



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE  
AGRIMENSURA

MAYARA COSTA SILVA

**ANÁLISE DE FATORES SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS DA  
COVID-19, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO DE 2021, NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE

2022

MAYARA COSTA SILVA

**ANÁLISE DE FATORES SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS DA  
COVID-19, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO DE 2021, NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Recife, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Portugal

RECIFE

2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S586a Silva, Mayara Costa.  
Análise de fatores socioeconômicos, ambientais e espaciais da COVID-19, no período de março de 2020 até outubro de 2021, no estado de Pernambuco / Mayara Costa Silva. - 2022.  
32 folhas, il.; tab.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Portugal.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2022.  
Inclui Referências.

1. Engenharia Cartográfica e Agrimensura. 2. COVID-19. 3. Taxa de incidência. 4. Análise espacial. 5. Regressão linear. I. Portugal, José Luiz (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.) BCTG/2022-296

MAYARA COSTA SILVA

**ANÁLISE DE FATORES SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS DA  
COVID-19, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO DE 2021, NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Recife, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Aprovado em: 25/05/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. José Luiz Portugal**

(Orientador - UFPE)

---

**Profa. Dra. Andréa Flávia Tenório Carneiro**

(Examinadora Interna - UFPE)

---

**Profa. Dra. Cristine Vieira do Bonfim**

(Examinadora Externa - CIEG/FUNDAJ)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu bom Deus pela oportunidade, pois sem ele nada disto seria possível, a minha mãe, Patrícia Costa, por todo empenho, esforço e dedicação para que eu chegasse até aqui hoje. Aos meus familiares pelo incentivo e apoio, em especial a minha avó Noemia e minha tia Cristina e ao meu esposo, Sidney Narciso, por permanecer ao meu lado desde o início desta jornada sendo meu maior apoio.

Aos amigos que a UFPE me proporcionou, em especial, Camila Souza e Guilherme Oliveira e as amigos conquistados ao longo da vida, em especial, Anne Maria, por ser sempre minha incentivadora.

Agradeço ao meu orientador, José Luiz Portugal, pelos ensinamentos, dedicação e orientação na realização deste trabalho e a Cristine Bonfim, minha chefe quando estagiária na Fundação Joaquim Nabuco, a qual me despertou o interesse pelo tema deste trabalho, pelos ensinamentos e incentivo ao longo dos anos.

Aos professores do Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura pelos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação acadêmica e profissional.

## RESUMO

O presente trabalho têm por objetivo verificar espacialmente a taxa de incidência dos casos da COVID-19 no estado de Pernambuco, assim como a sua correlação com fatores socioeconômicos e ambientais. Para cumprir esse objetivo foi necessário: (i) verificar a existência de autocorrelação espacial da incidência de casos da doença a partir de uma análise estatística espacial por intermédio do índice de Moran global e local; (ii) investigar as variáveis socioeconômicas e ambientais com poder explicativo para doença mediante a aplicação de uma regressão linear multivariada a partir da utilização do método *stepwise*. Como resultado foi possível constatar a existência da estrutura espacial na incidência de casos da COVID-19 no estado, identificando 15 municípios como mais críticos para uma possível intervenção do poder público. Assim como, obteve-se um modelo linear, com três variáveis (Theil-L, taxa de envelhecimento e bolsa família), que explicam 25,5% da variação da taxa de incidência da COVID-19 no estado de Pernambuco.

**Palavras-chave:** COVID-19; taxa de incidência; análise espacial; regressão linear.

## ABSTRACT

The present work aims to spatially verify the incidence rate of cases of COVID-19 in the state of Pernambuco, as well as its correlation with socioeconomic and environmental factors. To fulfill this objective it was necessary: (i) to verify the existence of spatial autocorrelation of the incidence of cases of the disease from a spatial statistical analysis by means of the global and local Moran index; (ii) to investigate the socioeconomic and environmental variables with explanatory power for the disease by applying a multivariate linear regression using the stepwise method. As a result, it was possible to verify the existence of a spatial structure in the incidence of cases of COVID-19 in the state, identifying 15 municipalities as more critical for a possible intervention by the government. As well as, a linear model was obtained, with three variables (Theil-L, aging rate and family allowance), which explain 25.5% of the variation of the incidence rate of COVID-19 in the state of Pernambuco.

**Keywords:** COVID-19; incidence rate; spatial statistics; linear regression.

## SUMÁRIO

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                    | <b>08</b> |
| <b>2</b>     | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....         | <b>10</b> |
| 2.1          | ANÁLISE ESPACIAL E SAÚDE .....             | 10        |
| 2.2          | ESTATÍSTICA ESPACIAL .....                 | 11        |
| <b>2.2.1</b> | <b>Análise espacial</b> .....              | <b>12</b> |
| <b>2.2.2</b> | <b>Taxa bruta</b> .....                    | <b>13</b> |
| <b>2.2.3</b> | <b>Autocorrelação espacial</b> .....       | <b>13</b> |
| 2.2.3.1      | Índice de Moran .....                      | 13        |
| <b>2.2.4</b> | <b>Regressão linear multivariada</b> ..... | <b>15</b> |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....           | <b>17</b> |
| 3.1          | FONTE DE DADOS .....                       | 18        |
| 3.2          | ANÁLISE DOS DADOS .....                    | 20        |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....        | <b>24</b> |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO</b> .....                     | <b>29</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                   | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A COVID-19 é uma doença infecciosa causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2) e tem como sintomas febre, cansaço, tosse seca, perda de paladar ou olfato, falta de ar, entre outros menos comuns (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2020). Foi identificada pela primeira vez em dezembro de 2019, em Wuhan, Hubei, China, por meio de uma série de casos de pneumonia de causa desconhecida com características clínicas muito semelhantes à pneumonia viral (HUANG *et al.*, 2020).

A doença se espalhou rapidamente da província de Wuhan para outras áreas e em 30 de janeiro de 2020 a OMS declarou o surto como uma emergência de saúde pública de interesse internacional. Nesta data, totalizavam-se 9.826 casos confirmados, destes, 9.720 encontravam-se na China e os demais distribuídos em 20 países distribuídos por diferentes regiões: Europa, América, Sudeste da Ásia e Pacífico Ocidental (OMS, 2020).

Em 11 de março de 2020 o diretor geral da OMS declarou a COVID-19 como uma pandemia, nesta data já se registravam mais de 118.000 casos em 114 países e 4.291 pessoas perderam a vida (OMS, 2020). Desde então, inúmeras são as tentativas para explicar o surgimento deste novo vírus. Sua forma de contágio é por meio de gotículas respiratórias expelidas por alguém que está tossindo ou tem outros sintomas, mas constatou-se que pessoas assintomáticas também podem transmitir o vírus (LAI, *et al.*, 2020).

Como medida de saúde pública empregada por alguns países, a implementação da quarentena, restrição de movimento e a separação de indivíduos expostos ao vírus, do restante da população, tem permitido o monitoramento dos sintomas e a detecção precoce dos casos (BERRIÓS, *et al.*, 2020). Sendo assim foram instituídas medidas preventivas individuais, que incluem a lavagem das mãos, uso de máscara, a etiqueta respiratória e o distanciamento social (GARCIA; DUARTE, 2020).

O insuficiente conhecimento científico sobre o novo coronavírus, sua alta velocidade de disseminação e capacidade de provocar mortes em populações vulneráveis, geraram incertezas sobre quais seriam as melhores estratégias para o enfrentamento da epidemia (WERNECK; CARVALHO, 2020).

Frente a isto, mundialmente é realizada a busca por uma vacina eficaz e segura para o novo coronavírus, esta foi a esperança para controlar e minimizar o avanço da doença. Para que uma vacina fosse desenvolvida se fez necessário o cumprimento de etapas,

consequentemente é preciso tempo, investimento, esforço humano e a garantia de que a vacina seja ofertada como um bem público à toda a população (STEVANIM, 2020).

Ainda segundo Stevanim (2020) a crise causada pela COVID-19 evidenciou a desigualdade social no mundo e no Brasil. As doenças geram diferentes impactos nas classes sociais, sobretudo nos grupos mais pobres, devido ao baixo acesso à água tratada, saneamento, estrutura e renda que permita adotar as medidas de prevenção (SOUZA, 2020).

