


Incidência da COVID-19 na Paraíba e fatores sociodemográficos: um estudo ecológico e espacial

Incidence of COVID-19 in Paraíba and sociodemographic factors: an ecological and spatial study

Gustavo Correia Basto da Silva^{1,*} 

Gilmar Barbosa da Silva¹ 

Anna Stella Cysneiros Pachá^{II} 

Ysabely de Aguiar Pontes Pamplona^{III} 

Lourdes Conceição Martins^{III} 

Álvaro Augusto do Nascimento^I 

Ricardo Alves de Olinda^{II} 

RESUMO

Introdução: A notificação da COVID-19 vem crescendo continuamente no Brasil e o estudo de todos os aspectos relacionados se faz necessário. **Objetivo:** Determinar a taxa de incidência do coronavírus, analisar a autocorrelação espacial dos casos notificados e determinar a correlação entre a incidência da doença e variáveis sociodemográficas no estado da Paraíba, em 2020. **Método:** Foi realizada uma pesquisa observacional, do tipo ecológica e os dados foram obtidos das notificações das cidades paraibanas ao Painel Coronavírus. A variável desfecho foi a taxa de incidência da doença, e as explicativas referiam-se aos dados sociodemográficos, testando as hipóteses por meio da correlação de Spearman. Foi verificada a autocorrelação espacial por meio do Índice de Moran (I) e o Coeficiente de Geary (C), com o uso de mapas coropléticos, através do emprego do *software* R, ao nível significância de 5%. **Resultados:** Valores crescentes das taxas de incidência foram observados com o avançar dos meses. Houve correlação estatística para a densidade demográfica, a renda e o índice de desenvolvimento humano municipal na maioria dos meses. Ademais, observou-se o padrão Alto-Alto na capital do estado no início da pandemia e, logo após, uma migração desse padrão espacial para as cidades interioranas. **Conclusões:** Observou-se, portanto, que as altas taxas de incidência e o seu comportamento espacial impactam negativamente a vida das pessoas e sinalizam a necessidade de uma intervenção mais intensa de políticas governamentais.

PALAVRAS-CHAVE: SARS-CoV-2; Armazenamento e Recuperação da Informação; Epidemiologia

ABSTRACT

Introduction: COVID-19 notification has been growing continuously in Brazil and the study of all related aspects is necessary. **Objective:** To determine the incidence rate of coronavirus, analyze the spatial autocorrelation of reported cases and determine the correlation between the incidence of the disease and sociodemographic variables in the state of Paraíba, in 2020. **Method:** An observational, ecological research was carried out and data were obtained from notifications from cities in Paraíba to the Coronavirus Panel. The outcome variable was the disease incidence rate, and the explanatory variables referred to sociodemographic data, testing the hypotheses using Spearman's correlation. Spatial autocorrelation was verified using Moran's I and Geary's C statistic, using choropleth maps, by means of the R software, at a significance level of 5%. **Results:** Increasing values of incidence rates were observed as the months progressed. There was a statistical correlation for population density, income, and Municipal Human Development Index in most months. In addition, the *Alto-Alto* pattern was observed in the state capital at the beginning of the pandemic and, soon after, a migration of this spatial pattern to the interior cities. **Conclusions:** It was observed, therefore, that the high incidence rates and its spatial behavior negatively impact people's lives and signal the need for a more intense intervention of governmental policies.

KEYWORDS: SARS-CoV-2; Information Storage and Retrieval; Epidemiology

^I Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, PB, Brasil

^{II} Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil

^{III} Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Saúde Coletiva, Universidade Católica de Santos, Santos, SP, Brasil

* E-mail: gugacorreiaa@gmail.com

Recebido: 05 fev 2022

Aprovado: 24 jan 2023

Como citar: Silva GCB, Silva GB, Pachá ASC, Pamplona YAP, Martins LC, Nascimento AA, Olinda RA. Incidência da COVID-19 na Paraíba e fatores sociodemográficos: um estudo ecológico e espacial. *Vigil Sanit Debate*, Rio de Janeiro, 2023, v.11: e02040. <https://doi.org/10.22239/2317-269X.02040>



INTRODUÇÃO

A COVID-19 é uma patologia infecciosa respiratória aguda grave causada por um vírus da família Coronaviridae, o SARS-CoV-2, residindo inicialmente em algumas espécies animais¹. Os primeiros casos em humanos foram identificados na cidade de Wuhan, na China, em dezembro de 2019². Desde então, em razão da elevada transmissibilidade com potencial distribuição global e do aumento das taxas de mortalidade, a Organização Mundial de Saúde (OMS) classifica a pandemia do novo coronavírus como uma emergência global de Saúde Pública³.

Os aspectos clínicos variam desde os sintomas mais leves - sobretudo episódios de tosse, dores de garganta, cefaleias, mialgia -, aqueles ditos mais graves, como: dispneia, baixa saturação de oxigênio (< 93%), até os casos críticos, como: insuficiência respiratória, choque séptico e/ou disfunção múltipla dos órgãos^{4,5}. Outrossim, cabe destacar a importância que algumas comorbidades exercem no agravamento do quadro clínico, tais como: hipertensão, diabetes, doenças renais crônicas e cardiovasculares, assim como tabagismo e imunossupressão⁶.

Diante de um quadro suspeito, é necessário que haja um correto diagnóstico com vistas a um controle efetivo. Sendo assim, são identificados três tipos de diagnóstico para a COVID-19: clínico, laboratorial e imagiológico⁷. O Ministério da Saúde considera o quadro clínico inicial como uma síndrome gripal (SG) e o seu diagnóstico é realizado por investigação clínico-epidemiológica, ao atentar para o histórico de contato próximo nos últimos 14 dias do aparecimento dos sinais e sintomas com indivíduos já confirmados para COVID-19⁸. Já os testes laboratoriais podem ser empregados utilizando metodologias de transcrição reversa - reação em cadeia da polimerase (RT-PCR), pesquisa sorológica de anticorpos IgM, IgA e/ou IgG, ou até mesmo os testes rápidos. Quanto à radiologia, o exame padrão é a tomografia computadorizada de alta resolução⁹.

