0,96 (0,91-1,02)	1.005	2,7	0,96 (0,87-1,06)	1,04 (0,92-1,17)

^a1º nível: variáveis individuais ^b2º nível: setores censitários; OR: odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%; ^cajustado para todas as variáveis; ^dvariável excluída do modelo final; *p<0,05.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 9. Regressão logística binária multinível ajustada^c da hospitalização com variáveis individuais e ambientais de adultos por período. Curitiba, Paraná, Brasil. 2020-2021 (n=148.304).

Variáveis	Categoria	Hospitalização (n=15.727)														
		1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre			5º Trimestre		
		(Março-Maio 2020)			(Junho-Agosto 2020)			(Setembro-Novembro 2020)			(Dezembro 2020-Fevereiro 2021)			(Março-Maio 2021)		
		n= 811			n=20.484			n=30.455			n=42.794			n=53.760		
		n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})
Individual (1º nível)*																
Sexo	Masculino	170	41,7	1	1.762	18,2	1	1.329	9,3	1	1.928	9,7	1	3.661	14,4	1
	Feminino	110	27,3	0,52 (0,34-0,80)*	1.343	12,4	0,59 (0,54-0,64)*	1.091	6,8	0,62 (0,56-0,68)*	1.585	6,9	0,60 (0,56-0,65)*	2.748	9,7	0,57 (0,54-0,60)*
Faixa etária	18-39 anos	44	15,5	1	437	4,8	1	300	1,9	1	373	1,8	1	954	3,9	1
	40-59 anos	111	34,8	2,61 (1,50-4,53)*	1.159	15,1	3,06 (2,72-3,45)*	881	8,4	3,99 (3,48-4,58)*	1.270	8,3	4,18 (3,71-4,72)*	2.827	13,4	3,19 (2,94-3,45)*
	≥60 anos	125	60,1	10,66 (4,92-23,10)*	1.509	40,0	10,13 (8,91-11,53)*	1.239	28,8	16,34 (14,13-18,90)*	1.870	26,6	17,10 (15,14-19,33)*	2.628	31,8	10,34 (9,50-11,26)*
Comorbidades	Não	172	25,5	1	1.767	10,6	1	1.363	5,3	1	2.283	6,1	1	4.595	9,5	1
	Sim	108	79,4	*c	1.338	34,3	*c	1.057	22,7	*c	1.230	23,3	*c	1.814	34,6	*c
Doença Cardiovascular	No	261	33,3	1	2.763	13,8	1	2.156	7,2	1	3.125	7,4	1	5.732	10,8	1
	Yes	19	70,4	1.95 (0,59-6,43)	342	71,2	6,90 (5,46-8,73)*	264	59,7	10,62 (8,38-13,45)*	388	60,4	9,44 (7,73-11,52)*	677	72,7	8,33 (6,98-9,95)*
Sobrepeso/Obesidade	No	271	33,8	1	3.011	14,9	1	2.306	7,7	1	3.355	7,9	1	6.004	11,3	1
	Yes	9	90,0	35,59 (2,49-508,19)*	94	34,8	3,66 (2,67-5,02)*	114	31,1	8,37 (6,31-11,11)*	158	33,6	7,99 (6,23-10,25)*	405	53,1	9,84 (8,21-11,78)*
Hipertensão	No	232	31,0	1	2.401	13,0	1	1.880	6,7	1	3.041	7,5	1	5.686	10,9	1
	Yes	48	77,4	4,25 (1,81-10,00)*	704	34,8	1,36 (1,20-1,54)*	540	23,4	1,47 (1,29-1,68)*	472	20,7	1,38 (1,21-1,57)*	723	41,1	3,14 (2,77-3,56)*
Diabetes	No	232	30,6	1	2.536	13,3	1	1.990	6,9	1	3.000	7,3	1	5.718	11,0	1
	Yes	48	90,6	15,16 (4,15-55,41)*	569	40,2	1,99 (1,73-2,28)*	430	27,3	2,13 (1,84-2,46)*	513	29,8	2,51 (2,19-2,88)*	691	41,9	3,23 (2,84-3,68)*
Câncer	No	274	34,0	1	3.013	14,8	1	2.379	7,8	1	3.444	8,1	1	6.318	11,8	1
	Yes	6	100,0	*	92	71,3	8,20 (5,14-13,08)*	41	39,8	5,46 (3,27-9,12)*	69	46,9	6,42 (4,20-9,79)*	91	58,3	4,92 (3,25-7,46)*
Doença renal	No	273	34,0	1	3.039	15,9	1	2.38	7,8	1	3.455	8,1	1	6.323	11,8	1
	Yes	7	100,0	*	66	84,6	12,48 (6,02-25,85)*	32	60,4	9,75 (4,88-19,48)*	58	70,7	12,29 (6,59-22,93)*	86	74,1	4,85 (2,82-8,35)*
Doença respiratória	No	269	33,7	1	2.995	14,8	1	2.335	7,8	1	3.404	8,0	1	6.215	11,7	1
	Yes	11	91,7	10,56 (0,65-169,68)*	110	37,9	3,38 (2,48-4,59)*	85	22,6	4,26 (3,09-5,88)*	109	24,3	4,53 (3,41-6,01)*	194	30,2	3,12 (2,50-3,89)*

Imunodeficiência	No	274	34,1	1	3.070	15,1	1	2.395	7,9	1	3.485	8,2	1	6.358	11,9	1
	Yes	6	85,7	34,87 (2,63-461,76)*	35	20,7	2,27 (1,50-3,43)*	25	10,9	2,66 (1,70-4,16)*	28	9,2	2,18 (1,45-3,29)*	51	14,0	1,57 (1,13-2,19)*
Ambiental (2º nível) ^b																
Renda (R\$)	1º baixo	65	53,3	1	726	14,9	1	467	6,5	1	689	7,1	1	1.425	9,7	1
	2º	53	42,1	0,48 (0,22-1,07)	752	14,7	0,95 (0,83-1,09)	566	7,6	1,13 (0,97-1,32)	783	7,7	0,97 (0,85-1,11)	1.579	11,2	1,10 (1,00-1,22)*
	3º	57	34,8	0,54 (0,25-1,18)	769	15,3	0,95 (0,82-1,10)	645	8,5	1,24 (1,06-1,46)*	947	8,5	1,06 (0,93-1,21)	1.766	13,2	1,28 (1,16-1,42)*
	4º alto	105	26,3	0,24 (0,11-0,51)*	858	15,6	0,93 (0,80-1,07)	742	9,0	1,26 (1,07-1,49)*	1.094	9,2	1,07 (0,94-1,22)	1.639	14,0	1,34 (1,20-1,49)*
Densidade populacional (hab/km²)	1º baixo	65	26,5	1	746	14,7	1	593	7,8	1	880	8,1	1	1.488	11,3	1
	2º	72	34,1	1,62 (0,87-3,02)	835	16,4	1,12 (0,98-1,28)	658	8,5	1,03 (0,89-1,19)	882	8,1	0,92 (0,82-1,04)	1.659	12,4	1,01 (0,92-1,12)
	3º	62	39,2	1,04 (0,51-2,12)	761	14,8	0,98 (0,85-1,13)	606	8,1	1,01 (0,86-1,17)	882	8,3	0,97 (0,85-1,10)	1.687	12,3	1,08 (0,98-1,19)
	4º alto	81	41,1	1,34 (0,68-2,65)	763	14,7	0,97 (0,84-1,12)	563	7,4	0,94 (0,81-1,10)	869	8,3	0,98 (0,86-1,11)	1.575	11,6	1,04 (0,94-1,16)
Densidade comercial (comércios/km²)	1º baixo	58	35,0	1	702	14,6	1	481	6,6	1	691	6,7	1	1.375	9,8	1
	2º	72	35,5	1,06 (0,54-2,11)	715	14,3	0,89 (0,78-1,03)	604	7,9	1,00 (0,86-1,17)	884	8,2	1,11 (0,97-1,26)	1.595	11,9	1,05 (0,95-1,16)
	3º	62	34,8	0,69 (0,33-1,44)	850	15,9	1,00 (0,86-1,15)	641	8,4	1,08 (0,92-1,27)	941	8,8	1,13 (0,98-1,29)	1.684	12,6	1,08 (0,97-1,19)
	4º alto	88	33,3	1,24 (0,58-2,60)	838	15,6	0,94 (0,81-1,10)	694	8,8	1,07 (0,91-1,27)	997	9,0	1,12 (0,98-1,29)	1.755	13,6	1,11 (0,99-1,23)
Número de idosos	1º baixo	67	31,6	1	816	15,6	1	657	8,3	1	910	8,4	1	1.618	12,2	1
	2º	64	32,6	0,92 (0,50-1,69)	771	14,9	0,95 (0,84-1,07)	615	8,0	1,00 (0,87-1,14)	884	8,4	1,11 (0,97-1,26)	1.681	12,4	1,02 (0,93-1,11)
	3º	67	34,7	1,50 (0,80-2,82)	788	15,7	1,01 (0,90-1,15)	564	7,6	0,89 (0,77-1,02)	856	8,0	1,13 (0,98-1,29)	1.603	11,7	0,97 (0,89-1,06)
	4º alto	82	39,0	1,47 (0,80-2,71)	730	14,5	0,93 (0,82-1,06)	584	7,8	0,96 (0,84-1,10)	863	8,0	1,12 (0,98-1,29)	1.507	11,3	0,94 (0,86-1,03)

^a1º nível: variáveis individuais; ^b2º nível: setores censitários; OR: odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%; ^cajustado para todas as variáveis; ^dvariáveis excluídas do modelo final; *p<0,05.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 10. Regressão logística binária multinível ajustada^c de óbitos com variáveis individuais e ambientais de adultos por período, Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=148.304).