Analisar a distribuição espacial da doença é primordial para prever surtos locais e desenvolver estratégias de resposta durante os estágios iniciais da emergência da COVID-19 (CAVALCANTE; ABREU, 2020).

O primeiro caso de COVID-19 no Brasil, e na América do Sul, foi relatado em 26 de fevereiro de 2020 em São Paulo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Após um ano, atingia-se 10.455.630 casos confirmados no país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Pernambuco é um estado brasileiro com população estimada para 2021 de 9.674.793 pessoas segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com densidade demográfica de 89,62 hab/km<sup>2</sup> no último censo. De acordo com o Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS-PE), o primeiro caso no estado foi registrado em 12 de março de 2020, chegando a 298.859 casos após um ano.

A pandemia de COVID-19 influenciou diretamente na vida das pessoas que já se encontravam em situação de vulnerabilidade social (ESTRELA, 2020). A distância entre moradia e trabalho, a dependência do transporte coletivo, a densidade demográfica e as limitações do espaço interno de moradias estabelecem situações de risco para grupos com tais características (SANTOS, 2020).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem o mapeamento das doenças e contribuem na estruturação e análise de riscos socioambientais (SKABA, 2004). Como forma de compreender e explicar melhor tais acontecimentos busca-se suporte na estatística, que associada à estudos para a saúde é usada para modelar a realidade. Estes modelos simplificam a realidade a fim de entender um sistema, seu funcionamento, buscar causas de fenômenos, avaliar intervenções e prever desfechos (ANDRADE, 2007).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é analisar espacialmente a relação da incidência da COVID-19 e sua relação com fatores sociais, econômicos e ambientais do estado de Pernambuco. Tal aplicação é primordial na previsão de surtos locais e para desenvolver estratégias de resposta, pois identifica áreas prioritárias para uma possível intervenção do poder público.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A COVID-19 surgiu na China em dezembro de 2019, se disseminou rapidamente pelo mundo e chegou ao Brasil em fevereiro de 2020. O primeiro caso confirmado ocorreu em São Paulo e logo espalhou-se por todos os estados do país, gerando uma rápida contaminação em massa, sendo declarada como pandemia em março pela Organização Mundial de Saúde.

As causas e sintomas ainda pouco desconhecidas dificultaram a tomada de decisão pelos órgãos competentes. Cada vez mais uma quantidade significativa de vítimas eram acometidas pela doença, altas taxas de internações causando super lotações, falta de leitos, escassez de insumos e uma elevação do número de óbitos. Desde então buscou-se alternativas para mitigar os riscos associados a doença.

Com influência direta na vida das pessoas, surgiram inúmeras tentativas para explicar o comportamento da doença. Esta pode ser analisada em função do seu espaço geográfico a partir da aplicação de técnicas que envolvam sistemas de informações geográficas e análises estatísticas. Tais procedimentos permitem compreender a doença e auxiliam na tomada de decisões pelo poder público responsável.

### 2.1 ANÁLISE ESPACIAL E SAÚDE

Lawson (2001):

O mapeamento de doenças pode ser utilizado para se avaliar a necessidade de alocação de recursos para a saúde de acordo com a variação geográfica, assim como pode ser útil em estudos de investigação da relação da incidência da doença com variáveis explicativas.

Para BARCELLOS (2002), a doença é uma manifestação do indivíduo, e a situação de saúde é uma manifestação do lugar. Estes lugares, em uma determinada região, são resultantes do acúmulo de situações históricas, ambientais e sociais que promovem condições particulares para a produção de doenças.

A análise espacial é o estudo quantitativo de fenômenos que são possíveis de serem localizados no espaço, ou seja, o fenômeno estudado possui uma referência espacial ou geográfica (DOS SANTOS; JUNIOR, 2006). A análise espacial tem se mostrado uma alternativa promissora na identificação de áreas prioritárias para as intervenções em saúde (RODRIGUES; *et al.*, 2014). O mapeamento de doenças corresponde a um dos ramos da epidemiologia espacial, assim como a análise ecológica, estudo de origens e cluster de doenças (CAUMO, 2006).

A análise de fenômenos de saúde no espaço serve antes de tudo para fazer ou apresentar uma síntese de indicadores epidemiológicos, ambientais e sociais (BARCELLOS, 2002). Os mapas temáticos são extremamente utilizados em diversas áreas, como saúde pública e criminologia, para visualizar a distribuição espacial de um evento, como uma doença ou um tipo de crime. Fundamentado nisso, é possível indicar as prováveis áreas com concentração da ocorrência ou predomínio desse evento, demonstrando a necessidade de intervenção ou de investigação mais aprofundada das causas desse fato (DOS SANTOS; RODRIGUES; LOPES, 2005).

A ferramenta do geoprocessamento permite a incorporação de uma gama de variáveis, como a extensão, localização, tempo e características socioeconômicas, aos estudos em saúde (BARCELLOS; BASTOS, 1996). Tal ferramenta adere a utilização destas variáveis por meio da manipulação de banco de dados de interesse para análise de saúde (BARCELLOS; BASTOS, 1996) e apresenta vantagens não só na detecção, mas na apresentação visual de agrupamentos *clusters* (ROTHMAN, 1990).

## 2.2 ESTATÍSTICA ESPACIAL

A estatística espacial é o conjunto de métodos de análise de dados em que a localização geográfica é usada explicitamente na análise. A estatística nos estudos em saúde é aplicada para modelar a realidade. Modelos são simplificações da realidade usadas para entender um sistema, estudar seu funcionamento, buscar causas de fenômenos, avaliar intervenções e prever desfechos (ANDRADE, *et al.*, 2007).

Segundo Box (1979) “todos os modelos estão errados, alguns modelos são úteis”, ou seja, não existe modelo certo, mas modelos que servem a algum propósito. As principais áreas de aplicação da estatística espacial são o mapeamento de doenças, os estudos ecológicos e a identificação de aglomerados espaciais, assim como de dispersões e de aleatoriedades (ANDRADE, *et al.*, 2007).

A epidemiologia é a ciência que estuda os padrões da ocorrência de doenças em populações humanas e os fatores determinantes destes padrões (LILIENFELD, 1980 citado por MENEZES, 2001). A epidemiologia aborda o processo saúde doença em grupos de pessoas que podem variar de pequenos grupos até populações inteiras (MENEZES, 2001).

A Associação Internacional de Epidemiologia apresenta os três principais objetivos da epidemiologia: I. Descrever a distribuição e a magnitude dos problemas de saúde das populações humanas; II. Proporcionar dados essenciais para o planejamento, execução e

avaliação das ações de prevenção, controle e tratamento das doenças, bem como para estabelecer prioridades; III. Identificar fatores etiológicos na gênese das enfermidades.

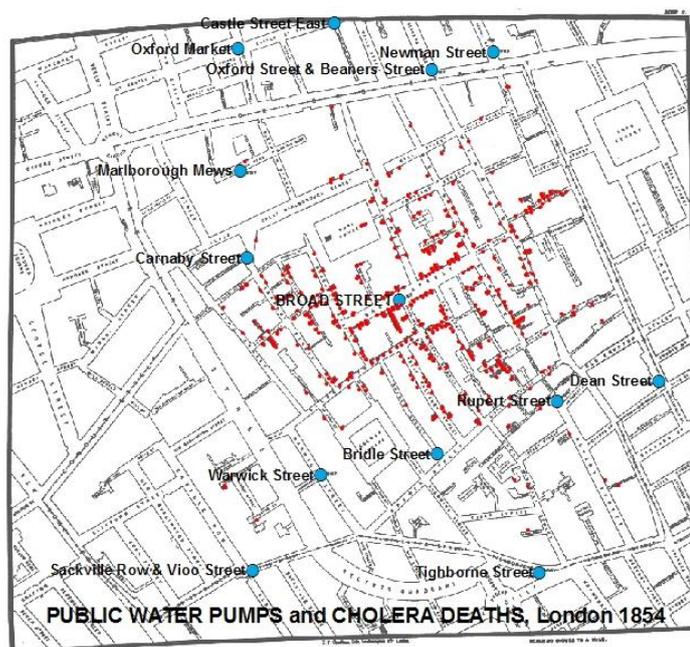
### 2.2.1 Análise espacial

As técnicas de análise espacial podem ser dispostas, a partir do objeto e do tipo de dado disponível. Segundo Bailey & Gatrell (1995) tais técnicas estão sistematizadas por distribuição de pontos, geoestatística, dados de áreas e deslocamento.