Diversas maneiras de combate à disseminação do vírus são reportadas na literatura, mas as consideradas soberanas incluem: medida de isolamento social, denominada quarentena, ações de higiene e testagem em massa da população, considerando um período de incubação de cinco dias, em média^{10,11}. No entanto, mesmo diante de experiências exitosas em países desenvolvidos que conseguiram testar a população em grande escala e determinar os níveis da infecção ainda em estágios subclínicos, deve-se considerar os potenciais dispêndios aos cofres públicos ao se adotar essas medidas numa amplitude nacional e de caráter compulsório¹¹. Ademais, no Brasil, nota-se uma importante fragilidade quanto à testagem da população, além do enfraquecimento das medidas de distanciamento social em detrimento de um provável risco de colapso econômico, potencializando as desigualdades sociais em contextos econômicos, étnicos e geográficos¹².

De acordo com o banco de dados fornecido pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>), atualizado diariamente, o Brasil registrou, até outubro de 2021, 21.516.967 casos confirmados de COVID-19, com dados

de incidência, por 100 mil habitantes, de 10.239. Em 2020, o país registrou 7.675.973 casos confirmados e 194.949 vítimas. O Nordeste ocupa a segunda posição em casos notificados (4.805.521), atrás apenas da Região Sudeste¹³.

Na Paraíba, o primeiro caso de contágio ocorreu em março de 2020. Foram quantificados 166.484 casos em todo o ano de 2020, atrás da Bahia com 493.400, do Ceará, com 335.091, e de Pernambuco e Maranhão com 222.166 e 200.938 casos, respectivamente. Em 2021, até outubro, foram totalizados 442.464 casos e 9.329 óbitos¹³.

Frente a essa emergência pandêmica na qual o Brasil está inserido - sobretudo pela falta de testagem em massa com o objetivo de reconhecer de modo precoce os casos e, conseqüentemente, evitar a superlotação nos serviços de saúde -, estudos que demonstram a realidade epidemiológica por meio do uso de técnicas de modelagem espacial tornam-se indispensáveis para o planejamento e tomada de decisão em Saúde Pública de acordo com a distribuição no espaço-tempo¹⁴. Dessa forma, este artigo teve como objetivos determinar a taxa de incidência da COVID-19, analisar a estrutura de autocorrelação espacial dos casos notificados e determinar a correlação entre a incidência da doença e variáveis sociodemográficas no estado da Paraíba, no ano de 2020.

MÉTODO

Trata-se de um estudo epidemiológico, observacional, cujo delineamento é classificado como ecológico, de painel, por focar em comparações de dados agregados com caráter longitudinal, e não a nível individual, no qual os numeradores correspondem à quantidade de eventos notificados, e os denominadores são estimativas populacionais¹⁵. Ademais, foram utilizadas técnicas da estatística espacial, com dados de área, normalmente empregada quando não se dispõe de localizações exatas de uma ocorrência, mas de valores desses eventos por unidade de área.

Para tanto, foram realizadas análises estatísticas a partir de dados secundários referentes às de COVID-19 disponíveis no site do Ministério da Saúde, o Painel Coronavírus (<https://covid.saude.gov.br>). Nesse site são divulgados, diariamente, dentre outras informações, boletins de incidência e quantitativos de casos acumulados, além de dados sobre óbitos. A pesquisa deteve-se a investigar a distribuição das notificações da doença entre as cidades do estado da Paraíba, nos meses de março a dezembro de 2020.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁶, a Paraíba possui uma população estimada para o ano de 2021 de 4.059.905 habitantes, com densidade demográfica de 66,70 habitantes/km². Possui 223 municípios e está dividida em quatro mesorregiões: Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão Paraibano. Sobre os aspectos econômicos, em 2010, o estado apresentou índice de desenvolvimento



humano (IDH) de 0,658, produto interno bruto (PIB) *per capita* de 16.108 e rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de R\$ 892,00.

A variável desfecho foi a taxa de incidência de casos notificados do coronavírus pelos setores de vigilância epidemiológica de cada município do estado da Paraíba ao sistema de informação nacional sobre vigilância da SG. Esses dados são oriundos do sistema e-SUS Notifica, que foi planejado e desenvolvido para registro de casos suspeitos e confirmados de COVID-19 e contém informações relacionadas ao local de residência do paciente e local do atendimento. Outras variáveis também foram testadas em relação à taxa de incidência nos municípios: densidade demográfica, rendimento domiciliar *per capita* (RDPC), índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), cobertura da atenção básica e taxas de analfabetismo. Essas variáveis foram obtidas do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>).

Análise estatística

Primeiramente, demonstrou-se a frequência de casos notificados para a COVID-19 no intervalo de março a dezembro de 2020. Em seguida, foi verificada a normalidade dos dados através do teste de Anderson-Darling para, assim, analisar a correlação dos casos notificados com as variáveis socioeconômicas por meio do teste de correlação de Spearman, adotando-se o nível de significância estatística de 5%. Após isto, foram calculadas taxas de incidência dos casos de todos os municípios paraibanos, levando em consideração a quantidade de casos notificados e a população estimada do ano multiplicada, para o referido município, pela base populacional de 10.000, como demonstra a equação:

$$\frac{\text{Novos casos notificados}}{\text{População estimada do ano}} \times 10.000.$$

Estatística espacial

Para a aplicação da metodologia de análise de dados de área, é necessária a elaboração de uma matriz de vizinhança que, por sua vez, também é conhecida como matriz de distância ou matriz de proximidade. Tal matriz de proximidade indica a relação espacial entre as áreas de observação do estudo - neste estudo, as cidades da Paraíba - fornecendo escalas de robustez da interação entre cidades mais próximas e o contrário para as cidades distantes. Na matriz, n significa o número de observações obtidas na matriz W , e cada elemento W_{ij} representa o nível de proximidade entre W_i e W_j . Desta forma, são atribuídos aos elementos da matriz W valor 1 quando as áreas são consideradas vizinhas e 0 caso contrário.