Variáveis	Categoria	Deaths (n=4,111)														
		1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre			5º Trimestre		
		(Março-Maio 2020)			(Junho-Agosto 2020)			(Setembro-Novembro 2020)			(Dezembro 2020-Fevereiro 2021)			(Março-Maio 2021)		
		n= 811			n=20.484			n=30.455			n=42.794			n=53.760		
		n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})	n	%	OR (IC _{95%})
Individual (1º nível)^a																
Sexo	Masculino	33	8,1	1	432	4,5	1	323	2,2	1	489	2,5	1	1,150	4,5	1
	Feminino	11	2,7	0,44 (0,16-1,18)	311	2,9	0,63 (0,51-0,78)*	231	1,4	0,52 (0,42-0,65)*	362	1,6	0,55 (0,45-0,66)*	777	2,7	0,45 (0,40-0,52)*
Faixa etária	18-39 anos	1	0,3	1	19	0,2	1	22	0,1	1	26	0,1	1	114	0,5	1
	40-59 anos	6	1,8	30,45 (1,27-728,44)*	159	2,1	7,59 (4,44-12,98)*	110	1,0	4,35 (2,69-7,03)	184	1,2	5,88 (3,76-9,19)*	663	3,1	4,41 (3,47-5,61)*
	≥60 anos	37	17,7	214,17 (8,75-5,237,43)*	565	15,0	59,43 (34,62-102,05)*	422	9,8	51,35 (32,20-81,91)	641	9,1	63,58 (40,65-99,43)*	1,150	13,9	35,08 (27,54-44,68)*
Comorbidades	Não	11	1,6	1	158	0,9	1	153	0,6	1	215	0,6	1	642	1,3	1
	Yes	33	24,3	1,72 (0,27-10,86)	585	15,0	0,44 (0,28-0,70)*	401	8,6	0,82 (0,53-1,28)	636	12,0	0,85 (0,54-1,34)	1,285	24,5	0,18 (0,11-0,32)*
Doença Cardiovascular	Não	33	4,2	1	438	2,2	1	353	1,18	1	503	1,2	1	1,297	2,4	1
	Yes	11	40,7	3,02 (0,44-20,46)	305	63,5	99,42 (61,45-160,84)*	201	45,4	52,91 (34,22-81,79)*	348	54,2	93,84 (60,71-145,04)*	630	67,7	198,70 (115,95-340,51)*
Sobrepeso/Obesidade	Não	40	5,0	1	678	3,3	1	489	1,63	1	737	1,7	1	1,567	3,0	1
	Yes	4	40,0	57,71 (4,91-677,44)*	65	24,1	55,24 (29,54-103,31)*	65	17,7	38,26 (21,70-67,46)*	114	24,2	74,92 (44,90-125,02)*	360	47,2	391,89 (225,46-681,19)*
Hipertensão	Não	30	4,0	1	464	2,5	1	380	1,35	1	655	1,6	1	1,362	2,6	1
	Yes	14	22,6	2,57 (0,49-13,34)	279	13,8	2,88 (1,99-4,16)*	174	7,5	1,82 (1,25-2,64)*	196	8,6	2,31 (1,61-3,30)*	565	32,2	55,51 (30,09-93,11)*
Diabetes	Não	31	4,1	1	495	2,60	1	398	1,38	1	573	1,4	1	1,418	2,7	1
	Sim	13	24,5	2,01 (0,51-7,82)	248	17,5	4,03 (2,87-5,67)*	156	9,9	2,60 (1,87-3,61)*	278	16,1	4,97 (3,54-6,98)*	509	30,9	39,02 (23,53-64,70)*
Câncer	Não	39	4,8	1	659	3,24	1	518	1,71	1	787	1,8	1	1,844	3,4	1
	Sim	5	83,3	45,72 (2,11-988,53)*	84	65,1	162,59 (78,51-336,70)*	36	34,9	48,52 (23,31-100,00)*	64	43,5	83,80 (44,14-159,08)*	83	53,2	117,76 (55,93-247,93)*

Doença renal	Não	39	4,8	1	683	3,35	1	534	1,76	1	804	1,9	1	1,847	3,4	1
	Sim	5	71,4	63,76 (3,95-1,028,21)*	60	76,9	124,83 (49,40-315,43)*	20	37,7	17,44 (6,15-49,46)*	47	57,3	53,93 (21,69-134,08)*	80	69,0	45,13 (18,71-108,85)*
Doença respiratória	Não	36	4,5	1	661	3,3	1	504	1,7	1	776	1,8	1	1,777	3,3	1
	Sim	8	66,7	17,78 (2,72-116,14)*	82	28,3	47,40 (25,91-86,71)*	50	13,3	13,82 (7,33-26,06)*	75	16,7	33,35 (18,65-59,63)*	150	23,4	65,42 (35,97-118,99)*
Imunodeficiência	Não	43	5,3	1	731	3,6	1	549	1,8	1	844	2,0	1	1,907	3,6	1
	Sim	1	14,3	0,31 (0,00-70,21)	12	7,1	15,73 (6,12-40,42)*	5	2,2	5,99 (1,78-20,18)*	7	2,3	9,86 (3,87-25,13)*	20	5,5	16,25 (6,83-38,63)*
Ambiental (2º nível) ^b																
Renda(R\$)	1º baixo	8	6,6	1	160	3,3	1	118	1,6	1	139	1,4	1	421	2,9	1
	2º	9	7,1	0,54 (0,11-2,53)	158	3,1	0,76 (0,54-1,06)	110	1,5	0,88 (0,62-1,24)	198	1,9	1,14 (0,84-1,54)	485	3,5	1,18 (0,97-1,43)
	3º	7	4,3	0,70 (0,13-3,70)	179	3,6	0,81 (0,57-1,14)	146	1,9	1,14 (0,80-1,61)	232	2,1	1,27 (0,93-1,72)	529	3,9	1,22 (1,00-1,50)*
	4º alto	20	5,0	0,89 (0,19-4,03)	246	4,5	1,05 (0,74-1,14)	180	2,2	1,28 (0,90-1,82)	282	2,4	1,37 (1,00-1,87)*	492	4,2	1,36 (1,10-1,68)*
Densidade populacional (hab/km²)	1º baixo	6	2,4	1	161	3,1	1	137	1,8	1	197	1,8	1	442	3,4	1
	2º	14	6,6	19,89 (3,02-130,95)*	213	4,2	1,47 (1,07-2,02)*	153	2,0	1,08 (0,77-1,47)	221	2,0	1,02 (0,77-1,36)	504	3,8	0,98 (0,81-1,19)
	3º	15	9,5	13,42 (2,00-90,03)*	181	3,5	1,17 (0,83-1,65)	138	1,8	1,13 (0,80-1,59)	231	2,2	1,09 (0,81-1,47)	530	3,9	1,14 (0,93-1,39)
	4º alto	9	4,6	2,74 (0,37-19,85)	188	3,6	1,09 (0,77-1,54)	126	1,7	0,98 (0,69-1,39)	202	1,9	1,10 (0,81-148)	451	3,3	0,92 (0,75-1,14)
Densidade comercial (comércios/km²)	1º baixo	7	4,2	1	143	3,0	1	113	1,6	1	139	1,3	1	391	2,8	1
	2º	7	3,4	0,14 (0,02-0,81)*	152	3,0	0,93 (0,66-1,33)	136	1,8	0,81 (0,58-1,14)	210	2,0	1,04 (0,77-1,41)	484	3,6	1,07 (0,88-1,32)
	3º	14	7,9	0,45 (0,09-2,12)	203	3,8	1,24 (0,88-1,76)	150	2,0	0,93 (0,66-1,32)	251	2,3	1,17 (0,86-1,60)	528	3,9	1,08 (0,87-1,33)
	4º alto	16	6,0	0,50 (0,08-2,89)	245	4,6	1,35 (0,94-1,95)	155	2,0	0,81 (0,56-1,17)	251	2,3	1,24 (0,89-1,71)	524	4,0	1,08 (0,86-1,35)
Número de idosos	1º baixo	10	4,7	1	215	4,1	1	157	1,99	1	216	2,0	1	451	3,4	1
	2º	12	6,1	2,06 (0,56-7,59)	177	3,4	0,83 (0,62-1,10)	140	1,83	1,03 (0,77-1,38)	213	2,0	1,11 (0,86-1,44)	530	3,9	1,19 (1,00-1,42)*
	3º	7	3,6	1,57 (0,37-6,66)	181	3,6	0,79 (0,59-1,05)	122	1,64	0,78 (0,58-1,06)	185	1,7	0,94 (0,72-1,22)	498	3,6	1,17 (0,98-1,40)
	4º alto	15	7,1	2,38 (0,66-8,53)	170	3,4	0,83 (0,62-1,11)	135	1,80	0,99 (0,73-1,33)	237	2,2	1,23 (0,95-1,59)	448	3,4	1,05 (0,87-1,26)

^a1º nível: variáveis individuais ^b2º nível: setores censitários; OR: odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%; ^cajustado para todas as variáveis; ^dvariável excluída do modelo; *p<0,05.

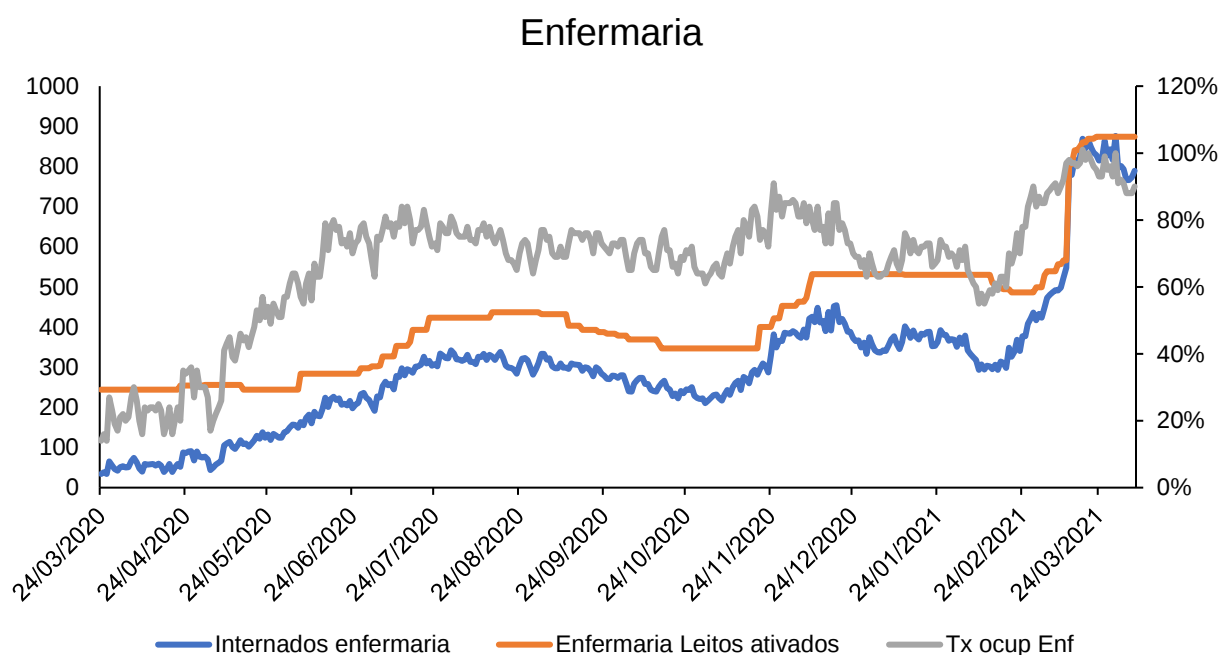


Figura 8 – Ocupação e leitos disponíveis de enfermaria nos hospitais de Curitiba-PR, 2020-2021.