Segundo Câmara *et al.* (2004), a análise a partir dos dados de áreas utilizam eventos agregados por municípios, bairros ou setores censitários, onde não se dispõe da localização exata dos eventos, mas sim de um valor por área. Desta forma pode-se afirmar que são dados agregados em espaços com polígonos fechados. Já os dados pontuais tratam de coordenadas no espaço, ou seja, a localização espacial da ocorrência de casos da doença. Estes pontos estão distribuídos dentro de uma região de estudo.

Segundo Câmara *et al.* (2004), o pioneiro na análise espacial foi o médico inglês John Snow no século XIX, que a partir de uma análise espacial do mapa de Londres conseguiu atribuir a epidemia de cólera a ingestão de água insalubre. Em posse da localização dos óbitos e também dos poços de água existentes, Snow destacou a localização em forma de ponto no mapa de Londres, como mostra a figura 1, e assim percebeu que a maioria dos óbitos havia ocorrido em volta do poço da Broad Street, identificando a fonte de contaminação, contribuindo para o controle da epidemia.

Figural: Mapa de Londres dos óbitos por cólera e poços



Fonte: Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sr10.htm>>.

Os dados atribuídos a este estudo da COVID-19 serão os dados por áreas, pois os dados são divulgados por município, e estes são agregados em uma determinada área.

### **2.2.2 Taxa bruta**

A taxa bruta é o estimador mais simples para o risco de ocorrência de um evento, definindo-se como a razão entre o número de eventos ocorridos na área e o número de pessoas expostas à ocorrência desse evento (DOS SANTOS; RODRIGUES; LOPES, 2005).

Porém um problema associado a esta taxa é a instabilidade para determinar eventos em populações pequenas, bem como em regiões que não ocorrem casos do evento. Posto isto, as variações bruscas que ocorrem com estas taxas podem nada ter a ver com o fenômeno e sim com uma variabilidade associada às observações (DOS SANTOS; RODRIGUES; LOPES, 2005).

### **2.2.3 Autocorrelação espacial**

A autocorrelação espacial é a relação entre eventos próximos no espaço, no qual a análise exploratória visa identificar a estrutura de correlação espacial que melhor descreva os dados (CÂMARA *et al.*, 2014). Segundo Almeida (2012), o objetivo é testar a hipótese de aleatoriedade na distribuição dos dados espaciais. Para tal, as ferramentas utilizadas podem ser o índice global de Moran, o índice de Geary e o variograma. Para evidenciar os regimes espaciais será utilizado o indicador local de autocorrelação espacial, índice de Moran local.

De acordo com Anselin (1995), um indicador local de autocorrelação espacial tem de atender a dois objetivos:

- I. Permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos;
- II. Ser uma decomposição do índice global de associação espacial.

#### **2.2.3.1 Índice de Moran**

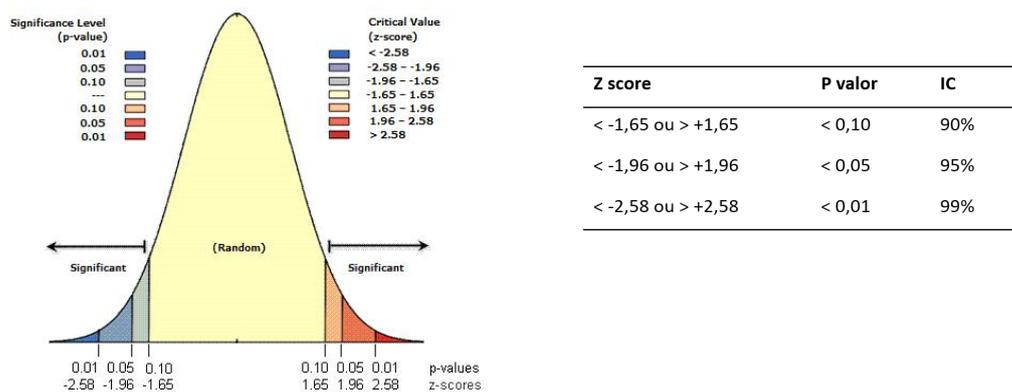
O índice de Moran é um indicador de autocorrelação espacial que é subdividido em global e local. O índice de Moran Global informa a interdependência espacial entre todas as áreas em análise, enquanto o Moran Local analisa a covariância entre uma determinada área e uma certa vizinhança em função de uma distância.

Os indicadores globais de autocorrelação espacial, como o índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, o que é útil na caracterização da região de estudo como um todo (MONTEIRO, *et al.*, 2004).

O índice de Moran Global testa a hipótese nula que os dados tem distribuição aleatória no espaço, a partir de um  $P_{\text{valor}}$  ou  $Z_{\text{score}}$  conforme a seguir:

1.  $P_{\text{valor}}$  não significativo: aceita  $H_0$ , os dados têm distribuição aleatória no espaço;
2.  $P_{\text{valor}}$  significativo e  $Z_{\text{score}}$  positivo: rejeita  $H_0$ , os dados têm distribuição aglomerada com altos valores próximos a altos valores e baixos valores próximos a baixos valores;
3.  $P_{\text{valor}}$  significativo e  $Z_{\text{score}}$  negativo: rejeita  $H_0$ , os dados têm distribuição dispersa, altos valores repelem altos valores e baixos valores repelem baixos valores;
4. Valores altos de  $Z_{\text{score}}$  correspondem a valores baixos de  $P_{\text{valor}}$ ;
5. Tanto  $P_{\text{valor}}$  como  $Z_{\text{score}}$  são associados a uma distribuição normal, veja figura 2.

Figura 2: Distribuição Normal



Fonte: A autora (2022), gerada no programa ArcMap.

Os indicadores locais de autocorrelação espacial produzem um valor específico para cada área, permitindo assim a identificação de agrupamentos (MONTEIRO, *et al.*, 2004). Assim, o índice de Moran local mostrará as áreas prioritárias para intervenção em relação à variável analisada. Tal índice varia de -1 à +1 e segundo Almeida (2012), a autocorrelação espacial positiva mostra uma similaridade (aglomeração) entre os dados analisados e a localização espacial do atributo (altos valores próximos de altos valores - AA ou baixos valores próximos de baixos valores - BB). A autocorrelação negativa revela o contrário, uma dissimilaridade entre os dados analisados e a localização espacial do atributo (altos valores próximos a baixos valores - AB ou baixos valores próximos a altos - BA). Convém ressaltar que os valores próximos à  $\pm 1$  indicam uma estrutura espacial para os dados e o valor 0 indica o contrário, ou seja, aleatoriedade espacial para os dados.

Outro fato a ser considerado para implementação dos índices diz respeito ao tipo de vizinhança a ser adotado. Dentre essas cita-se: vizinhança por contiguidade de arestas e vértices, por distância fixa simples ou por inverso da distância com ponderação, por zona de indiferença entre outras. Para maiores detalhes sobre isso sugere-se consultar o Manual do ArcGIS ou a página da web <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm>.

Para concluir sobre a aceitação do Índice de Moran (global ou local) se faz necessário testá-lo em relação a determinado nível de significância. Para isso emprega-se o p-valor que testa a hipótese nula de que os dados têm distribuição aleatória no espaço. Em geral, o ponto de corte para o  $p_{\text{valor}}$  é 0,05, ou seja, quando o  $p_{\text{valor}}$  for inferior a esse valor rejeita-se a hipótese nula.

#### 2.2.4 Regressão linear multivariada

Quando se deseja avaliar a influência de um conjunto de fatores sobre doenças ou outras variáveis de interesse, a análise de regressão é um método estatístico que pode ser utilizado. Este método estabelece uma equação que simula os relacionamentos entre a variável dependente e os fatores que se almeja investigar (variáveis independentes) (CAPP; NIENOV, 2020).

Apesar da correlação pode ser um índice útil quando se compara duas ou mais variáveis, ela não nos informa sobre o poder preditivo das variáveis. Na análise de regressão, ajusta-se um modelo preditivo aos nossos dados e, então, usamos esse modelo para prever valores da variável dependente a partir de uma ou mais variáveis independentes (CAPP; NIENOV, 2020).