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

Dois métodos estatísticos foram empregados para verificar uma possível dependência estatística espacial: o Índice de Moran

Global, que fornece uma indicação oficial do grau de correlação linear entre o vetor de observação da variável de interesse no tempo e a média ponderada dos valores de vizinhança ou defasagem espacial, e varia entre -1 e +1 - sendo este complementado pelo índice local que avalia a autocorrelação associada com um ou alguns valores específicos para cada área - e o Coeficiente C de Geary, utilizado em locais com pouca vizinhança, como demonstrado nas seguintes fórmulas:

I = Índice de Moran

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

C = Coeficiente de Geary

$$C = \frac{(n-1)}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}$$

I_i = Índice local de Moran

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}$$

O *software* estatístico R foi utilizado para a realização dos cálculos das taxas de incidência, análises bivariadas e, por fim, proceder às demais análises espaciais¹⁷. Para tanto, foi desenvolvida uma tabela com os valores das estimativas do Índice de Moran, além dos mapas descritivos de Moran e os *Moran Maps*, cuja função é indicar os municípios que são classificados no binômio espaço-tempo como aglomerados espaciais (*clusters*) significativos. Para fins interpretativos, os cartogramas podem exibir quatro tipos de *clusters*:

- Alto-Alto (Q1): áreas construídas por municípios com altas frequências de incidência da variável desfecho rodeadas por outras cidades com altas frequências;
- Baixo-Baixo (Q2): áreas construídas por municípios com baixas frequências de incidência da variável desfecho rodeadas por outras cidades com baixas frequências;
- Alto-Baixo (Q3): áreas construídas por municípios com altas frequências de incidência da variável desfecho rodeadas por outras cidades com baixas frequências;
- Baixo-Alto (Q4): áreas construídas por municípios com baixas frequências de incidência da variável desfecho rodeadas por outras cidades com altas frequências.

Aspectos éticos

Acerca dos preceitos éticos, ao considerar as determinações da Resolução n° 466, de 12 de dezembro de 2012, a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa para esse tipo de estudo torna-se facultativa, uma vez que a sua metodologia não acessa e nem manipula dados individuais das pessoas, assim como esses são de domínio público¹⁸.



RESULTADOS

A taxa de incidência de casos notificados de COVID-19 dos municípios da Paraíba entre março e dezembro de 2020 apresentou, na grande maioria dos meses, valores crescentes desde o início da pandemia. Do mês de abril para maio, houve um aumento dos novos casos na ordem de 2.783,42% em relação às cidades, apresentando os maiores números de notificações. Isto é, em abril, João Pessoa apresentou a maior taxa de incidência do estado (5,95/10.000). No mês seguinte, a cidade de Riachão de Bacamarte, a 97,4 km da capital, exibiu uma taxa de 171,77/10.000, liderando a lista das cidades com maiores números da doença. A partir do mês de agosto, percebeu-se uma redução dos novos casos até novembro, quando os casos começaram a reincidir.

No que se refere aos dados sociodemográficos, a Tabela 1 traz informações relacionadas à densidade demográfica, renda domiciliar *per capita*, IDHM, cobertura da atenção básica e a taxa de analfabetismo e sua influência no comportamento da taxa de incidência da doença. Observa-se correlação positiva (p -valor < 0,05) em grande parte das variáveis, com exceção da cobertura da atenção básica e da taxa de analfabetismo.

A Figura 1 exibe mapas em que é possível verificar, de forma descritiva, as áreas com maiores e menores taxas de incidência da doença. Os municípios com maiores taxas de incidência são identificados com tonalidades mais fortes. Em contrapartida, aquelas cidades com incidência zero (0) são mostradas com a cor branca. De forma geral, nos primeiros meses da pandemia de COVID-19, percebe-se que as maiores taxas de incidência foram registradas nas cidades pertencentes à mesorregião da mata paraibana, na área litorânea. Após o mês de julho de 2020, é perceptível um aumento gradual em direção às áreas de interior.

Com relação à dependência espacial, a estimativa do Índice de Moran demonstrou significância em alguns municípios. Na Tabela 2, pode-se observar a existência de autocorrelação

espacial positiva durante os meses de abril a dezembro. No mês de março, há uma dispersão na distribuição dos casos de COVID-19, justificando assim o I de Moran não significativo. Desse modo, é confirmada uma dependência espacial na propagação das notificações entre os municípios do estado da Paraíba, naqueles meses, no ano de 2020.

A partir do Moran *Map*, foi possível evidenciar entre os meses de abril a dezembro aglomerações com padrão Alto-Alto nas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão do estado, sendo os municípios de João Pessoa, Campina Grande, Santa Rita e Cabedelo aqueles que mais apresentaram esse padrão espacial (Figura 2). Cabe destacar que poucos municípios apresentaram padrão Baixo-Baixo. Ou seja, aquelas áreas que demonstraram o padrão espacial Alto-Alto apresentam valores positivos e médias positivas, influenciando seus vizinhos a terem valores iguais aos seus. Ademais, é possível perceber que, com o avançar do tempo, este padrão espacial de influência entre as cidades acerca da incidência dos casos tendeu migrar em direção às mesorregiões do interior do estado.