Fonte: O autor (2024)

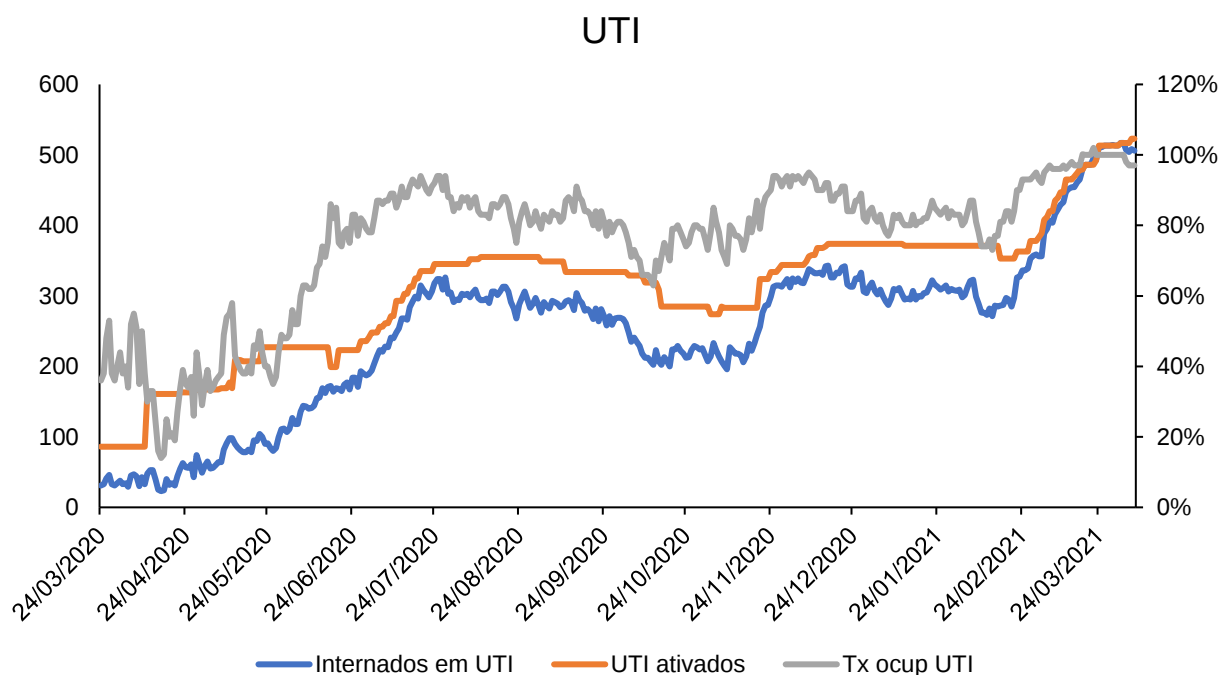


Figura 9 – Ocupação e leitos disponíveis de Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) nos hospitais de Curitiba-PR, 2020-2021.

Fonte: O autor (2024)

Na análise ecológica, a partir dos 200.513 indivíduos, um total de 162.566 casos tinham endereços completos (19,3% perdas) e 856 (0,4%) não foram identificados. A amostra analítica incluiu 161.710 indivíduos, entre eles 4.123 óbitos (2,54%) foram registrados durante o período do estudo. A média de incidência de casos na cidade foi de 9.258,00 ($\pm 5.110,84$) e de óbitos 203,25 ($\pm 282,06$) a cada 100.000 habitantes. A incidência de casos aumentou progressivamente em todos os períodos do estudo, enquanto os óbitos tiveram seu pico no 2º trimestre e com declínio subsequente até o período final (Tabela 11). A distribuição espacial da incidência de casos seguiu da região central para as periféricas, enquanto os óbitos não apresentaram um padrão claro de distribuição (Figura 10).

Na análise da autocorrelação espacial global (Índice de Moran), houve agrupamento nos casos em todo o período analisado e em cada trimestre, enquanto os óbitos apenas no 1º trimestre (Tabela 11). A incidência bem como os agrupamentos de alta incidência de casos foram identificados inicialmente próximo à região central da cidade e, posteriormente, nas áreas mais distais (Figura 11), onde a renda e a densidade populacional são menores (Figura 12).

A análise bruta apresentou, quando testado todo o período, associação inversamente proporcional à densidade populacional e ao número de idosos residentes nos setores censitários com alta incidência de casos ($p < 0,05$). Esses padrões foram observados, aproximadamente, em todos os trimestres analisados. Embora tenham sido observados padrões claros com a densidade comercial, a renda e os agrupamentos de alta incidência, elas não foram encontradas na análise de todo o período. Essas associações foram observadas em todos os trimestres analisados ($p < 0,05$) (Tabela 15). Na análise ajustada para todas as variáveis, a densidade comercial, a renda e a densidade populacional se mantiveram associadas no modelo. O número de idosos residentes nos setores censitários foi associado a maior incidência de agrupamento de casos na análise de todo o período ($p < 0,05$) (Tabela 16).

O agrupamento da alta incidência de óbitos foi identificado apenas no 1º trimestre do estudo (Tabela 17). A distribuição espacial seguiu padrões similares aos casos no 1º trimestre, indicando que o maior número de óbitos se concentrou em regiões maiores, onde a renda e a densidade populacional também eram maiores (Figura 11). No modelo bruto, a análise apresentou uma associação inversa com a renda no 1º trimestre do estudo, de maneira similar com a densidade comercial

($p < 0,05$). Após ajuste para as covariáveis do estudo ecológico, somente densidade comercial se manteve associada às áreas com alta incidência de óbitos (Tabela 17).

Tabela 11. Características descritivas da cidade de Curitiba-PR, de acordo com os setores censitários (n=2.395).

Período (trimestres)	Incidência de casos (n=161.710)				Incidência de óbitos (n=4.123)			
	Média (DP)	Mediana (AIQ)	Min	Max	Média (DP)	Mediana (AIQ)	Min	Max
1º trimestre Março-Maio(2020)	49,72 (115,09)	0,00 (0,00)	0,00	1.851,85	1,88 (16,34)	0,00 (0,00)	0,00	225,73
2º trimestre Junho-Agosto (2020)	1.265,90 (867,07)	1.151,46 (846,47)	0,00	15.258,21	8,44 (98,56)	0,00 (0,00)	0,00	4.545,45
3º trimestre Setembro-Novembro (2020)	1.919,61 (1.213,02)	1.760,17 (1.114,15)	0,00	27.884,61	3,26 (43,54)	0,00 (0,00)	0,00	1.851,85
4º trimestre Dezembro-Fevereiro (2021)	2.679,61 (1.822,68)	2.466,79 (1.443,27)	0,00	37.500,00	2,85 (22,26)	0,00 (0,00)	0,00	416,66
5º trimestre Março-Maio (2021)	3.372,00 (2.413,14)	3.107,86 (2.040,50)	0,00	50.000,00	5,63 (37,64)	0,00 (0,00)	0,00	833,33
Todo o período (Março 2020 – Maio 2021)	9.258,00 (5.110,84)	8.699,55 (3.961,04)	0,00	109.090,91	246,63 (446,65)	199,34 (297,84)	0,00	18.181,82

DP: desvio padrão; AIQ: amplitude interquartil; min: mínimo; max: máximo.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 12. Autocorrelação do Índice de Moran de acordo com casos e óbitos nos setores censitários por trimestre de Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395)

		Período (trimestres)					
		1º trimestre Março-Maio (2020)	2º trimestre Junho-Agosto (2020)	3º trimestre Setembro- Novembro (2020)	4º trimestre Dezembro- Fevereiro (2021)	5º trimestre Março-Maio (2021)	Todo período (Março 2020 – Maio 2021)
Casos	Moran's I	0,082	0,075	0,121	0,112	0,159	0,081
	escore-z	7,196	6,649	10,758	10,003	14,193	7,218
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Óbitos	Moran's I	0,028	-0,004	-0,003	-0,008	0,000	0,010
	escore-z	2,527	-0,729	-0,408	-0,690	0,110	1,268
	p	0,011	0,465	0,683	0,489	0,912	0,204

Moran's I: Índice de Moran; $p < 0,05$.

Fonte: O autor (2024)

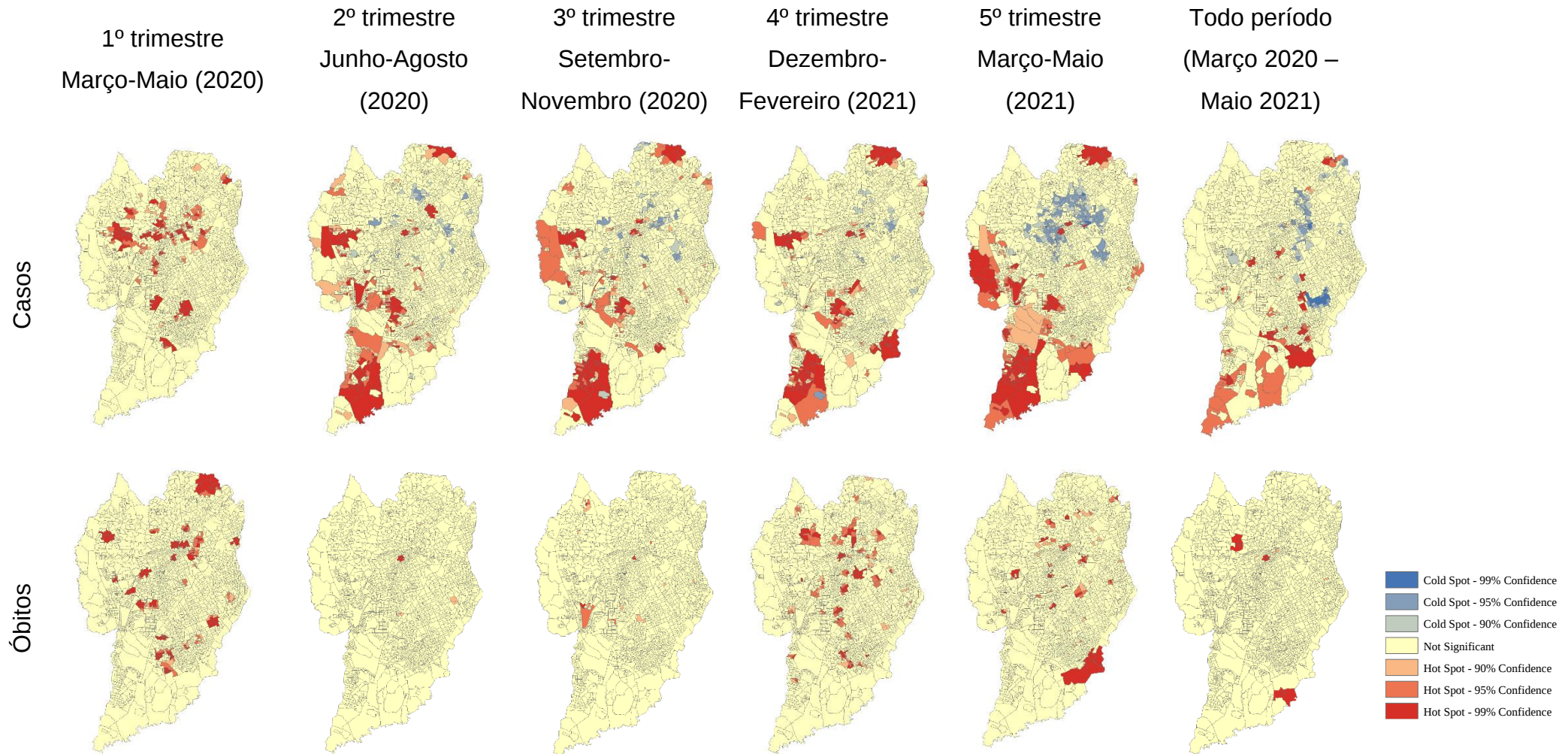


Figura 10. Agrupamentos de casos e óbitos da COVID-19 nos setores censitários por trimestres. Curitiba, Paraná, Brasil (2020-2021).