A regressão linear estima os coeficientes da equação linear, com o objetivo prever o comportamento de uma variável dependente (quantitativa) em função de uma (simples) ou mais (múltipla) variáveis independentes (quantitativas ou qualitativas binárias) (CAPP; NIENOV, 2020). A regressão linear é representado pela equação (1).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad \text{Eq. (1)}$$

onde  $y$  é a variável resposta (dependente) e  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) são as variáveis explicativas (independentes).  $\beta_0$  representa o valor de  $y$  quando as variáveis explicativas são nulas, os termos  $\beta_i$  são chamados de coeficientes de regressão e o resíduo ( $\varepsilon$ ) é o erro de previsão, ou

seja, a diferença entre os valores reais e os previstos da variável resposta, que é assumido normalmente distribuído com média zero e variância  $\sigma^2$  (HAIR Jr, *et al.*, 2005).

O objetivo da análise de regressão linear múltipla, assim como de todos os tipos de regressão, é encontrar uma equação (equação de regressão ou modelo de regressão) que prevê de maneira melhor a variável resposta a partir de uma combinação das variáveis explicativas (HAIR Jr, *et al.*, 2005). Isto é, espera-se encontrar os valores dos  $\beta$ 's que melhor se ajustem aos dados do problema.

Um fator importante da regressão linear é a normalidade dos dados, ou seja, os dados devem possuir uma distribuição aproximadamente normal. Sendo assim, o teste mais simples para verificar a normalidade é o histograma, que compara os valores dos dados observados com uma distribuição aproximadamente normal (TADANO; UGAYA; FRANCO, 2009).

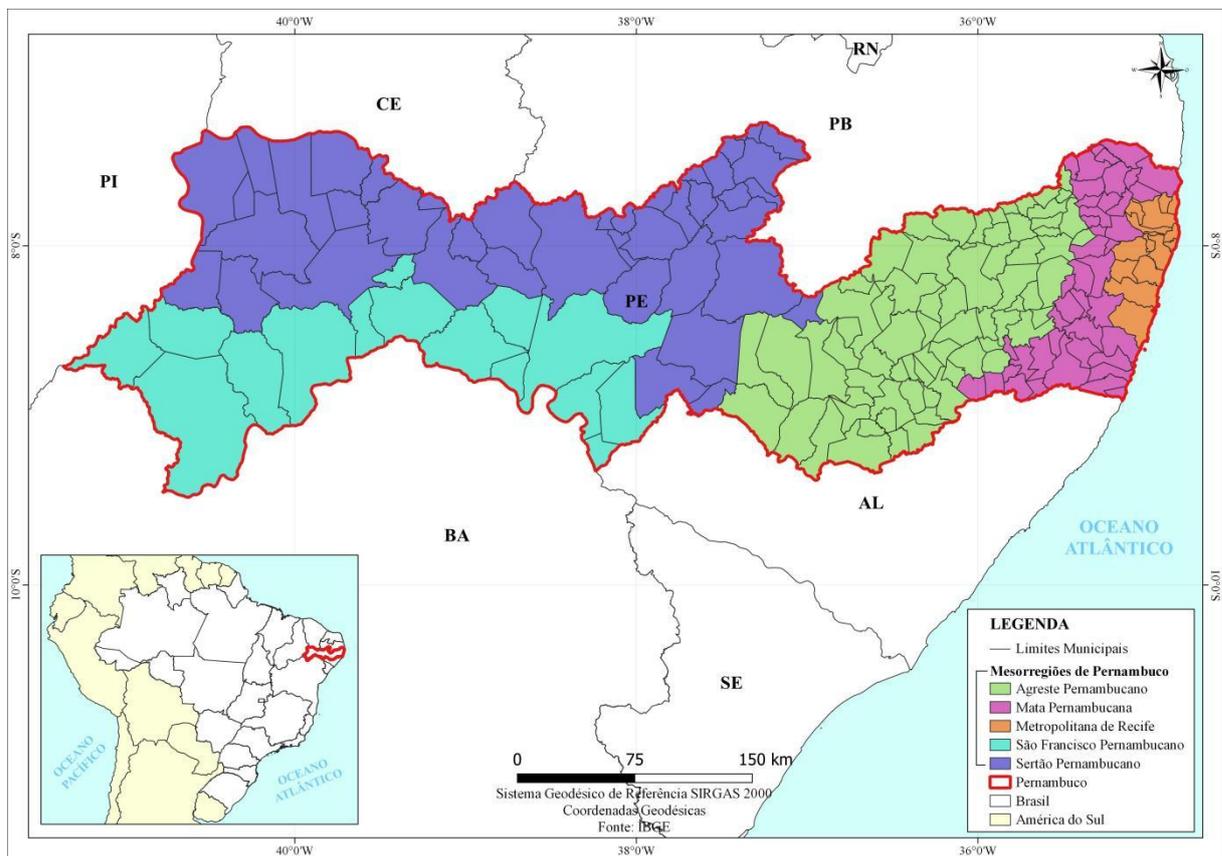
Existem diversos métodos para execução da regressão. Dentre esses cita-se o *stepwise* que de acordo com ABBAD; TORRES (2002) é geralmente utilizado para estudos exploratórios. Ao empregar este tipo de regressão, o pesquisador, tem por objetivo descrever relacionamentos pouco conhecidos entre variáveis, e não em os explicar. Em MINATTO (2010), a análise de regressão linear múltipla *stepwise* foi utilizada para determinar os possíveis efeitos de cada variável independente em relação à dependente. Esse método será utilizado no presente trabalho.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estado de Pernambuco está situado na região Nordeste do Brasil, com extensão territorial de 98.067,880 Km<sup>2</sup> em 2020 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), distribuídos ao longo de 185 municípios, com capital em Recife. Faz fronteira com os estados da Paraíba, Ceará, Alagoas, Bahia e Piauí, e com o oceano atlântico (figura 3). Trata-se de um estudo ecológico que teve como unidade de análise os municípios do estado de Pernambuco.

A população estimada para 2021 foi de 9.674.793 pessoas (IBGE, 2021). Subdivide-se em cinco mesorregiões, São Francisco Pernambucano; Sertão Pernambucano; Agreste Pernambucano; Mata Pernambucana e Metropolitana do Recife.

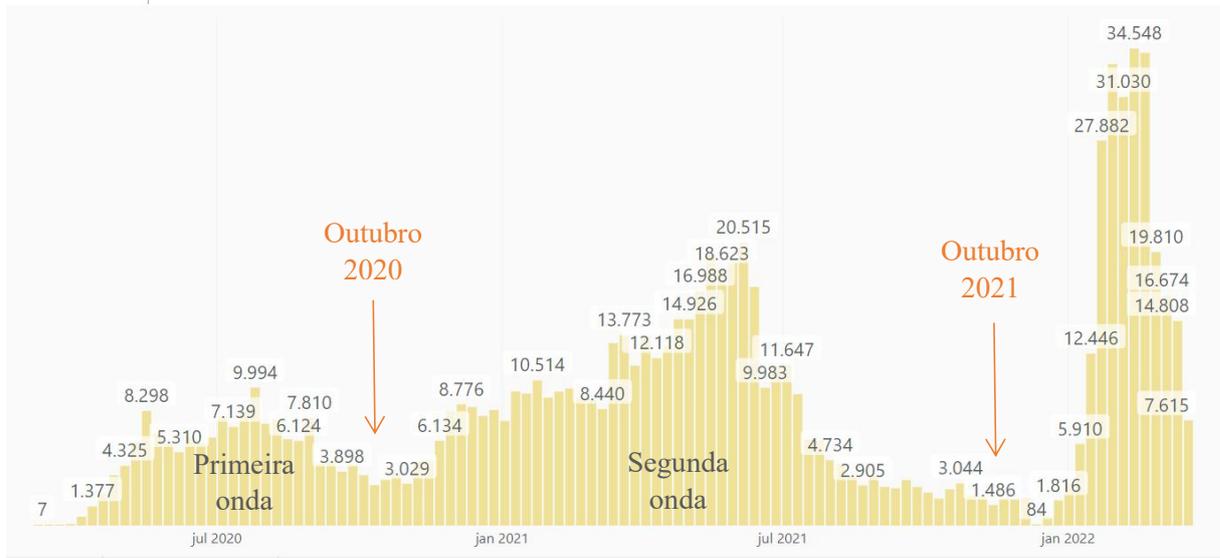
Figura 3: Mapa do estado de Pernambuco e suas mesorregiões



Fonte: A autora (2022).