DISCUSSÃO

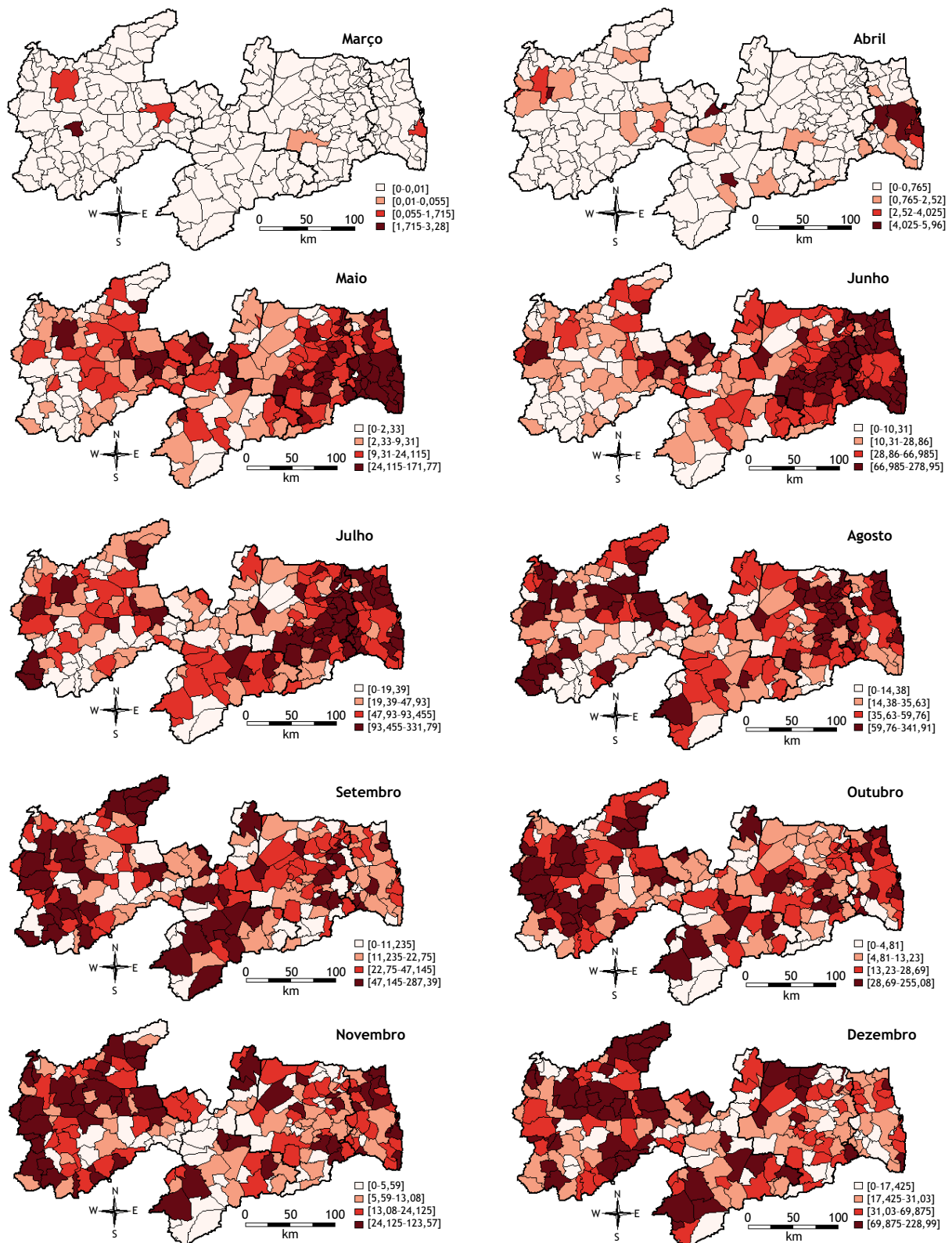
A pandemia de COVID-19 expôs modificações relacionadas ao espaço, ao tempo e ao modo como as doenças infecciosas se comportam¹². Diversos fatores influenciaram essa mudança nos paradigmas socioepidemiológicos: integração, desenvolvimento e pluralidade da economia mundial, somados ao processo de globalização que culminaram numa maior e mais acelerada circulação de pessoas em todo o mundo, além de um significativo adensamento populacional urbano. Diante desse cenário, por se tratar de uma patologia infecciosa, as cidades tendem a se comportar de forma individual quanto ao aparecimento de novos casos da doença, assim como podem influenciar o quadro epidemiológico de municípios vizinhos, e algumas condições sociodemográficas são capazes de interferir nesses dados.

Tabela 1. Correlação entre as variáveis sociodemográficas e a taxa de incidência de COVID-19 entre os meses de março a dezembro de 2020.

Taxa de incidência/mês	Densidade demográfica		RDPC		IDHM		Cobertura da atenção básica		Taxa de analfabetismo	
	Rho	p-valor	Rho	p-valor	Rho	p-valor	Rho	p-valor	Rho	p-valor
Março	0,1640	0,0142	0,2220	0,0008	0,2321	0,0004	-0,1483	0,0268	-0,1772	0,0080
Abril	0,2807	2,1x10 ⁻⁵	0,3343	3,2x10 ⁻⁷	0,2510	0,0001	-0,0566	0,4003	-0,2696	0,0453
Maio	0,4978	2,2x10 ⁻¹⁵	0,1191	0,1047	0,0691	0,3044	-0,0737	0,2729	-0,0170	0,8008
Junho	0,5352	2,2x10 ⁻⁶	0,1090	0,1045	0,0390	0,5628	-0,0447	0,5064	-0,0577	0,3916
Julho	0,4512	1,4x10 ⁻¹²	0,1017	0,1299	0,0174	0,7956	-0,0595	0,3767	-0,0293	0,4418
Agosto	0,2983	0,0057	0,1870	0,0050	0,1489	0,0262	-0,0263	0,6967	0,0140	0,8352
Setembro	0,1430	0,0327	0,2075	0,0018	0,2073	0,0018	0,0371	0,5817	-0,1063	0,1134
Outubro	0,1259	0,0605	0,2551	0,0001	0,2198	0,0009	0,0206	0,7599	-0,1403	0,0363
Novembro	0,2000	0,0027	0,2367	0,0003	0,1856	0,0054	-0,0619	0,3573	-0,0948	0,1583
Dezembro	-0,0808	0,2296	0,1046	0,1192	0,1500	0,0250	0,0049	0,9417	-0,1018	0,1296

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

RDPC: Rendimento domiciliar *per capita*; IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal; Rho: Coeficiente de correlação Spearman.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Figura 1. Mapas descritivos da taxa de incidência de COVID-19 na Paraíba entre os meses de março a dezembro de 2020.



Tabela 2. Estimativa de Moran para verificação da dependência espacial entre os meses de março a dezembro de 2020.

Taxa de incidência/mês	Estimativa de Moran	Esperança	Variância	p-valor
Março	-0,0036	-4500,0	20,9000	0,4217
Abril	0,4180	-0,0045	0,0017	2,2x10 ⁻¹⁶
Maiο	0,3513	-0,0045	0,0017	2,2x10 ⁻¹⁶
Junho	0,4653	-0,0045	0,0018	2,2x10 ⁻¹⁶
Julho	0,4409	-0,0045	0,0018	2,2x10 ⁻¹⁶
Agosto	0,2223	-0,0045	0,0017	2,5x10 ⁻⁸
Setembro	0,1459	-0,0045	0,0017	0,0001
Outubro	0,1046	-0,0045	0,0017	0,0040
Novembro	0,1431	-0,0045	0,0018	0,0002
Dezembro	0,2319	-0,0045	0,0018	1,1x10 ⁻⁸