Fonte: O autor (2024).

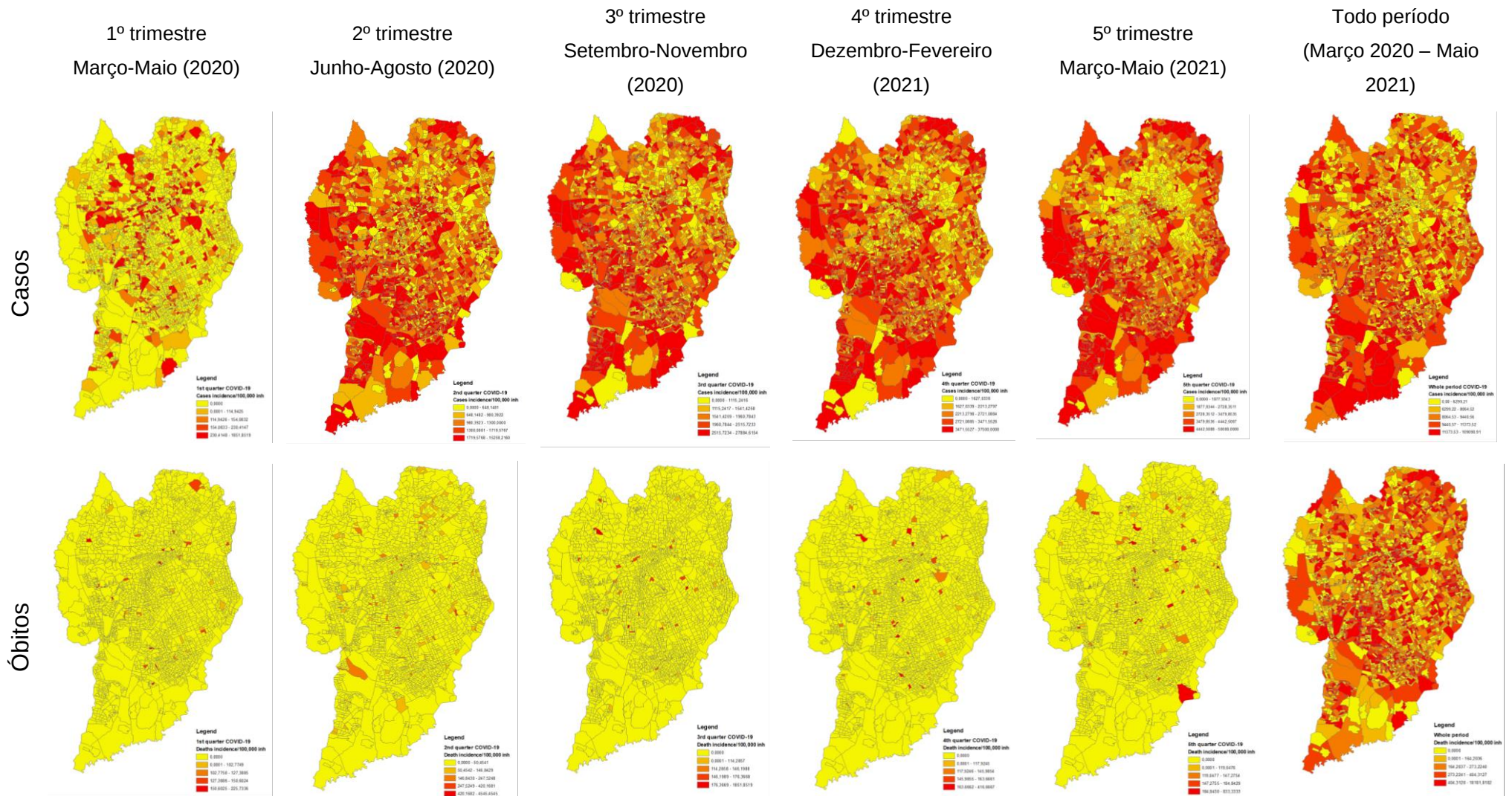


Figura 11. Incidência de casos e óbitos da COVID-19 nos setores censitários por período. Curitiba, Paraná, Brasil (2020-2021).

Fonte: O autor (2024).

Tabela 13: Características descritivas dos setores censitários, de acordo com o **agrupamento de casos** por trimestre de Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395).

Variable	Categoria	1º trimestre Março-Maio (2020)			2º trimestre Junho-Agosto (2020)			3º trimestre Setembro- Novembro (2020)			4º trimestre Dezembro-Fevereiro (2021)			5º trimestre Março-Maio (2021)			Todo período (Março 2020 – Maio 2021)		
		n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p
Renda (R\$)	1º quartil	18	3,0	<0,001	77	12,9	<0,001	90	15,1	<0,001	62	10,4	<0,001	108	18,1	<0,001	30	24,2	0,623
	2º quartil	17	2,8		60	10,0		44	7,3		40	6,7		55	9,2		36	29,0	
	3º quartil	37	6,2		32	5,3		33	5,5		32	5,3		27	4,5		26	21,0	
	4º quartil	119	19,9		34	5,7		24	4,0		25	4,2		14	2,3		32	25,8	
Densidade populacional (hab./km²)	1º quartil	36	6,0	<0,001	83	13,9	<0,001	94	15,7	<0,001	75	12,5	<0,001	102	17,1	<0,001	39	31,5	0,025
	2º quartil	25	4,2		40	6,7		36	6,0		28	4,7		45	7,5		20	16,1	
	3º quartil	46	7,7		36	6,0		24	4,0		20	3,3		26	4,3		26	21,0	
	4º quartil	84	14,0		44	7,3		37	6,2		36	6,0		31	5,2		39	31,5	
Densidade comercial (comércios/km²)	1º quartil	66	11,0	0,010	57	9,5	0,517	57	9,5	0,302	56	9,4	0,003	68	11,4	0,011	52	41,9	<0,001
	2º quartil	36	6,0		50	8,3		41	6,8		42	7,0		46	7,7		35	28,2	
	3º quartil	46	7,7		53	8,8		50	8,3		37	6,2		53	8,8		18	14,5	
	4º quartil	43	7,2		43	7,2		43	7,2		24	4,0		37	6,2		19	15,3	
Idosos	1º quartil	55	9,2	0,322	57	9,5	0,409	48	8,0	0,974	43	7,2	0,480	58	9,7	0,455	46	37,1	0,002
	2º quartil	52	8,7		55	9,2		48	8,0		36	6,0		49	8,2		32	25,8	
	3º quartil	39	6,6		42	7,1		45	7,6		34	5,7		43	7,2		29	23,4	
	4º quartil	45	7,5		49	8,1		50	8,3		46	7,6		54	9,0		17	13,7	

p<0,05.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 14: Características descritivas dos setores censitários de acordo com o **agrupamento de óbitos** por trimestre de Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021 (n=2.395).

Variável	Categoria	1º trimestre Março-Maio (2020)			2º trimestre Junho-Agosto (2020)			3º trimestre Setembro- Novembro (2020)			4º trimestre Dezembro-Fevereiro (2021)			5º trimestre Março-Maio (2021)			Todo o período (Março 2020 – Maio 2021)		
		n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p	n	%	p
Renda (R\$)	1º quartil	27	4,5	0,030	0	0,0	<0,001	8	1,3	0,109	27	4,5	<0,001	15	2,5	0,001	38	21,1	0,299
	2º quartil	44	7,3		0	0,0		4	0,7		31	5,2		6	1,0		55	30,6	
	3º quartil	42	7,2		1	0,2		1	0,2		42	7,0		27	4,5		43	23,9	
	4º quartil	53	8,8		9	1,5		7	1,2		69	11,5		27	4,5		44	24,4	
Densidade populacional (hab./km²)	1º quartil	24	4,0	<0,001	1	0,2	<0,001	6	1,0	0,064	18	3,0	<0,001	15	2,5	0,021	37	20,6	0,245
	2º quartil	29	4,8		0	0,0		6	1,0		46	7,7		13	2,2		42	23,3	
	3º quartil	56	9,3		0	0,0		0	0,0		51	8,5		17	2,8		46	25,6	
	4º quartil	58	9,7		9	1,5		8	1,3		54	9,0		30	5,0		55	30,6	
Densidade comercial (comércios/km²)	1º quartil	40	6,7	0,601	3	0,5	0,156	2	0,3	0,155	49	8,2	0,254	21	3,5	0,285	53	29,4	0,045
	2º quartil	49	8,2		2	0,3		3	0,5		48	8,0		12	2,0		55	30,6	
	3º quartil	38	6,3		0	0,0		7	1,2		35	5,8		19	3,2		38	21,1	
	4º quartil	40	6,7		5	0,8		8	1,3		37	6,2		23	3,8		34	18,9	
Idosos	1º quartil	31	5,2	0,219	4	0,7	0,218	9	1,5	0,075	45	7,5	0,002	26	4,4	0,092	55	30,6	0,050
	2º quartil	49	8,2		4	0,7		6	1,0		59	9,8		20	3,3		45	25,0	
	3º quartil	44	7,4		2	0,3		4	0,7		40	6,7		18	3,0		49	27,2	
	4º quartil	43	7,1		0	0,0		1	0,2		25	4,1		11	1,8		31	17,2	

p<0,05.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 15: Regressão logística binária da associação do **agrupamento de casos** com as características sociais e ambientais da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).