Em Pernambuco o primeiro caso de COVID -19 foi confirmado no dia 12 de março de 2020 e até março do ano consecutivo atingiu 352.054 casos. A pandemia no Brasil subdividiu-se em primeira, segunda e terceira onda (figura 4), estas estão relacionadas com as diferentes variantes que surgiram. A partir desta análise verificou-se a necessidade de analisar os casos até o fim da segunda onda, quando ocorre uma brusca diminuição em sua totalidade.

Figura 4: Casos confirmados por data do boletim (semanal)

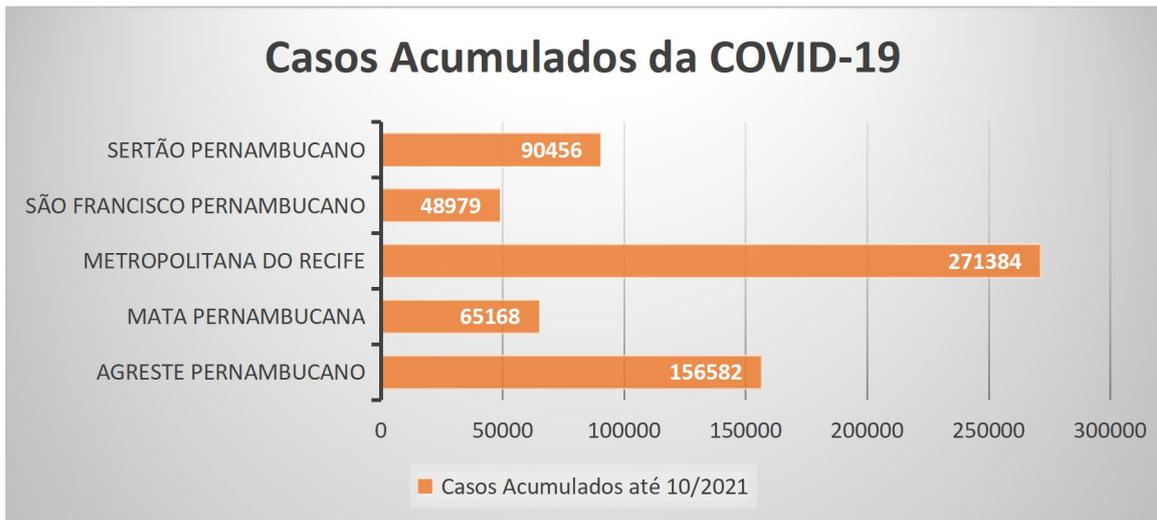


Fonte: Adaptado de COVID-19 em Dados, 20/03/2022.

Disponível em: <<https://dados.seplag.pe.gov.br/Apps/corona.html#geral>>.

No gráfico 1 verifica-se a disposição dos casos acumulados da doença de acordo com as mesorregiões pernambucanas. Observa-se que a maior ocorrência de casos é na região metropolitana do Recife, devido a grande concentração de habitantes nesta região.

Gráfico 1: Casos acumulados da COVID-19 de acordo com as mesorregiões de Pernambuco



Fonte: A autora (2022).

### 3.1 FONTE DE DADOS

Os casos acumulados da COVID -19, no período estudado, foram obtidos por meio do Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde de Pernambuco (CIEVS-PE) e

são considerados como a variável dependente ou variável resposta. As variáveis independentes escolhidas estão subdivididas em socioeconômicas e ambientais. O quadro 1 apresenta a definição dessas variáveis.

Quadro 1: Descrição das variáveis analisadas de acordo com as respectivas categorias e fonte

| <b>Categoria</b>         | <b>Variável</b>                | <b>Descrição</b>  | <b>Fonte</b>                                    | <b>Domínio</b> |
|--------------------------|--------------------------------|---|---|----------------|
| <b>Variável Resposta</b> | Taxa de incidência da COVID-19 | Taxa de incidência da COVID-19 entre março de 2020 e outubro de 2021.   | Cievs-PE  | Decimal        |
| <b>Socioeconômica</b>    | Theil-L                        | Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos, segundo a renda domiciliar per capita. [2010]  | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |
|                          | Gini                           | Mede a desigualdade de renda de um determinado local. [2010]  | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |
|                          | Taxa de envelhecimento         | Percentual de pessoas com 60 e mais anos de idade, para cada 100 pessoas menores de 15 anos de idade, na população total residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. [2010] | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |
| <b>Ambiental</b>         | Sem água e esgoto              | % de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo adequados. [2017]  | Cadastro Único - Ministério da Cidadania (2017) | Decimal        |
|                          | Água encanada                  | % da população em domicílios com água encanada. [2010]  | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |
| <b>Socioeconômica</b>    | Bolsa família                  | % de pessoas inscritas no Cadastro Único que recebem Bolsa Família. [2017]  | Cadastro Único - Ministério da Cidadania (2017) | Decimal        |
|                          | PIB per capita                 | É obtido por meio divisão do Produto Interno Bruto (PIB) pelo número total de habitantes. [2016]  | Relação Anual de Informações Sociais (2016)     | Decimal        |
|                          | Renda per capita               | é obtida pela divisão do Produto Nacional Bruto (PNB) pelo número total de habitantes. [2010]   | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |
|                          | Taxa de pobreza                | Percentual da população com renda familiar mensal per capita de até meio salário mínimo, em determinado espaço geográfico, no ano considerado. [2010]   | Censo - IBGE (2010)                             | Decimal        |

Fonte: A autora (2022).

Para a análise estatística espacial e para a regressão linear multivariada foram utilizados os softwares apresentados no quadro 2.

Quadro 2 : Softwares utilizados

|   |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
|  | ArcMap 10.2                 | <b>Estatística Espacial</b><br>Índice de Moran Global<br>Índice de Moran Local                    |
|  | Microsoft Excel 2010        | Confecção de Banco de Dados<br><b>Suplemento Real Statistics</b><br>Regressão Linear Multivariada |
|  | QGIS Desktop versão 3.10.13 | <b>Mapas</b><br>Elaboração de Mapas   |

Fonte: A autora (2022).

### 3.2 ANÁLISE DOS DADOS

O estudo consiste na investigação de variáveis relacionadas à incidência dos casos da COVID-19 nos municípios pernambucanos, exceto o distrito de Fernando de Noronha, devido a sua distância. O período de estudo corresponde à 19 meses, ou seja, do início da pandemia em março de 2020 até o término da segunda onda em outubro de 2021. Serão aplicadas duas abordagens estatísticas: regressão linear múltipla e o índice de Moran global e local. A regressão linear vai identificar variáveis correlacionadas com a variável resposta (Quadro 1) enquanto os índices de Moran iram identificar a estrutura espacial da doença.

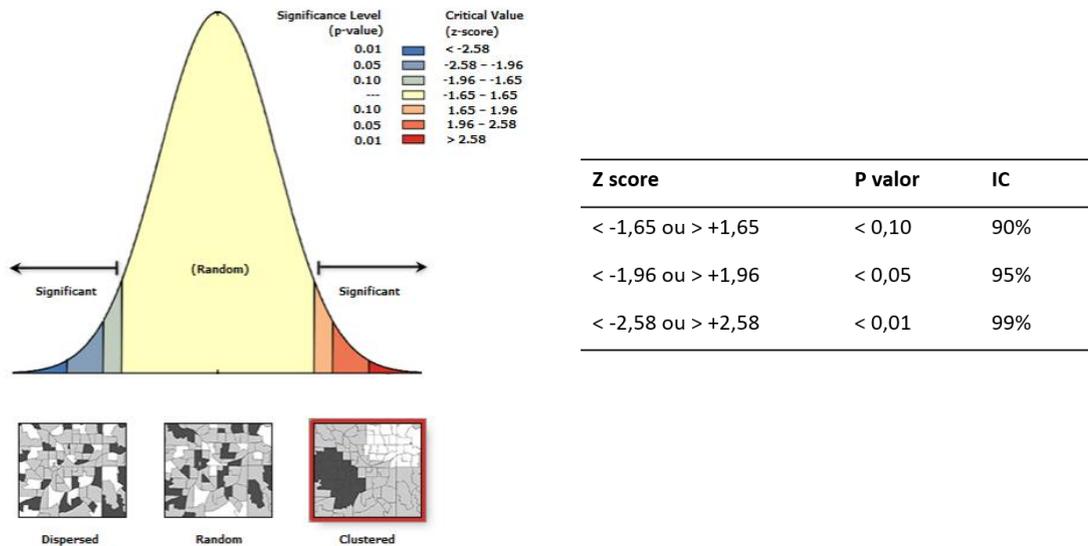
Os dados utilizados no estudo foram de bases secundárias de domínio público, não nominais, sem a possibilidade de identificação individual das informações, sendo dispensada a aprovação do comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos.