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

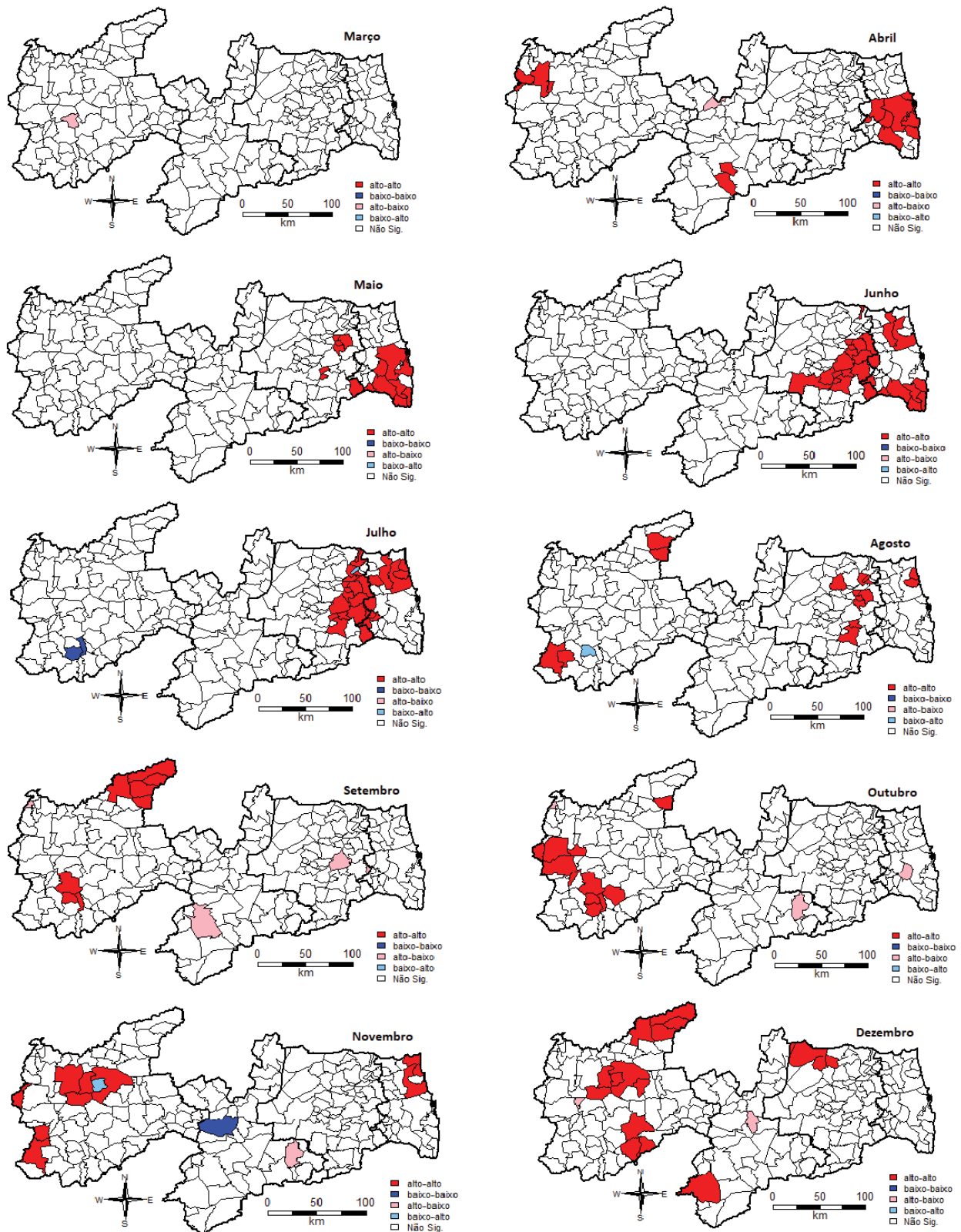
A análise dos dados obtidos neste estudo possibilitou a visualização e a compreensão do padrão de comportamento espacial da incidência de casos de COVID-19 entre os aglomerados urbanos no estado da Paraíba. Além disso, foi possível estabelecer correlações entre variáveis sociodemográficas de interesse para o tema e os novos casos por meio de uma abordagem estatística espaço-temporal. Estudo semelhante¹⁹, no estado do Ceará, apresentou uma proposta relevante acerca da taxa de incidência de COVID-19: verificar a correlação espacial entre a incidência de patologia e o desenvolvimento humano nos municípios, utilizando o Índice I de Moran para verificar a autocorrelação espacial. No estudo, o IDHM de todos os municípios daquele estado foi a variável independente analisada. Sendo assim, ressaltam-se a importância e o diferencial de incluir novas variáveis sociodemográficas, como as utilizadas nesta pesquisa.

Dentre as políticas de contenção ao avanço da COVID-19 no Brasil estão recomendados o distanciamento social e a obrigatoriedade de notificação dos casos suspeitos e confirmados da doença²⁰. Em 22 de janeiro de 2020, o Ministério da Saúde tornou obrigatória a notificação imediata - em até 24 h - ao Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS), em consonância com o previsto em acontecimentos de relevância para a Saúde Pública²¹. No entanto, somente a partir do mês de março, os casos confirmados foram notificados na Paraíba. Nesse mês, apenas cinco cidades notificaram casos; dentre essas, o município de Igaracy, com população estimada para 2021 de 6.092 habitantes, exibiu uma taxa de incidência de 3,276/10.000, bastante superior à capital do estado²¹. Tal informação, em particular, vai de encontro ao que é mais observado na literatura: cidades mais desenvolvidas, inicialmente, apresentaram maior frequência de infecção pelo SARS-CoV-2, devido a uma maior circulação de pessoas²². É possível justificar essa dissonância devido à fragilidade que algumas cidades apresentaram ao implantar políticas de vigilância dos casos confirmados e óbitos. Ademais, é importante destacar a acelerada evolução no número de casos novos da doença no primeiro semestre de 2020. Nesse período, a Paraíba ocupava a segunda posição da região nordeste em número de casos confirmados da

doença²³. A partir do mês de agosto do mesmo ano, percebe-se um declínio nas notificações, provavelmente em razão de uma maior conscientização da população e, por conseguinte, maior adesão às medidas de controle, nomeadamente: uso de máscaras para proteção facial, incentivo à higienização das mãos, ações progressivas de distanciamento social, proibição de eventos públicos, desincentivo a viagens e uso de álcool para as mãos e superfícies²⁴.

Os mapas descritivos constituem uma alternativa bastante eficiente ao mapeamento geográfico e epidemiológico nos espaços com potencialidade à disseminação da infecção pelo SARS-CoV-2¹⁹. A partir de sua leitura e interpretação, no decorrer do tempo, é possível realizar planejamentos no âmbito da vigilância epidemiológica, com o objetivo, primeiramente, de compreender a dinâmica comportamental da incidência de casos e traçar metas para o combate ao avanço da pandemia, incluindo a alocação de recursos financeiros, sobretudo àquelas cidades com maiores taxas de acometimento.