Variável	Categoria	1º trimestre Março-Maio (2020)		2º trimestre Junho-Agosto (2020)		3º trimestre Setembro- Novembro (2020)		4º trimestre Dezembro- Fevereiro (2021)		5º trimestre Março-Maio (2021)		Todo o período (Março 2020 – Maio 2021)	
		OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})
Renda (R\$)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,94	0,48-1,84	0,75	0,52-1,07	0,44	0,30-0,65	0,61	0,40-0,93	0,45	0,32-0,64	1,21	0,73-1,99
	3º quartil	2,12	1,19-3,77	0,38	0,24-0,58	0,32	0,21-0,49	0,48	0,31-0,76	0,21	0,13-0,33	0,85	0,50-1,47
	4º quartil	7,98	4,79-13,30	0,40	0,26-0,62	0,23	0,14-0,37	0,37	0,23-0,60	0,10	0,06-0,19	1,06	0,64-1,78
Densidade comercial (/km ²)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,68	0,40-1,14	0,44	0,29-0,66	0,34	0,22-0,51	0,34	0,21-0,53	0,39	0,27-0,57	0,49	0,28-0,85
	3º quartil	1,29	0,82-2,04	0,39	0,26-0,59	0,22	0,14-0,35	0,24	0,14-0,40	0,22	0,14-0,34	0,65	0,39-1,08
	4º quartil	2,54	1,69-3,83	0,49	0,33-0,72	0,35	0,23-0,52	0,44	0,29-0,67	0,26	0,17-0,40	0,99	0,63-1,58
Densidade populacional (hab./km ²)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,51	0,33-0,78	0,86	0,58-1,28	0,69	0,45-1,06	0,73	0,48-1,10	0,64	0,43-0,96	0,65	0,41-1,01
	3º quartil	0,67	0,45-0,99	0,92	0,62-1,36	0,86	0,58-1,28	0,63	0,41-0,98	0,75	0,51-1,10	0,32	0,18-0,56
	4º quartil	0,62	0,41-0,93	0,73	0,48-1,11	0,73	0,48-1,11	0,40	0,24-0,66	0,51	0,33-0,77	0,34	0,20-0,58
Idosos	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,93	0,62-1,39	0,95	0,64-1,41	0,99	0,65-1,50	0,82	0,52-1,30	0,82	0,55-1,23	0,67	0,43-1,07
	3º quartil	0,69	0,45-1,05	0,72	0,47-1,09	0,93	0,61-1,42	0,78	0,49-1,24	0,72	0,48-1,09	0,61	0,38-0,99
	4º quartil	0,79	0,52-1,19	0,83	0,56-1,25	1,03	0,68-1,56	1,06	0,69-1,63	0,91	0,61-1,34	0,34	0,19-0,61

OR: Odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 16: Regressão logística ajustada* do **agrupamento de casos** com variáveis sociais e ambientais da cidade. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).

Variável	Categoria	1º trimestre Março-Maio (2020)		2º trimestre Junho-Agosto (2020)		3º trimestre Setembro-Novembro (2020)		4º trimestre Dezembro- Fevereiro (2021)		5º trimestre Março-Maio (2021)		Todo o período (Março 2020 – Maio 2021)	
		OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})
Renda (R\$)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,83	0,41-1,67	0,87	0,58-1,29	0,54	0,36-0,83	0,70	0,44-1,10	0,49	0,34-0,73	1,13	0,65-1,96
	3º quartil	1,99	1,07-3,70	0,41	0,25-0,67	0,40	0,25-0,64	0,50	0,30-0,83	0,20	0,12-0,34	0,58	0,32-1,08
	4º quartil	6,60	3,72-11,72	0,41	0,25-0,68	0,26	0,15-0,44	0,34	0,19-0,60	0,09	0,05-0,18	0,62	0,34-1,14
Densidade comercial (comércios/km²)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,63	0,36-1,11	0,50	0,32-0,77	0,42	0,27-0,65	0,39	0,24-0,65	0,58	0,38-0,89	0,64	0,35-1,16
	3º quartil	1,20	0,72-2,00	0,48	0,30-0,76	0,30	0,18-0,50	0,31	0,17-0,54	0,38	0,23-0,89	0,93	0,52-1,65
	4º quartil	1,51	0,90-2,52	0,73	0,46-1,17	0,65	0,40-1,05	0,79	0,48-1,32	0,75	0,45-1,23	1,56	0,88 -2,76
Densidade populacional (hab./km²)	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	0,57	0,35-0,90	1,06	0,69-1,64	0,90	0,57-1,42	0,95	0,60-1,50	0,74	0,48-1,16	0,67	0,41-1,09
	3º quartil	1,05	0,66-1,68	0,89	0,57-1,39	0,88	0,56-1,38	0,66	0,41-1,09	0,58	0,37-0,90	0,28	0,15-0,51
	4º quartil	0,63	0,39-1,00	0,65	0,41-1,02	0,63	0,39-0,99	0,36	0,21-0,61	0,35	0,21-0,56	0,27	0,15-0,48
Idosos	1º quartil	1		1		1		1		1		1	
	2º quartil	1,02	0,67-1,56	1,01	0,67-1,50	1,15	0,74-1,77	0,93	0,58-1,49	0,96	0,63-1,47	0,71	0,44-1,15
	3º quartil	0,84	0,53-1,31	0,73	0,48-1,12	1,04	0,67-1,62	0,85	0,53-1,38	0,78	0,51-1,21	0,65	0,39-1,06
	4º quartil	1,08	0,69-1,68	0,82	0,54-1,24	1,11	0,72-1,70	1,14	0,73-1,79	0,94	0,62-1,42	0,37	0,21-0,67

*Modelo ajustado por todas as variáveis; OR: Odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: O autor (2024)

Tabela 17: Regressão logística binária bruta e ajustada* do **agrupamento de óbitos** com variáveis sociais e ambientais da cidade. Curitiba, Paraná, Brasil, 2020-2021. (n=2.395).

Variáveis	Categoria	Bruto		Ajustado	
		1º trimestre		1º trimestre	
		Março-Maio (2020)		Março-Maio (2020)	
		OR	(IC _{95%})	OR	(IC _{95%})
Renda(R\$)	1º quartil	1		1	
	2º quartil	1,67	1,02-2,74	1,26	0,74-2,12
	3º quartil	1,63	0,99-2,68	1,14	0,66-1,97
	4º quartil	2,05	1,27-3,31	1,34	0,77-2,31
Densidade comercial (/km ²)	1º quartil	1		1	
	2º quartil	1,21	0,70-2,11	1,15	0,64-2,07
	3º quartil	2,46	1,50-4,03	2,33	1,36-4,01
	4º quartil	2,56	1,57-4,18	2,47	1,39-4,39
Densidade populacional (hab./km ²)	1º quartil	1		1	
	2º quartil	1,24	0,80-1,91	0,98	0,61-1,55
	3º quartil	0,94	0,59-1,49	0,74	0,45-1,24
	4º quartil	0,99	0,63-1,57	0,80	0,47-1,32
Número de idosos	1º quartil	1		1	
	2º quartil	1,62	1,02-2,58	1,59	0,99-2,54
	3º quartil	1,45	0,90-2,34	1,46	0,90-2,36
	4º quartil	1,40	0,87-2,25	1,53	0,94-2,51

*Modelo ajustado para todas as variáveis; OR: Odds ratio; IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: O autor (2024).

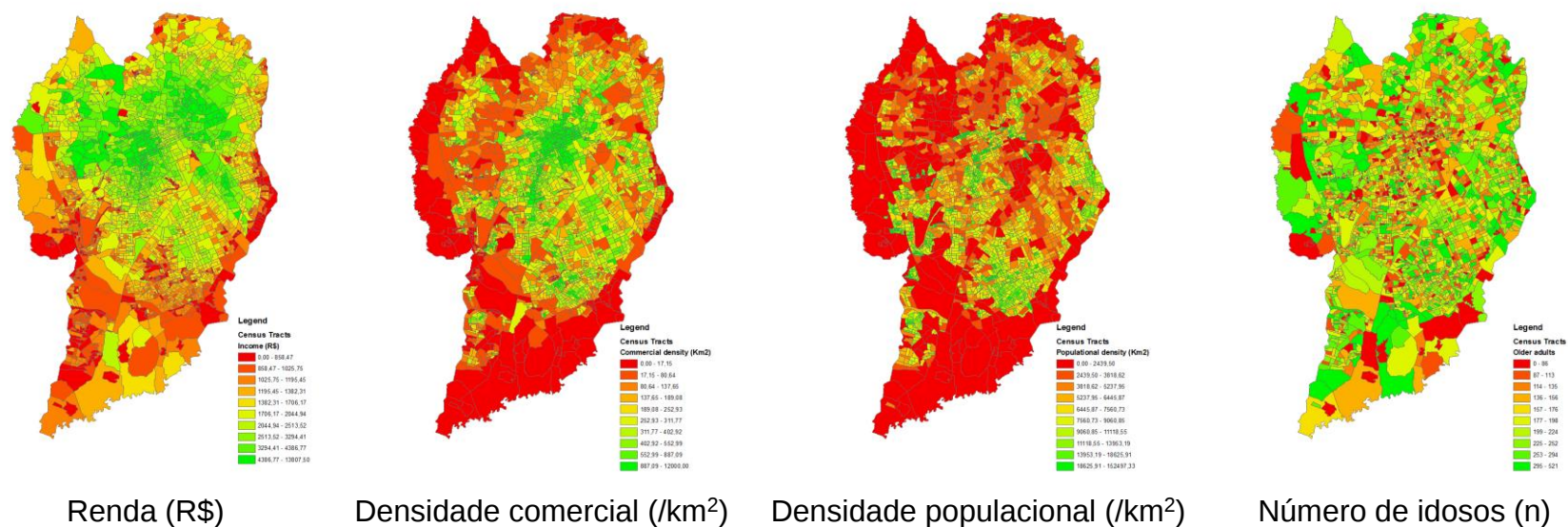


Figura 12. Características sociais e ambientais de Curitiba, Paraná, Brasil.
 Fonte: IBGE, 2010; IPPUC, 2016.

8. DISCUSSÃO

Esta tese teve como objetivo analisar os determinantes sociais, ambientais e de saúde durante a pandemia de COVID-19, no Brasil e no contexto a nível municipal da cidade de Curitiba-PR. Destacam-se como pontos fortes do estudo a abrangência nacional, com a inclusão de todos os municípios brasileiros na análise, a fim de observar o avanço da doença em dias pelo território nacional, além de testar as associações com indicadores que expressam as condições sociais, ambientais, moradia, trabalho, desigualdades e saúde no Brasil. A análise a nível da cidade permitiu reduzir as limitações de comparações entre municípios com critérios e capacidades de rastreio, de saúde e de adoção de políticas distintas. Ainda, explorar os dados e compreender sua dinâmica de concentrações de casos e de óbitos com análises a nível de setor censitário ressaltam os pontos fortes do estudo.

A nível nacional, a notificação de primeiros casos e de óbitos foram reportados antes em municípios com mais de 100 mil habitantes. Nos estágios iniciais da pandemia de COVID-19 no Brasil, as capitais dos estados e as áreas com regiões metropolitanas foram as principais rotas para a entrada do vírus, por meio de voos internacionais¹⁵. A direta relação da presença de aeroportos nas grandes cidades é observada na literatura, com origem de onde a doença já estava com sua transmissão comunitária estabelecida^{15,16}. Com menos de um mês, todos os estados já haviam registrado ao menos um caso¹⁶. Municípios menores de 100 mil habitantes apresentaram casos mais tardiamente, em média três meses para a identificação do primeiro caso. Isso pode ser explicado pela distância relativa dos municípios, considerado pela dificuldade de acesso pelos meios de transporte de massa e de alta velocidade nessas regiões^{70,78,79}.