Inicialmente será realizada a aquisição do número absoluto de casos, por município, no portal CIEVS-PE para o período estudado. A população residente em cada município foi obtida no portal do IBGE para os anos de 2021. A partir desses dados será criada a taxa de incidência dos casos da COVID-19 (Casos acumulados da COVID-19 no período estudado dividido pela população neste período, aplicado a uma taxa multiplicativa de 100 mil pessoas, como mostra a Equação (2) .

$$Taxa\ de\ incidência = \frac{Número\ de\ casos\ confirmados\ da\ COVID-19\ existentes\ na\ população\ residente}{População\ total\ residente\ no\ período\ determinado} \times 100.000 \text{ Eq. (2)}$$

Por meio do programa ArcMap 10.2 o índice de Moran Global será aplicado à taxa de incidência da COVID-19, fazendo uso da função *Spatial Statistics Tools - analyzing Patterns - Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)*. A contextualização da vizinhança será por contiguidade de arestas e vértices. A interpretação desse índice é explicada na Figura 5:

Figura 5: Interpretação gráfica do índice de Moran global



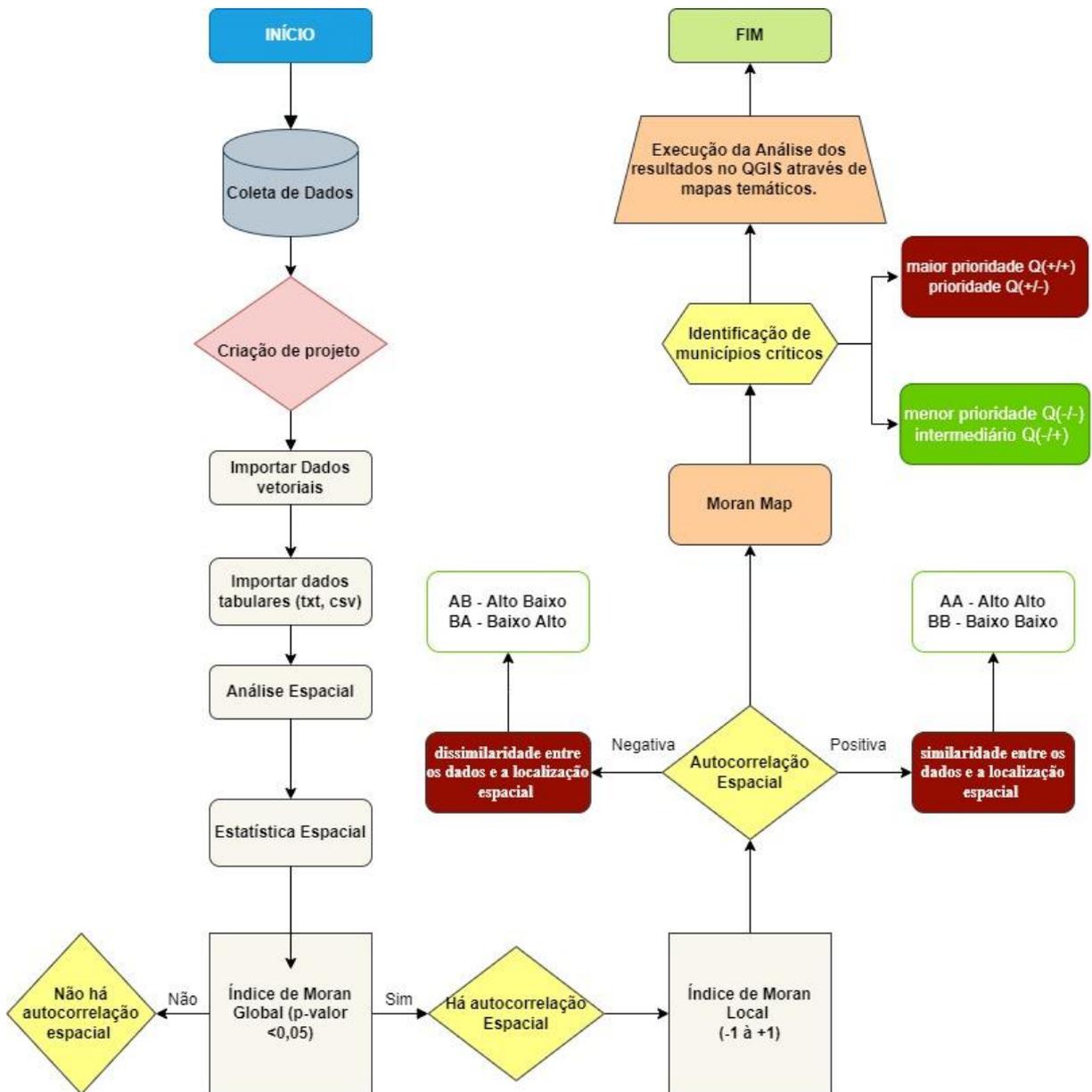
Fonte: A autora (2022), gerada no software ArcMap.

Em seguida será investigada a ocorrência de estrutura local da taxa. Isso será efetuado através da função *Mapping Clusters - Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)*.

Terminada a análise estatística espacial passará a ser efetuada a análise de regressão. A variável dependente corresponderá à taxa de incidência para 100.000 habitantes e as independentes corresponderão as variáveis constantes no quadro 1. O programa empregado será o Microsoft Excel 2010, com auxílio do suplemento *Real Statistics*. O método empregado será o *stepwise* (passo a passo) de modo que as variáveis que permanecerem no modelo tenham significância de 95% ( $p_{\text{valor}} \leq 0,05$ ).

A figura 6 mostra o fluxograma para as operações de análise estatística espacial.

Figura 6: Fluxograma para análise estatística espacial



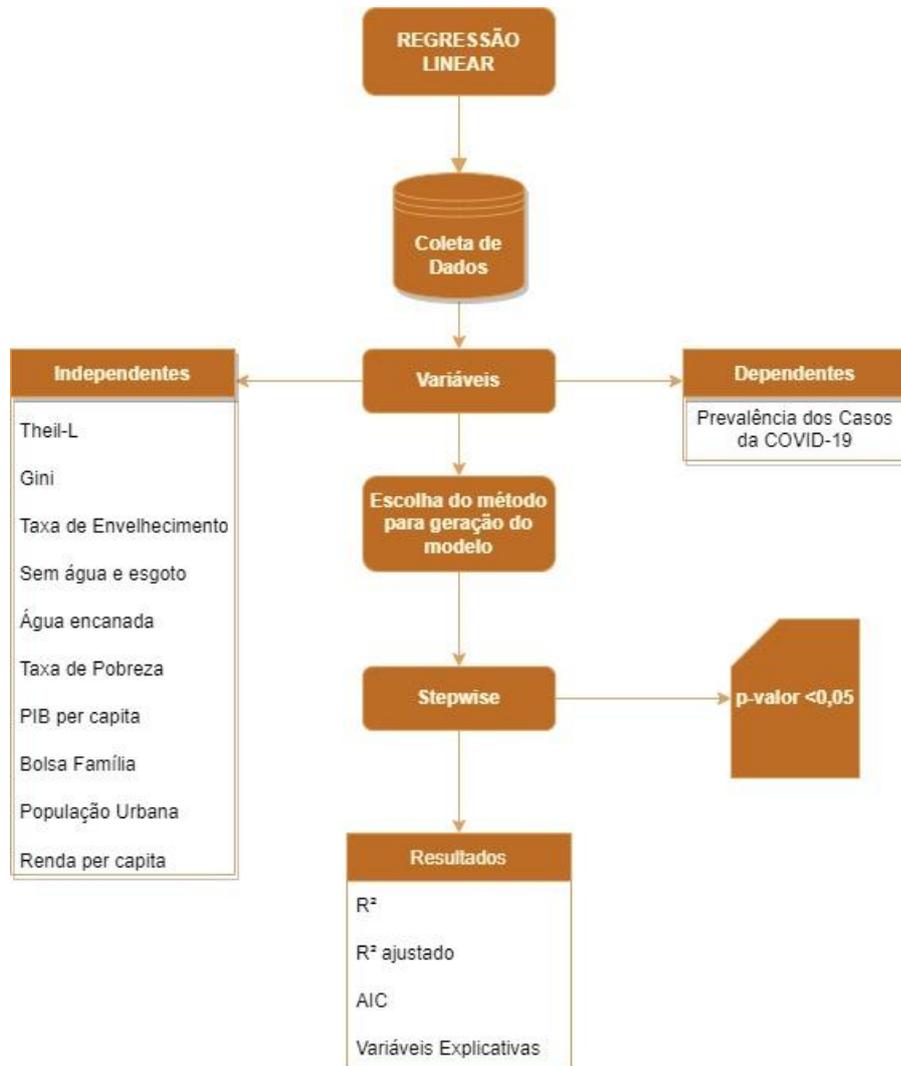
Para estabelecer o nível de significância do índice (p-valor), é preciso agregar a este uma distribuição estatística, sendo a mais utilizada a relação estatística de teste de distribuição normal. No caso do índice de Moran, os valores significantes são considerados acima de 95% (p-valor <0,05).