Isto posto, foram desenvolvidos mapas dos quintis (março e abril) e dos quartis (maio a dezembro) no intuito de visualizar as frequências das taxas de COVID-19 em todos os municípios do estado da Paraíba. Para os meses março e abril, foram empregados quintis, já que foram observadas, em mais de 75% dos dados, frequências zeradas. Devido a isso, para conseguir diferenciar as frequências das taxas nos municípios, foi realizada uma nova descritiva com os dados diferentes de zero. Nesses mapas coropléticos, as maiores taxas de incidência são representadas proporcionalmente por cores mais escuras. Ao analisá-los, é perceptível uma concentração, nos meses iniciais da pandemia, de casos notificados nas cidades da mesorregião da Mata e do Agreste Paraibano, regiões que sediam as cidades mais populosas do estado, a capital João Pessoa e Campina Grande. Um achado similar foi observado no estudo de Pedrosa e Albuquerque²⁵, no estado do Ceará, por meio da aplicação da estatística espacial de Moran para identificar a distribuição do número de casos de COVID-19. Os achados desse estudo também exibiram maiores taxas iniciais nas cidades litorâneas e mais habitadas. Com o passar dos meses, houve uma considerável disseminação



Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Figura 2. Moran Maps da taxa de incidência dos casos notificados de COVID-19 entre os meses de março a dezembro de 2020.



do aumento dessas taxas de incidência entre as cidades do interior do estado. Esse cenário reflete a influência da economia, da grande mobilidade urbana e do maior fluxo de viagens nacionais e, especialmente, internacionais. Em outra perspectiva, o aumento dos casos nas cidades menores ratifica a interiorização do contágio. Outro fator importante está ligado ao fato de que a propagação geográfica inicial da COVID-19 tende a ser mais comum em cidades com grande acesso à internet, confirmando os dados apresentados nesta pesquisa, além de reforçar a necessidade de políticas de prevenção em cidades com maior densidade populacional.

Os dados sobre a contaminação pelo SARS-CoV-2 tendem a ser fortemente impactados por variáveis sociodemográficas²⁶, de modo geral induzindo a um maior risco de contágio pelo fato, por exemplo, de determinado grupo colecionar características potencialmente preditoras à disseminação do vírus. De forma exemplificativa, informações da literatura²⁷ relacionaram o aumento das taxas de incidência da COVID-19 entre indivíduos com menos anos de estudo, seja pelo fato de que esse tipo de público, normalmente, tende a assumir determinados comportamentos contrários aos preconizados pelas organizações de saúde, principalmente por falta de informação, ou pela relação com faixas etárias elevadas e toda a carga cultural envolvida.

Para estudos em aglomerados urbanos, a densidade demográfica tem sido apontada como influenciadora no surgimento de casos notificados²⁸. O presente estudo apontou uma correlação positiva entre a incidência da doença nas cidades da Paraíba e a densidade demográfica nessas áreas, com exceção encontrada no mês de dezembro. A nível global, foi percebido que tanto o tamanho populacional absoluto²⁹ quanto a densidade demográfica - mais precisamente no Japão³⁰, na Itália e no Irã³¹ - estiveram relacionados a maiores prevalências da doença. Pode-se interpretar tal correlação com base em, no mínimo, dois pontos de vista: maior circulação de pessoas nas cidades mais populosas e uma política de testagem mais ativa nesses municípios. De acordo com a evolução do índice de mobilidade urbana no primeiro semestre de 2020, na Paraíba, foi observada uma redução do distanciamento social, justificando o aumento considerável de casos nesse período²³.

Tem sido relatada uma relação entre um baixo nível socioeconômico a maiores taxas da doença em todo mundo³², possivelmente por influência de fatores como: instalações sanitárias adequadas, práticas de higiene, distribuição em massa de álcool à população carente para higienização das mãos. Esta pesquisa se propôs também a estudar uma possível relação entre os casos notificados de COVID-19 e a renda domiciliar *per capita* nos municípios paraibanos. Esse dado pode ser verificado a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua)³³, e traz acompanhamentos das flutuações a curto, médio e longo prazo da força de trabalho e outros dados necessários para o entendimento do desenvolvimento socioeconômico da nação. Os resultados aqui obtidos demonstram que alguns meses apontaram correlação estatística significativa para a variável RDPC. Dessa forma, para os meses nos

quais a correlação se apresentou significativa, quanto maior o rendimento domiciliar *per capita* do município, maior a taxa de incidência da infecção - dados ratificados pelo coeficiente de correlação. Essas informações podem ser concernentes ao fato de que cidades com maior número de famílias pertencentes aos estratos mais superiores de RDPC tendem a apresentar cultura de testes diagnósticos mais atuante. Por outro lado, cabe ressaltar que, em seu delineamento metodológico, a PNAD considera apenas domicílios permanentes, desconsiderando aquelas famílias que vivem à margem da sociedade, o que pode gerar viés de confusão.

De forma paralela observou-se que o comportamento da variável relacionada ao IDHM se mostrou bastante semelhante à anterior. No início da pandemia, as cidades com maiores índices de desenvolvimento notificaram mais casos do coronavírus e sua maioria relacionava-se a pessoas com histórico recente de viagens ao exterior²². O estudo de Maciel et al.¹⁹ também verificou a correlação entre a incidência de COVID-19 e o IDHM, corroborando com os presentes dados. De forma explicativa, é possível estabelecer um elo entre um IDHM elevado e uma maior circulação de pessoas, o que acarreta numa maior probabilidade de contágio. Por outro lado, menores níveis de IDHM expõem a vulnerabilidade social e a dificuldade de acesso aos serviços de saúde. No contexto da pandemia, a testagem dessa população se mostra fragilizada³⁴ e, com isso, influencia uma possível distorção dos dados epidemiológicos.

Uma vez organizadora do cuidado, a Atenção Primária à Saúde (APS) exerce papel crucial na mitigação da pandemia no Brasil ao protagonizar as ações de acolhimento e orientação em primeiro contato com o usuário, integralidade e longitudinalidade do cuidado, além da orientação familiar³⁵. Por mais que, ao longo dos meses estudados, a cobertura da atenção básica não tenha apresentado correlação estatística significativa, com exceção do mês de março, é possível observar uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de equipes de atenção básica e as notificações de COVID-19, com base no coeficiente de correlação. Esse dado chama atenção para o potencial de atuação da APS no controle da disseminação de novos casos. Um estudo ecológico conduzido em Santa Catarina³⁶, ao avaliar a influência da cobertura da atenção básica nos municípios, verificou que aqueles com maior cobertura da APS tiveram maior potencial de obter menores taxas de letalidade.