Embora a diferença temporal tenha sido expressiva entre municípios de menor porte, a capacidade menor de rastreio da doença, o sistema de saúde limitado e a fragilidade econômica^{19,61,94}, quando observadas conjuntamente com as associações testadas — as regiões Norte e Nordeste, os municípios com maior urbanização e moradores no domicílio, o acesso a saneamento, o trabalho no comércio e a cobertura de saúde — foram associados a menos dias para a detecção do primeiro caso, o que reforçou as condições precárias para o controle e o manejo adequado da COVID-19 no Brasil.

Em geral, alta renda e escolaridade foram associados com a velocidade em qual a COVID-19 alcançou e espalhou dentro das cidades, independentemente do tamanho da população. A renda e a escolaridade são características altamente relacionadas entre si. Na análise das duas ondas da pandemia no Brasil, os pacientes hospitalizados classificados como analfabetos ou com ensino fundamental representaram uma proporção de 32% dos casos, em que mais de 50% desses grupos foram a óbito em cada onda da COVID-19⁶⁰. Isso representa a vulnerabilidade desses grupos sociais à doença, independentemente das condições e do porte do município em que vivem.

Em cidades menores (<100.000 habitantes), a região geográfica (Nordeste), metropolitana, rural, com altos níveis de densidade populacional e idosos, moradores no domicílio, acesso à água, cobertura de saúde e maior proporção de moradores em moradias informais foram associados ao alcance e à transmissão local da COVID-19. Os óbitos pela doença aumentaram mais rapidamente em cidades metropolitanas, com maiores taxas de analfabetismo e maior proporção de moradias informais, independentemente do tamanho populacional. Além disso, em municípios menores (<100.000 habitantes), esses fatores incluíram região (Nordeste), maior proporção de idosos, trabalhadores informais e menor proporção de indígenas e trabalhadores no comércio, domicílios com acesso a esgoto e índice GINI. Por fim, em municípios maiores (≥100.000 habitantes), maior proporção de moradores no domicílio e maior renda foram associados à velocidade de ocorrência de óbitos relacionados à COVID-19.

Identificou-se que o alcance da doença em populações vulneráveis foi mais rápido no Brasil, o que incluiu indígenas e idosos, nas áreas onde as condições ambientais eram desfavoráveis. Isso levanta hipóteses sobre os motivos que levam grupos indígenas a serem mais suscetíveis. Primeiro, alguns dados publicados na literatura têm demonstrado que as desigualdades étnico-raciais tem maior risco e aumento da infecção e óbitos pela COVID-19, além da baixa renda, moradias precárias e baixo acesso aos serviços de saúde^{16,20,74,79,95–97}. Embora sejam autodeclarados indígenas, o principal estudo nacional, o EPICOID-19, que analisou as diferenças étnicas, identificou esses grupos que residiam em regiões urbanas²⁰. Segundo, gera-se a hipótese de que esses grupos poderiam estar residindo em locais de baixo acesso a saúde e serviços, em comunidades com menor interação social; no entanto, as concentrações desses grupos populacionais estão situadas na região

Norte, que apresentou maior gravidade da COVID-19 no Brasil. Isto demonstra que a combinação das características individuais, sociais e ambientais facilitam estes grupos a estarem em condições de vulnerabilidade à doença.

Essas observações mencionadas caracterizam as transmissões e os óbitos de maneira geral, embora características contextuais também possuam um papel, ainda que de menor impacto comparado a outras regiões, mas que explicam surtos locais. As condições em serviços, por exemplo, na produção de alimentos de origem bovina remeteram a surtos registrados em pequenas cidades específicas no Sul do Brasil pela não interrupção de serviços, uma vez que a produção de alimentos se caracterizou como um serviço essencial. Isso levou a uma transmissão local a esses trabalhadores e suas famílias⁶².

De maneira similar aos casos, os óbitos relacionados à COVID-19 afetaram primeiro as cidades com mais de 100 mil habitantes. Pelo curso natural da transmissão da doença, os municípios maiores apresentaram antecipadamente esses eventos, em que essas cidades caracterizam-se por ter maior capacidade e quantidade de serviços de saúde, comparado a municípios menores⁷⁶. Ainda, a incidência de 50 óbitos/100.000 habitantes foi associada a menos dias em cidades da região Nordeste do país, que pode observado em outros estudos onde as regiões Norte e Nordeste apresentaram menores taxas de sobrevivência que em outras regiões do país⁷⁷. As características sociais, ambientais e de saúde reforçam que a desigualdade social dessas regiões comparado a outros locais do país acentuam ainda mais o quadro grave de um dos países com as maiores incidências de óbitos no mundo^{19,20,98}.

Nas características associadas à velocidade em dias para atingir 50 óbitos/100.000 habitantes, as características populacionais se mostraram associadas a menos dias com maior proporção de idosos quando comparados a seus pares. Os idosos acima dos 60 anos representam um dos grupos mais suscetíveis a óbito pela COVID-19⁵⁰. Na Europa, a pirâmide etária teve um grande papel na alta taxa de mortalidade pela doença e a grande existência de instituições de longa permanência, algo cultural na região^{48,49,99}. Ainda, o aumento da necessidade de internamento em UTI se mostrou associada a maior chance de óbito⁶⁰. A distribuição de leitos hospitalares, tanto de enfermagem como de UTI, tem maior concentração nas regiões Sul e Sudeste do Brasil⁵⁹, o que permitiu um suporte de saúde em casos mais graves, com melhores condições que outras regiões do país^{58,60,77}.

De maneira geral, as cidades que apresentavam maiores indicadores relacionados à desigualdade social, econômica e de saúde (como maior índice GINI, proporção de analfabetismo e população indígena) foram impactadas mais cedo pelos óbitos da COVID-19. Essas associações também foram observadas em estudos regionais no Brasil e em países de alta renda, o que confirmou o papel dos determinantes sociais de saúde na mortalidade da COVID-19^{47,75,81,96}, em que estes poderiam ter diferentes papéis dado aos distintos momentos da pandemia⁴⁸.

No estudo local em Curitiba, observou-se o papel importante da renda nos casos confirmados da COVID-19 em todos os períodos analisados. As variáveis de nível individual analisadas se mostraram associadas em todo o período, em que homens, de maior idade e com comorbidades, principalmente, explicadas pela suscetibilidade em desenvolver quadros graves da doença relacionado a características imunológicas e pró-inflamatórias^{72,100}. Essa dinâmica se manteve associada no período total e em todos os trimestres analisados, demonstrando a consistência de relação dessas variáveis. Na análise geoespacial, os casos iniciais foram concentrados entre os residentes de regiões de alto nível socioeconômico, possivelmente pela exposição precoce em voos internacionais¹⁵, similar ao observado em cidades como Recife, São Paulo e Fortaleza^{80,81,101}. A descentralização espacial de casos da COVID-19 ao longo do tempo foi progressivamente se movendo de regiões de alto para baixo nível socioeconômico, como na cidade do Rio de Janeiro⁸². Os estudos mostraram que as populações de menor nível socioeconômico estiveram associadas a maiores taxas de infecção da COVID-19^{80,82}. No contexto intraurbano, moradores em regiões periféricas geralmente representaram grupos de trabalhadores que necessitavam realizar seu trabalho presencialmente e com insegurança econômica e de emprego.

As associações observadas entre os agrupamentos de alta incidência de casos da COVID-19 variou, onde locais de menor densidade populacional e maior número de idosos foi positivamente associado à alta incidência em todo o período de análise, enquanto a densidade comercial foi inversamente associada em todos os trimestres analisados. No começo, maiores densidades, principalmente a populacional, eram esperadas como um fator associado à transmissão mais rápida, baseado nos dados do início da pandemia^{42,84,102,103}. Por outro lado, cidades menos densas, particularmente as pequenas e médias, bem como comunidades em áreas rurais, apresentaram desfechos mais severos da COVID-19 pela falta de infraestrutura¹⁹.

Ainda, considerou-se a hipótese de que o uso misto do solo poderia reduzir a transmissão da COVID-19 em períodos posteriores⁸⁵, onde a redução do transporte e a mobilidade do grande volume de pessoas poderia auxiliar na limitação da interação entre humanos e, portanto, da transmissão da doença.

Identificou-se que os agrupamentos de alta incidência são de baixa renda, densidade comercial e populacional. Durante o período inicial de vacinação na cidade de Curitiba, compreendido pelo 4º trimestre do nosso estudo, a prioridade foi estabelecida para os grupos de idosos, pessoas com comorbidades e trabalhadores da área da saúde. Essa organização da estratégia de vacinação pode ter tido um papel importante nas características de desigualdade entre grupos de baixa renda, que normalmente não se enquadravam nos grupos prioritários para receber a imunização contra a COVID-19.

A alta incidência de óbitos nos setores censitários foi observada apenas no 1º trimestre analisado com a densidade comercial, que se manteve associada no modelo ajustado. Apesar da alta taxa de óbitos no Brasil, com um resultado bem acima da média mundial e das mortes esperadas em períodos anteriores a pandemia⁶⁸, as regiões Sul e Sudeste se mantiveram em um patamar bem inferior comparado ao resto do Brasil, com menor incidência de infecção e óbito^{19,77}. Em Curitiba, os dados mostraram que o excesso de mortalidade nas 12 primeiras semanas da pandemia se manteve baixo⁶³, dado as medidas de prevenção adotadas precocemente, além das notificações diárias para a população, indicadores de casos ativos com base na ocupação de leitos hospitalares e o incentivo aos comportamentos preventivos¹⁰⁴. No entanto, ações de relaxamento por decretos da prefeitura e diminuição dos cuidados por parte da população levou a incidência de óbitos a padrões similares a outras grandes cidades do Brasil⁶³.

Em relação aos óbitos, a análise espacial apresentou um padrão aleatório de agrupamento, o que indica que as variáveis a nível individual, como sexo, faixa etária e presença de comorbidades, foram mais importantes que as ambientais ao longo do tempo. No entanto, o 1º trimestre apresentou associação com a concentração positiva de óbitos e a densidade comercial. Esse resultado pode ser explicado pelas áreas de alta concentração de comércios e serviços, principalmente na região central da cidade, associado aos primeiros casos da COVID-19. A exposição precoce, pela escassez de evidências de práticas eficazes relacionadas a ações preventivas e de tratamento, pode ter contribuído para o aumento da incidência de óbitos precoces.

Além disso, a introdução de novas variantes, como a Gamma, na transmissão comunitária, aumentou a mortalidade entre indivíduos de 45 a 64 anos^{60,65}. Essa condição é demonstrada pelo saturamento do sistema de saúde no início de 2021, mesmo com o início do programa de vacinação, os grupos mais expostos a contrair e propagar a doença não foram priorizados.