Analisa a covariância entre uma determinada área e uma certa vizinhança em função da distância. Varia de -1 à +1, podendo haver uma autocorrelação espacial positiva ou negativa.

Fonte: A autora (2022).

A figura 7 mostra o fluxograma para as operações da análise de regressão. Como essas operações e as identificadas na figura 6 são independentes, caberá ao autor/pesquisador a escolha da ordem de execução dos procedimentos, visto que funcionam distintamente.

Figura 7 : Fluxograma para regressão linear múltipla

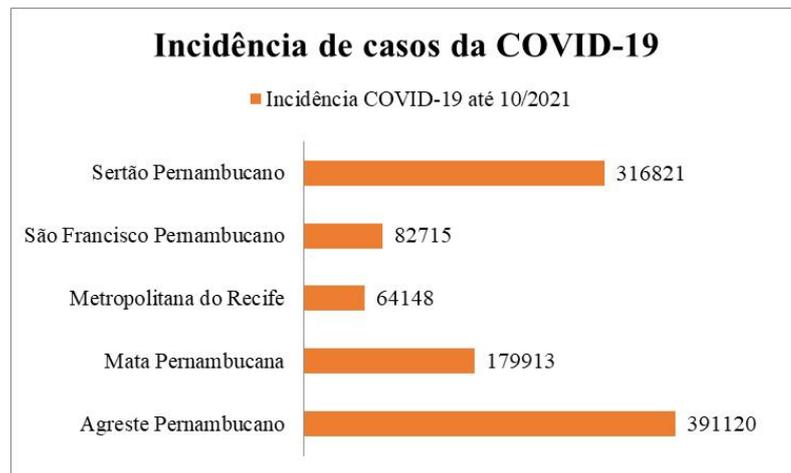


Fonte: A autora (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 8 mostra o gráfico da incidência de casos da COVID-19 em Pernambuco de acordo com as mesorregiões, a partir dele pode-se verificar que o Agreste possui uma maior taxa de incidência da doença (391120) seguida pelo Sertão Pernambucano (316821).

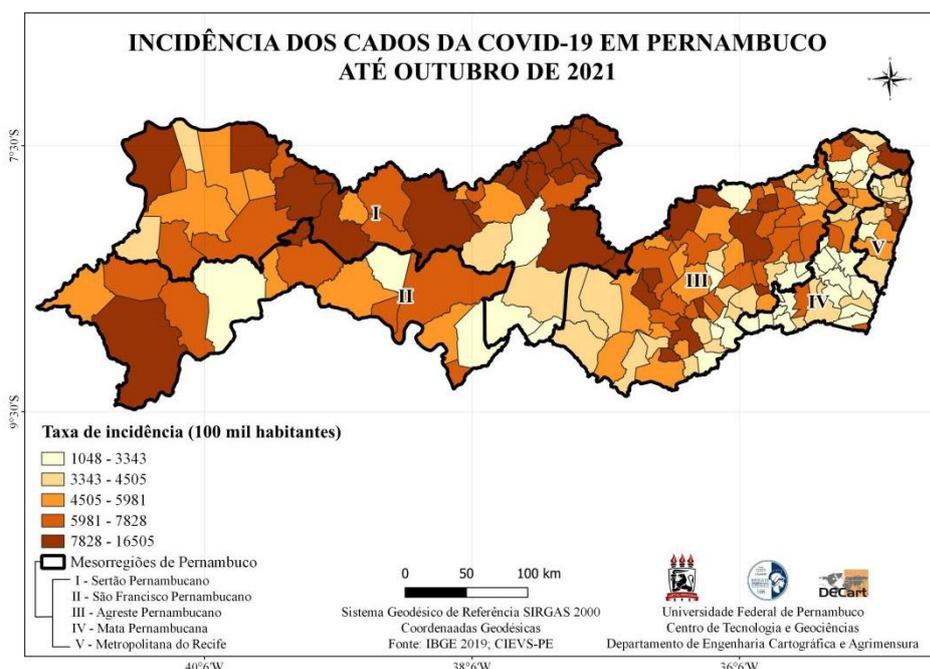
Figura 8: Gráfico da incidência de Casos da COVID-19 em Pernambuco até outubro de 2021



Fonte: A autora (2022).

A figura 9 mostra o mapa da incidência de casos da COVID-19, no qual pode-se verificar a ocorrência significativa de municípios vizinhos enquadrados nos mesmos estrados. Esse fato leva a crer que o estado apresenta uma estrutura espacial em relação à doença. Essa afirmação precisa ser confirmada a partir dos índices globais e locais de correlação espacial.

Figura 9: Mapa da incidência dos Casos da COVID-19 em Pernambuco até outubro de 2021



Fonte: A autora (2022).

Empregando-se o índice de Moran global, obteve-se resultados constantes da Tabela 1. A partir dela pode-se concluir que a taxa possui um padrão espacial de aglomeração, devido ao sinal positivo do índice (0,315607). Esse padrão identifica que municípios vizinhos são semelhantes. Deve-se ainda observar que o  $p_{\text{valor}}$  é praticamente zero, confirmando a validade do índice.

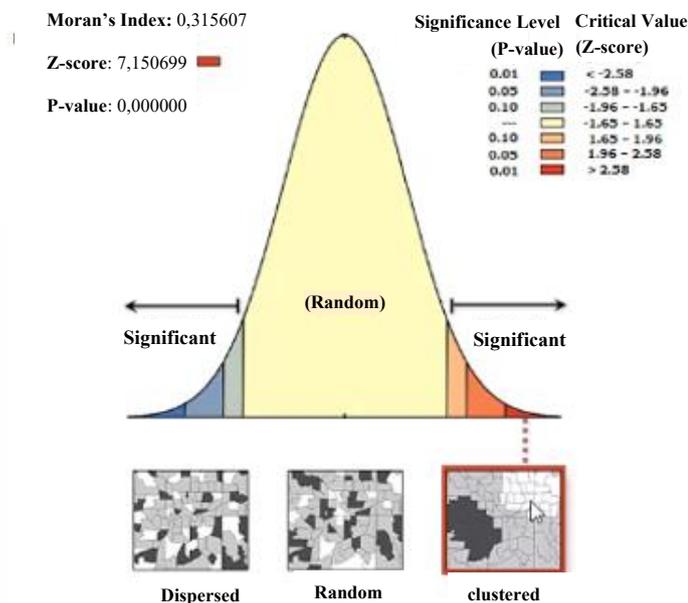
Tabela 1: Resultados do Índice de Moran Global

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Índice de Moran | 0,315607  |
| Índice Esperado | -0,005464 |
| Variância       | 0,002016  |
| Z-score         | 7,150699  |
| P-valor         | 0,000000  |

Fonte: A autora (2022).