O analfabetismo, consoante o IBGE, refere-se a pessoas acima de 15 anos de idade que não conseguem articular, mesmo em pequenos textos, leitura e escrita. Entretanto, a compreensão de analfabetismo deve ir além dos domínios de leitura e escrita. Deve estar atrelado à compreensão das dimensões socioeconômicas e políticas, além do entendimento de conteúdos elementares que visem ao autocuidado em saúde. A maioria dos dados analisados para essa variável não se mostrou significativo. Mesmo assim, esses resultados trazem ineditismo ao estabelecer certa correlação com os casos incidentes do SARS-CoV-2. Aspectos como a cultura e religião devem ser levados em consideração nesse processo, uma vez que a adesão a medidas de higiene estabelecidas



pelas autoridades sanitárias é encarada como um desafio para a maior parte desse público.

No tocante à análise espacial do índice de Moran, foram constatadas áreas com forte correlação positiva, com padrão Alto-Alto, ou seja, determinada localidade com elevadas taxas de detecção e seus vizinhos apresentando similarmente altos números. Nos primeiros meses, esse padrão espacial foi observado em torno da capital do estado. Com o avançar do tempo, é possível identificar que essas áreas migraram, paulatinamente, para as regiões do interior. Os estudos de Maciel et al.¹⁹ e de Pedrosa e Albuquerque²⁵ corroboraram com os nossos resultados, ao encontrarem um padrão espacial Alto-Alto para a capital cearense. A grande mobilidade de pessoas, a dependência e as fortes relações socioeconômicas que as cidades do interior estabelecem com a capital³⁷, além do intenso fluxo rodoviário intraestadual podem se tornar justificativas plausíveis para a migração dessa dinâmica em direção às mesorregiões do interior. Outro dado importante é ausência de *clusters* Baixo-Baixo, revelando uma distribuição preocupante dos casos no estado.

O presente estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A primeira delas é a falácia ecológica, inerente ao tipo de estudo desenvolvido nessa metodologia, a partir da qual surgem dificuldades em estabelecer relações causais a partir de indivíduos pertencentes a grupos bastante heterogêneos quanto à exposição³⁸. Em outros termos, uma associação observada entre agregados não expressa, obrigatoriamente, a mesma condição a nível dos indivíduos. Ademais, a testagem e, conseqüentemente, a notificação estão relacionadas aos casos sintomáticos, deixando uma lacuna importante de informação quanto ao quantitativo de pessoas assintomáticas em circulação.

Em contrapartida, este tipo de conteúdo tem grande potencial de fornecer dados consistentes para a realização de

planejamentos de ações de enfrentamento à disseminação do novo coronavírus, além de uma modelagem preditiva para uma adequada tomada de decisão e construção de políticas públicas. Para mais, o estudo apresenta validade interna considerável, uma vez que os dados são representativos para os aglomerados urbanos, porém é preciso prudência ao analisar as taxas de incidência em virtude da subnotificação das informações. Mesmo que esses dados se refiram ao ano de 2020, a sua magnitude é validada pela necessidade de uma análise aprofundada de forma permanente - incluindo a adoção de metodologias de georreferenciamento - justamente porque percebe-se que o comportamento epidemiológico dos casos está em constante oscilação.

CONCLUSÕES

A análise espacial realizada, refinada com o uso das técnicas de dados de área, pôde melhorar de forma considerável a compreensão de padrões espaciais e dinâmicas comportamentais a respeito da taxa de incidência de COVID-19, já que foi observada uma autocorrelação especial positiva para alguns meses em 2020 na Paraíba. O estudo permitiu verificar, por meio dos mapas descritivos, quais as áreas com maiores taxas de notificação da doença. Algumas cidades, portanto, apresentaram altas taxas de incidência e, além disso, demonstraram potencial de influenciar o aumento da incidência em localidades vizinhas, fato que deve ser levado em consideração durante o planejamento de estratégias multiprofissionais. Vale ressaltar a influência de algumas variáveis sociodemográficas na taxa incidência, sobretudo a densidade demográfica, o IDHM e a renda *per capita* por domicílios. Desse modo, faz-se necessária a estruturação de estratégias permanentes de promoção da saúde que foquem na prevenção e no autocuidado da saúde.

REFERÊNCIAS

1. Sharma A, Lal SK. Zika virus: transmission, detection, control, and prevention. *Front Microbiol.* 2017;8:1-14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00110>
2. Wenham C, Smith J, Morgan R. COVID-19: the gendered impacts of the outbreak. *Lancet.* 2020;395(10227):846-8. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30526-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30526-2)
3. Rothan HA, Byrareddy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J Autoimmun.* 2020;109:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102433>
4. Raoult D, Zumla A, Locatelli F, Ippolito G, Kroemer G. Coronavirus infections: epidemiological, clinical and immunological features and hypotheses. *Cell Stress.* 2020;4(4):66-74. <https://doi.org/10.15698/cst2020.04.216>
5. Wu D, Wu T, Liu Q, Yang Z. The SARS-CoV-2 outbreak: what we know. *Int J Infect Dis.* 2020;94:44-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.004>
6. Van Doremalen N, Miazgowicz KL, Milne-Price S, Bushmaker T, Robertson S, Scott D et al. Host species restriction of Middle East respiratory syndrome coronavirus through its receptor, dipeptidyl peptidase 4. *J Virol.* 2014;88(16):9220-32. <https://doi.org/10.1128/JVI.00676-14>
7. Umakanthan S, Sahu P, Ranade AV, Bukelo MM, Rao JS, Abrahao-Machado LF et al. Origin, transmission, diagnosis and management of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Postgrad Med J.* 2020;96(1142):753-8. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2020-138234>
8. Ministério da Saúde (BR). Saiba como é feito o diagnóstico dos casos de COVID-19 no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde; 2021[Acesso em 19 set 2021]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/diagnostico>
9. Lan L, Xu D, Ye G, Xia C, Wang S, Li Y et al. Positive RT-PCR test results in patients recovered from COVID-19. *JAMA.* 2020;323(15):1502-3. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2783>