A análise dos estudos em diferentes níveis apresenta observações interessantes que devem ser destacadas e adicionadas ao aprendizado para o manejo de doenças altamente transmissíveis. O preparo para condições pandêmicas deve incluir o monitoramento adequado para identificar e rastrear casos e óbitos com maior velocidade, a fim de mitigar ou até suprimir a doença em curso. Priorizar grupos mais vulneráveis nessas condições, principalmente os mais expostos, como trabalhadores essenciais, de baixa renda, além daqueles mais suscetíveis a óbito, como idosos, pessoas com comorbidades. Dessa forma, pode ser uma medida eficaz contra a propagação da doença e prevenir seu crescimento a níveis alarmantes, nos quais o sistema de saúde pode entrar em colapso — caso observado em diversas cidades do Brasil. Reduzir as condições de desigualdade social, econômica e de saúde deve ser priorizada nas políticas para atingir os determinantes sociais de saúde. Já a nível municipal, a identificação de variáveis comportamentais — como condutas preventivas hábitos saudáveis — podem auxiliar na compreensão dos efeitos individuais, considerando o contexto local e nacional. Em condições pandêmicas anteriores, pesquisadores já ressaltaram a importância de se obter dados sociodemográficos, clínicos, de tratamento e epidemiológicos (incluindo o registro de contatos)³⁷, também reforçado ao início de 2020, com a declaração da pandemia da COVID-19⁹⁵. Ainda, o monitoramento geoespacial a nível mais detalhado que os setores censitários, como a nível da quadra, pode trazer uma compreensão mais profunda da dinâmica da pandemia dentro da cidade, bem como sua combinação com dados de múltiplas bases para identificar outras características sociais e ambientais relacionadas à exposição da doença.

Algumas limitações devem ser consideradas para a interpretação adequada dos resultados. A nível de Brasil, vieses quanto aos dados reportados podem estar implícitos, uma vez que não houve nenhuma política padronizada de testagem, além de uma variação regional da capacidade de monitoramento da doença, principalmente em cidades de menor porte⁶¹. Os dados públicos foram obtidos de uma grande variedade de fontes e períodos de publicação (2010 a 2021), sendo que as bases

mais antigas podem limitar a compreensão clara das características atuais do país. Embora a estrutura etária no Brasil não tenha uma grande proporção de idosos, não foram considerados os efeitos das instituições de longa permanência e o monitoramento da COVID-19, além do estigma social por não ser culturalmente aceito, tendo em vista as crenças sobre a qualidade de vida e o abandono.

As limitações dos dados locais devem ser consideradas, pois apenas foram testados aqueles indivíduos com sintomas da COVID-19. Embora reportados de maneira compulsória, existem casos nos quais os indivíduos necessitavam entrar em contato com os canais da Secretaria Municipal de Saúde para serem oficialmente reportados. Ainda, casos assintomáticos não foram adequadamente notificados. Os dados ecológicos utilizaram como base dados públicos do censo brasileiro de 2010, o que pode ser limitado pela defasagem da informação atual. No entanto, a análise considerando apenas uma cidade, reduz as discrepâncias de testagem para a COVID-19 e as fontes de dados das variáveis sociais e ambientais quando comparado aos outros municípios.

9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese, identificaram-se as características sociais, ambientais e de saúde a nível do Brasil que se mostraram associadas aos desfechos de casos e de óbitos pela COVID-19. Cidades acima de 100 mil habitantes identificaram antes casos e óbitos, no entanto, municípios menores foram mais vulneráveis em relação a região, características sociais, sanitárias, trabalho, desigualdade e de saúde, o que implicou na maior disseminação de casos e no maior número de óbitos.

A nível municipal, hospitalização e óbito foram associadas a sexo masculino, maior faixa etária e presença de comorbidades sem mudanças ao longo do tempo. Já a análise espacial apresentou que houve o agrupamento da alta incidência de casos, com a mudança ao longo do tempo e óbitos apenas no 1º trimestre. As variáveis ambientais da cidade foram associadas a casos e óbitos considerando os diferentes períodos da pandemia.

Algumas recomendações devem ser levadas em consideração para condições existentes ou futuras de emergências de saúde pública, especialmente em eventos que envolvam doenças transmissíveis. Primeiro, o monitoramento, a coleta e a qualidade dos dados devem ser melhorados para compreender melhor as condições de saúde nesses contextos, principalmente conectando informações do ambiente construído a dados demográficos e à doença. A combinação de diferentes fontes de dados com o uso de técnicas de análise geoespacial em saúde, em níveis mais detalhados, podem auxiliar na identificação e no rastreamento de agrupamentos da doença de forma mais veloz, possibilitando a implementação de medidas eficazes para controlar novos surtos.

REFERÊNCIAS

1. Piret, J; Boivin, G. Pandemics Throughout History. **Front. Microbiol.** **11**, (2021).
2. Omran, A. The Epidemiological Transition: A Theory of Epidemiological Population Changes. **Milbank Q.** **83**, 731–57 (2005).
3. Galor, O. The Demographic Transition: Causes and Consequences. **Clometrica (Berl)** **6**, 1–28 (2012).
4. Berche, P. The Spanish flu. *Press. Medicale* **51**, (2022).
5. Sullivan, S. J. et. al. 2009 H1N1 influenza. **Mayo Clin. Proc.** **85**, 64–76 (2010).
6. Su, S. et. al. Epidemiology, Genetic Recombination, and Pathogenesis of Coronaviruses. **Trends Microbiol** vol. 24 490–502 (2016).
7. Zhu, N. et. al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. **N. Engl. J. Med.** **382**, 727–733 (2020).
8. Alimohamadi, Y; Taghdir, M; Sepandi, M. Estimate of the basic reproduction number for COVID-19: A systematic review and meta-Analysis. **J Prev Med Public Health** vol. 53 151–157 (2020).
9. Hu, B; Huang, S; Yin, L. The cytokine storm and COVID-19. **J Med Virol** vol. 93 250–256 (2021).
10. Sallis, R. et al. Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. **Br. J. Sports Med.** **55**, 1099–1105 (2021).
11. Cucinotta, D; Vanelli, M. WHO declares COVID-19 a pandemic. **Acta Biomed** vol. 91 157–160 (2020).
12. Remuzzi, A; Remuzzi, G. COVID-19 and Italy: what next? **The Lancet** vol. 395 1225–1228 (2020).
13. The Lancet. COVID-19 in Brazil: “So what?” **The Lancet** vol. 395 1461 (2020).
14. Johns Hopkins University. COVID-19 Map. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (2022).
15. Candido, D. S. et. al. Routes for COVID-19 importation in Brazil. **J. Travel Med.** **27**, (2020).
16. Castro, M. C. et. al. Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. **Science** (80-.). **372**, 821–826 (2021).
17. Buss, P. M; Pellegrini Filho, A. A Saúde e seus Determinantes Sociais. **Rev. Saúde Coletiva** **17**, 77–93 (2007).

18. Braveman, P; Gottlieb, L. The social determinants of health: It's time to consider the causes of the causes. **Public Health Rep.** **129**, 19–31 (2014).
19. Rocha, R. *et al.* Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. **Lancet Glob. Heal.** **9**, e782–e792 (2021).
20. Horta, B. L. *et al.* Prevalence of antibodies against SARS-CoV-2 according to socioeconomic and ethnic status in a nationwide Brazilian survey. **Rev Panam Salud Publica** **40**, (2020).
21. Rothman, K. J; Greenland, S; Lash, T. **Epidemiologia Moderna.** (Artmed, 2011).
22. Grennan, D. What is a pandemic? **J. Infect. Dis.** **200**, 1018–1021 (2019).
23. Akin, L; Gözel, M. G. Understanding dynamics of pandemics. **Turkish J. Med. Sci.** **50**, 515–519 (2020).
24. Plowright, R. K. *et al.* Pathways to zoonotic spillover. **Nature Rev Microbiol** vol. 15 502–510 (2017).
25. Bramanti, B. *et al.* Plague: A disease which changed the path of human civilization. **Adv. Exp. Med. Biol.** **918**, 1–26 (2016).
26. Medley, G. F; Vassall, A. When an emerging disease becomes endemic. **Science** (80-.). **158**, 156–158 (2017).
27. Caminade, C; McIntyre, K. M; Jones, A. E. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. **Ann. N.Y.Acad. Sci.** **1436**, 157–173 (2019).
28. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. **Nat. Microbiol.** **5**, 536–544 (2020).
29. Kahn, J. S; McIntosh, K. History and recent advances in coronavirus discovery. **Pediatr. Infect. Dis. J.** **24**, (2005).
30. Tyrrell, D. A; Bynoe, M. L. Cultivation of viruses from a high proportion of patients with colds. **Lancet** **1**, 76–77 (1966).
31. Xiao, K. *et al.* Isolation of SARS-CoV-2-related coronavirus from Malayan pangolins. **Nature** **583**, 286–289 (2020).
32. Peeri, N. C. *et al.* The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: what lessons have we learned? **Int J Epidemiol** vol. 49 717–726 (2021).
33. Plowright, R. K. *et al.* Pathways to zoonotic spillover. **Nature Rev Microbiol** vol. 15 502–510 (2017).

34. Mackay, I. M; Arden, K. E. MERS coronavirus: Diagnostics, epidemiology and transmission. **Virology J** vol. 12 1–21 (2015).
35. Guan, Y. *et al.* Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in Southern China. **Science** (80-.). **302**, 276–278 (2003).
36. Breban, R; Riou, J; Fontanet, A. Interhuman transmissibility of Middle East respiratory syndrome coronavirus: Estimation of pandemic risk. **Lancet** **382**, 694–699 (2013).
37. Anderson, R. M. *et al.* Epidemiology, transmission dynamics and control of SARS: The 2002–2003 epidemic. **Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.** **359**, 1091–1105 (2004).
38. Cauchemez, S. *et al.* Middle East respiratory syndrome coronavirus: Quantification of the extent of the epidemic, surveillance biases, and transmissibility. **Lancet Infect. Dis.** **14**, 50–56 (2014).
39. Huang, C. *et al.* Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **Lancet** **395**, 497–506 (2020).
40. Bchetnia, M. *et al.* The outbreak of the novel severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): A review of the current global status. **J Infect Public Heal** vol. 13 1601–1610 (2020).
41. Wang, H. *et al.* The genetic sequence, origin, and diagnosis of SARS-CoV-2. **European J Clin Microbiol Infect Dis** vol. 39 1629–1635 (2020).
42. Li, X. *et al.* Associating COVID-19 Severity with Urban Factors: A Case Study of Wuhan. **Int. J. Environ. Res. Public Heal**. 2020, Vol. 17, Page 6712 **17**, 6712 (2020).
43. Center of Disease and Control Prevention. How COVID-19 Spreads. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/transmission/index.html> (2020).
44. Lai, C. C. *et al.* Asymptomatic carrier state, acute respiratory disease, and pneumonia due to severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): Facts and myths. **J Microbiol, Immun Infect**, vol. 53 404–412 (2020).
45. Chen, J. *et al.* COVID-19 infection: the China and Italy perspectives. **Cell Death Dis.** **11**, (2020).
46. Faggioni, M. P; González-Melado, F. J; Di Pietro, M. L. National health system cuts and triage decisions during the COVID-19 pandemic in Italy and Spain: Ethical implications. **J Med Ethics** vol. 0 1–8 (2021).
47. Aquino, E. M. L. *et al.* Social distancing measures to control the COVID-19 pandemic: Potential impacts and challenges in Brazil. **Cienc. e Saude Coletiva** **25**, 2423–2446 (2020).
48. Mogi, R. & Spijker, J. The influence of social and economic ties to the spread of

COVID-19 in Europe. **J. Popul. Res.** **39**, 495–511 (2022).