10. Rothe C, Schunk M, Sothmann P, Bretzel G, Froeschl G, Wallrauch C et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *N Engl J Med.* 2020;382(10):970-1. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2001468>
11. Moreira RS. Latent class analysis of COVID-19 symptoms in Brazil: results of the PNAD- Covid19 survey. *Cad Saúde Pública.* 2021;37(1):1-14. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00238420>
12. Lima NT, Buss PM, Paes-Sousa R. A pandemia de COVID-19: uma crise sanitária e humanitária. *Cad Saúde Pública.* 2020;36(7):1-4. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00177020>
13. Ministério da Saúde (BR). Dados consolidados sobre o COVID-19. Brasília: Ministério da Saúde; 2021.
14. Mendonça FD, Rocha SS, Pinheiro DLP, Oliveira SV. Região norte do Brasil e a pandemia de COVID-19: análise socioeconômica e epidemiológica. *J. Health NPEPS.* 2020;5(1):20-37. <https://doi.org/10.30681/252610104535>
15. Merchán-Hamann E, Tauil PL. Proposta de classificação dos diferentes tipos de estudos epidemiológicos descritivos. *Epidemiol Serv Saúde.* 2021;30(1):1-13. <https://doi.org/10.1590/s1679-49742021000100026>
16. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2012.
17. R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2021.
18. Guerriero ICZ. Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 que trata das especificidades éticas das pesquisas nas ciências humanas e sociais e de outras que utilizam metodologias próprias dessas áreas. *Cien Saúde Colet.* 2016;21(8):2619-29. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015218.17212016>
19. Maciel JAC, Castro-Silva II, Farias MR. Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de COVID-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil. *Rev Bras Epidemiol.* 2020;23:1-17. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200057>
20. Ministério da Saúde (BR). Plano de contingência nacional para infecção humana pelo novo coronavírus COVID-19. Brasília: Ministério da Saúde; 2020.
21. Ministério da Saúde (BR). Boletim epidemiológico 4: novo coronavírus (2019-nCoV). Brasília: Ministério da Saúde; 2020
22. Silva J, Muniz A. Pandemia do coronavírus no Brasil: impactos no pandemia do coronavírus no Brasil. *Espaço Econ.* 2020;9(17):1-20. <https://doi.org/10.4000/espacoconomia.10501>
23. Kerr L, Kendall C, Silva AAM, Aquino EML, Pescarini JM, Almeida RLF et al. COVID-19 no Nordeste brasileiro: sucessos e limitações nas respostas dos governos dos estados. *Cien Saúde Colet.* 2020;25(Supl.2):4099-120. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.28642020>
24. Aquino EM, Silveira IH, Pescarini JM, Aquino R, Souza-Filho JA, Rocha AS et al. Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil. *Cien Saúde Colet.* 2020;25(Supl.1):2423-46. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10502020>
25. Pedrosa NL, Albuquerque NLS. Análise espacial dos casos de COVID-19 e leitos de terapia intensiva no estado do Ceará, Brasil. *Cien Saúde Colet.* 2020;25:2461-8. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10952020>
26. Borges GM, Crespo CD. Aspectos demográficos e socioeconômicos dos adultos brasileiros e a COVID-19: uma análise dos grupos de risco a partir da pesquisa nacional de saúde, 2013. *Cad Saúde Pública.* 2020;36(10):1-15. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00141020>
27. Rezende LF, Thome B, Schweitzer MC, Souza-Júnior PRB, Szwarcwald CL. Adults at high-risk of severe coronavirus disease-2019 (COVID-19) in Brazil. *Rev Saúde Pública.* 2020;54:1-9. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054002596>
28. World Health Organization - WHO. The corona virus disease 2019 (COVID-19). Geneva: World Health Organization; 2020.
29. Cao Y, Hiyoshi A, Montgomery S. COVID-19 case-fatality rate and demographic and socioeconomic influencers: worldwide spatial regression analysis based on country-level data. *BMJ Open.* 2020;10(11):1-12. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043560>
30. Bassino JP, Ladmiral G. Socio-economic factors influencing COVID-19 spread in Japan: evidence from the second wave (March-May 2020). *ResearchGate Preprint.* 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12371.60961>
31. Sjödin H, Wilder-Smith A, Osman S, Farooq Z, Rocklöv J. Only strict quarantine measures can curb the coronavirus disease (COVID-19) outbreak in Italy, 2020. *Euro Surveill.* 2020;25(13):1-6. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.13.2000280>
32. Schellekens P, Sourrouille DM. COVID-19 mortality in rich and poor countries: a tale of two pandemics? Policy research working papers. Washington: World Bank Group; 2020.
33. Travassos C, Viacava F, Laguardia J. Os suplementos Saúde na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) no Brasil. *Rev Bras Epidemiol.* 2008;11(Supl.1):98-112. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2008000500010>
34. Ribas RM, Campos PA, Brito CS, Gontijo-Filho PP. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and healthcare-associated infections: emerging and future challenges for public health in Brazil. *Travel Med Infect Dis.* 2020;37:1-2. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101675>



35. Garg S, Basu S, Rustagi R, Borle A. Primary health care facility preparedness for outpatient service provision during the COVID-19 pandemic in India: cross-sectional study. *JMIR Public Health Surveill.* 2020;6(2):1-7. <https://doi.org/10.2196/19927>
36. Souza SS, Cunha AC, Suplici SER, Zamprogna KM, Laurindo DLP. Influência da cobertura da atenção básica no enfrentamento da COVID-19. *J Health NPEPS.* 2021;6(1):1-21. <https://doi.org/10.30681/252610104994>
37. Silva B. A interiorização da COVID-19 no Nordeste: temos infraestrutura de saúde. Natal: Conselho Regional de Economia-RN; 2020.
38. Costa MFL, Barreto SM. Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. *Epidemiol Serv Saude.* 2003;12(4):189-201. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742003000400003>

Contribuição dos Autores

Silva GCB, Olinda RA - Concepção, planejamento (desenho do estudo), análise, interpretação dos dados e redação do trabalho. Silva GB, Nascimento AA - Concepção, planejamento (desenho do estudo), análise e interpretação dos dados. Pachá ASC - Concepção, planejamento (desenho do estudo). Pamplona YAP, Martins LC - Análise e interpretação dos dados. Todos os autores aprovaram a versão final do trabalho.

Conflito de Interesse

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Licença CC BY. Com essa licença os artigos são de acesso aberto que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.