49. López-Gay, A. *et al.* Sociodemographic determinants of intraurban variations in COVID-19 incidence: The case of Barcelona. **J. Epidemiol. Community Health** **76**, 1–7 (2022).

50. Miller, R; Englund, K. Transmission and risk factors of COVID-19. **Cleve Clin J Med** **87**, 1–2 (2020).

51. Sah, P. *et al.* Asymptomatic SARS-CoV-2 infection: A systematic review and meta-analysis. **Proc Natl Acad Sci USA** **118**, 1–12 (2021).

52. Garcia, L. P; Duarte, E. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil. **Epidemiol. Serv Saúde** **29**, e2020222 (2020).

53. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº188/2020.
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0188_04_02_2020.html (2020).

54. Brasil. Presidência da República. Lei Nº 13.979/2020.
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l13979.htm (2020).

55. Rodriguez-Morales, A. J. *et al.* COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. **Travel Med Infect Dis.** **35**, 101613 (2020).

56. Burki, T. COVID-19 in Latin America. **Lancet Infect. Dis.** **20**, 547–548 (2020).

57. Center of Disease and Control Prevention (CDC). CDC Museum COVID-19 Timeline. <https://www.cdc.gov/museum/timeline/covid19.html> (2019).

58. Noronha, K. S. *et al.* The COVID-19 pandemic in Brazil: Analysis of supply and demand of hospital and ICU beds and mechanical ventilators under different scenarios. **Cad Saude Publ** **36**, 115320 (2020).

59. Palamim, C. V. C; Marson, F. A. L. COVID-19 – The availability of icu beds in Brazil during the onset of pandemic. **Ann. Glob. Heal.** **86**, 1–15 (2020).

60. Zeiser, F. A. *et al.* First and second COVID-19 waves in Brazil: A cross-sectional study of patients' characteristics related to hospitalization and in-hospital mortality. **Lancet Reg. Heal. - Am.** **6**, 100107 (2022).

61. Hallal, P. C. *et al.* SARS-CoV-2 antibody prevalence in Brazil: results from two successive nationwide serological household surveys. **Lancet Glob. Heal.** **8**, e1390–e1398 (2020).

62. Sordi, C; Segata, J; Lewgoy, B. Covid-19 and disaster capitalism: “Passando a boiada” in the Brazilian meat processing chain. **Vibrant, Virtual Braz. Anthr.** **19**, 1–17 (2022).

63. Orellana, J. D. Y; Marrero, L; Horta, B. L. Excess deaths from respiratory causes

in eight Brazilian metropolises during the first six months of the COVID-19 pandemic. **Cad Saude Publ** **37**, 1–17 (2021).

64. Ferrante, L. *et al.* Brazil's COVID-19 Epicenter in Manaus: How Much of the Population Has Already Been Exposed and Are Vulnerable to SARS-CoV-2? **J. Racial Ethn. Heal. Disparities** **9**, 2098–2104 (2022).

65. Banho, C. A. *et al.* Impact of SARS-CoV-2 Gamma lineage introduction and COVID-19 vaccination on the epidemiological landscape of a Brazilian city. **Commun. Med.** **2**, 1–11 (2022).

66. Ashwanden, C. The false promise of herd immunity for COVID-19. **Nature** **587**, 26–28 (2020).

67. Jung, F. *et al.* Herd immunity or suppression strategy to combat COVID-19. **Clin. Hemorheol. Microcirc.** **75**, 13–17 (2020).

68. Wang, H. *et al.* Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020–21. **Lancet** **399**, 1513–1536 (2022).

69. World Health Organization (WHO). Social Determinants of Health. https://www.who.int/health-topics/social-determinants-of-health#tab=tab_1 (2023).

70. Coelho, F. C. *et al.* Assessing the spread of COVID-19 in Brazil: Mobility, morbidity and social vulnerability. **PLoS One** **15**, 1–11 (2020).

71. Teixeira, C. F; Santos, J. S. Análise estratégica da atuação do governo federal brasileiro na pandemia de COVID-19: 2020-2021. **Cien. Saude Colet.** **28**, 1277–1286 (2023).

72. Dessie, Z. G; Zewotir, T. Mortality-related risk factors of COVID-19: a systematic review and meta-analysis of 42 studies and 423,117 patients. **BMC Infect. Dis.** **21**, (2021).

73. Xiang, G. *et al.* Clinical risk factors for mortality of hospitalized patients with COVID-19: Systematic review and meta-analysis. **Ann. Palliat. Med.** **10**, 2723–2735 (2021).

74. Khanijahani, A *et al.* A systematic review of racial/ethnic and socioeconomic disparities in COVID-19. **Int. J. Equity Health** **20**, (2021).

75. Demenech, L. M; *et al.* Desigualdade econômica e risco de infecção e morte por COVID-19 no Brasil. **Rev Bras Epidemiol** **23**, e200095 (2020).

76. Candido, D. S. *et al.* Evolution and epidemic spread of SARS-CoV-2 in Brazil. **Science** (80-.). **369**, 1255–1260 (2020).

77. Baqui, P *et al.* Ethnic and regional variations in hospital mortality from COVID-19 in Brazil: a cross-sectional observational study. **Lancet Glob Heal.** **8**, e1018–e1026

(2020).

78. Cestari, V. R. F. *et. al.* Social vulnerability and COVID-19 incidence in a Brazilian metropolis. **Cien Saude Colet** **26**, 1023–1033 (2021).

79. Maciel, J. A. C; Castro-Silva, I. I; de Farias, M. R. Initial analysis of the spatial correlation between the incidence of covid-19 and human development in the municipalities of the state of Ceará in Brazil. **Rev Bras Epidemiol** **23**, 1–17 (2020).

80. Braga, J. U. *et. al.* Propensity for COVID-19 severe epidemic among the populations of the neighborhoods of Fortaleza, Brazil, in 2020. **BMC Public Health** **20**, 1–11 (2020).

81. de Souza, W. M. *et. al.* Epidemiological and clinical characteristics of the COVID-19 epidemic in Brazil. **Nat. Hum. Behav.** **4**, 856–865 (2020).

82. dos Santos, J. P. C *et. al.* Vulnerability to severe forms of COVID-19: An intra-municipal analysis in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Cad Saude Publ** **36**, 1–12 (2020).

83. Ribeiro, H. V., Sunahara, A. S., Sutton, J., Perc, M. & Hanley, Q. S. City size and the spreading of COVID-19 in Brazil. **PLoS One** **15**, (2020).

84. Zhang, X. *et. al.* Compact cities and the Covid-19 pandemic: Systematic review of the associations between transmission of Covid-19 or other respiratory viruses and population density or other features of neighbourhood design. **Health Place**, vol. 76 102827 (2022).

85. Adlakha, D; Sallis, J. F. Activity-friendly neighbourhoods can benefit non-communicable and infectious diseases. **Cities Heal.** **5**, S191–S195 (2021).

86. Levin, K. A. Study design VI – ecological studies. **Evid Based Dent** **7**, 108 (2006).

87. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). COVID-19 na Perspectiva Geográfica e Estatística. www.ibge.gov.br (2020).

88. Brasil. Ministério da Saúde. Informações de Saúde (TABNET). *Departamento de Informática do SUS (DATASUS)* www.datasus.saude.gov.br (2010).

89. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa). Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069928/identificacao-mapeamento-e-quantificacao-das-areas-urbanas-do-brasil> (2015).

90. Brasil.io. Boletins epidemiológicos da COVID-19 por município por dia. www.brasil.io (2020).

91. Bonita, R; Beaglehole, R; Kjellström, T. *Basic epidemiology*. (World Health Organization, 2006).

92. Hawkins, R. B; Charles, E. J; Mehaffey, J. H. Socio-economic status and COVID-19-related cases and fatalities. **Public Health** **189**, 129–134 (2020).
93. Franch-Pardo, I *et. al.* A review of GIS methodologies to analyze the dynamics of COVID-19 in the second half of 2020. **Transactions in GIS** vol. 25 2191–2239 (2021).
94. Moreira, R. S. COVID-19: Intensive care units, mechanical ventilators, and latent mortality profiles associated with case-fatality in Brazil. **Cad. Saude Publica** **36**, (2020).
95. Khalatbari-Soltani, S *et. al.* Importance of collecting data on socioeconomic determinants from the early stage of the COVID-19 outbreak onwards. **J Epidemiol Community Health** vol. 74 620–623 (2020).
96. Figueiredo, A. M. *et. al.* Social determinants of health and COVID-19 infection in Brazil: an analysis of the pandemic. **Rev. Bras. Enferm** **73**, e20200673 (2020).
97. Salman, M. *et. al.* Awareness of COVID-19 among Illiterate Population in Pakistan: A Cross-Sectional Analysis. **Dis Med Public Heal. Prep.** (2021) doi:10.1017/DMP.2021.261.
98. Santos, V. S *et. al.* COVID-19 mortality among Indigenous people in Brazil: a nationwide register-based study. **J Public Heal.** **43**, e250–e251 (2021).
99. Comas-Herrera, A. *et. al.* Mortality associated with COVID-19 outbreaks in care homes: international evidence. **LTC Responses to COVID-19** 1–20 <https://ltccovid.org/2020/04/12/mortality-associated-with-covid-19-outbreaks-in-care-homes-early-international-evidence/> (2020).
100. Kelada, M *et. al.* The Role of Sex in the Risk of Mortality From COVID-19 Amongst Adult Patients: A Systematic Review. **Cureus** **12**, (2020).
101. de Souza, A. P. G *et. al.* A spatial-temporal analysis at the early stages of the COVID-19 pandemic and its determinants: The case of Recife neighborhoods, Brazil. **PLoS One** **17**, 1–22 (2022).
102. Martins-Filho, P. R. Relationship between population density and COVID-19 incidence and mortality estimates: A county-level analysis. **J Infec Public Health** vol. 14 1087–1088 (2021).
103. Tepe, E. The impact of built and socio-economic environment factors on Covid-19 transmission at the ZIP-code level in Florida. **J. Environ. Manage.** **326**, 116806 (2023).
104. CURITIBA. Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba. Centro de Epidemiologia. Monitoramento - Dados COVID-19. <https://saude.curitiba.pr.gov.br/vigilancia/epidemiologica/vigilancia-de-a-a-z/12-vigilancia/1507-monitoramento-covid-19.html> (2022).