A Figura 10 identificam graficamente os resultados da Tabela 1, facilitando sobremaneira a interpretação dos mesmos.

Figura 10 : Índice de Moran global



Given the z-score of 7,15069870143, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

Fonte: A autora (2022), gerada no software ArcMap.

Após a constatação da existência de estrutura espacial global da taxa, implementou-se o índice de Moran local (LISA MAP). Este teve por finalidade identificar onde se encontram as aglomerações e dispersões, conforme mostrado na Figura 11.



Tabela 2: Resultados do modelo geral da regressão linear múltipla

| OVERALL FIT       |         |      |          |
|-------------------|---------|------|----------|
| Multiple R        | 0.505   | AIC  | 2035.698 |
| R Square          | 0.255   | AICc | 2036.035 |
| Adjusted R Square | 0.242   | SBC  | 2048.558 |
| Standard Error    | 249.894 |      |          |
| Observations      | 184     |      |          |

Fonte: A autora (2022).

Sobre a Tabela 2 ressalta-se o valor do *R Square* ( $R^2$ ). Esse valor mostra que 25,5% é a porcentagem da variação da taxa de incidência da COVID-19 explicada pelo modelo linear implementado. Convém observar que qualquer área de estudo que tente prever o comportamento humano normalmente terá valores de  $R^2$  menores que 50%. Segundo Maia (2017), a relevância do  $R^2$  depende muito do tipo de variável dependente (Y) que está sendo analisada. Isso ocorre porque seres humanos são mais difíceis de prever do que, digamos, processos físicos.

A Tabela 3 identifica os resultados da análise de variância.

Tabela 3: Resultados da Análise de Variância (ANOVA)

| ANOVA      |           |           |           | Alpha       | 0.05           |            |
|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------------|------------|
|            | <i>df</i> | <i>SS</i> | <i>MS</i> | <i>F</i>    | <i>p-value</i> | <i>sig</i> |
| Regression | 3         | 3844097   | 1281366   | 20.51919821 | 1.75E-11       | yes        |
| Residual   | 180       | 11240490  | 62447.17  |             |                |            |
| Total      | 183       | 15084588  |           |             |                |            |

Fonte: A autora (2022).

A partir da tabela 3 são indicados os valores de *df* que correspondem aos graus de liberdade, *SS* que é a soma dos quadrados, *MS* é a razão entre a soma dos quadrados e os graus de liberdade, *F* é a distribuição F de Fisher- Snedecor que indica a razão de duas variâncias, verificando a dispersão dos dados, ou seja, valores mais altos indicam maior dispersão e o *p-value* ( $p_{valor}$ ). Este último informa que há evidências para afirmar que o modelo contribui para explicar a variabilidade da taxa de incidência da COVID-19, com nível de significância melhor que 99% ( $p_{value} = 1,75 \times 10^{-11}$ ).

A tabela 4 identifica as variáveis selecionadas pelo método *stepwise*, a partir de um nível de significância de 95% . Nesse sentido observa-se que todos os *p-values* são inferiores à 0,05.

Tabela 4: Variáveis explicativas do modelo

|           | <i>coeff</i> | <i>std err</i> | <i>t stat</i> | <i>p-value</i> | <i>lower</i> | <i>upper</i> | <i>vif</i> |
|-----------|--------------|----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------|
| Intercept | 829.317009   | 247.5166       | 3.350552      | 0.000982652    | 340.9097     | 1317.724     |            |
| Theil-L   | 839.1219785  | 198.0839       | 4.236195      | 3.62349E-05    | 448.2567     | 1229.987     | 1.00202    |
| Tx_Envelh | 56.72897031  | 11.1757        | 5.076102      | 9.5561E-07     | 34.67674     | 78.7812      | 1.028692   |
| Bolsa_fam | -14.38047174 | 2.869667       | -5.0112       | 1.28638E-06    | -20.043      | -8.71796     | 1.028948   |

Fonte: A autora (2022).

A variável socioeconômica Theil-L indica a desigualdade social e este valor varia de 0 quando não há desigualdade, à 1 quando a desigualdade é máxima. O coeficiente positivo dessa variável (839.1219785) indica que quanto maior for a desigualdade social maior será a taxa de incidência da COVID-19.

A variável taxa de envelhecimento indica o percentual de pessoas com mais de 60 anos. O coeficiente positivo dessa variável (56.72897031) indica que quanto maior for o percentual de maiores que 60 anos maior será a taxa de incidência da COVID-19.

A variável bolsa família indica o percentual de pessoas que recebiam bolsa família em 2017. O coeficiente negativo dessa variável (-14.38047174) indica que quanto menor for o percentual de pessoas que recebem o bolsa família maior será a taxa de incidência da COVID-19. Isto ocorre porque grande parte da população passa a dispor de renda e esse fato contribui para a diminuição da taxa de incidência da COVID-19.

Conforme citam os autores Elgar; Stefaniak; Wohl, (2020) as sociedades mais economicamente desiguais sofreram mais mortes de COVID-19, Souza (2020) as doenças geram diferentes impactos nas classes sociais, sobretudo nos grupos mais pobres e em Machado *et al.* (2020) fica claro o forte impacto da COVID-19 na população idosa. A partir destas constatações verifica-se que essas variáveis são indicadores de desigualdade social, renda e envelhecimento, comprovando assim o importante papel destas variáveis na análise da incidência de casos da COVID-19.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que a metodologia utilizada alcançou o objetivo proposto, visto que foi possível constatar a autocorrelação espacial da incidência dos casos da COVID-19 no estado de Pernambuco, identificando os municípios mais críticos para uma possível intervenção do poder público na mitigação da doença. Concomitantemente obteve-se um modelo linear que explica 25,5% da variação da taxa de incidência da COVID-19. A primeira vista esse valor parece pequeno mas deve-se levar em consideração que as variáveis envolvem comportamento humano e estes nem sempre tem solução trivial.

É de notório conhecimento em análises estatísticas obtidas a partir de valores brutos podem gerar falsas conclusões. Esse óbice é conhecido como o “problema dos pequenos números” e acontece quando a população é pequena, acarretando grande flutuação das taxas. À vista disto, é possível utilizar alguns procedimentos para minimizar tal problemática, citando-se a agregação temporal ou espacial. A partir dessas agregações pode-se aumentar a população envolvida no estudo, reduzindo as flutuações. Especificamente nesse estudo, a agregação temporal está prejudicada devido ao pequeno espaço de tempo que a covid-19 surgiu.

Uma limitação na aplicação desta temática foi o adiamento da realização do censo demográfico da população do Brasil em 2020, devido a pandemia da covid-19. A maioria dos dados utilizados são do censo de 2010, entretanto, pode-se esperar que os resultados não sejam muito discrepantes em relação à um censo atual. Esse fato pode ser comprovado considerando-se que todos os municípios teriam variação constante nas variáveis empregadas.

## REFERÊNCIAS

- ABBAD, Gardênia; TORRES, Cláudio Vaz. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 7, p. 19-29, 2002.
- ALMEIDA, Eduardo. Econometria espacial. **Campinas–SP. Alínea**, 2012.
- Análise de regressão: Como interpretar o R-quadrado e avaliar a qualidade de ajuste? **Minitab**, 2019. Disponível em: <<https://blog.minitab.com/pt/analise-de-regressao-como-interpretar-o-r-quadrado-e-avaliar-a-qualidade-de-ajuste>>. Acesso em: 28/04/2022.
- ANDRADE, Ana Lúcia *et al.* Introdução à estatística espacial para a saúde pública. 2007.
- Associação Internacional de Epidemiologia. **Guia de Métodos de Enseñanza**. IEA/OPS/OMS, Publ. Cient.266, 1973, 246p.
- BARCELLOS, Christovam de Castro *et al.* Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. 2002.
- Brasil. Ministério da Saúde (2020). Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2020/02/brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus>>. Acesso em: 13/11/2021.
- CAPP, Edison; NIENOV, Otto Henrique. Bioestatística quantitativa aplicada. 2020.
- CARVALHO, M. S. *et al.* Conceitos básicos em análise de dados espaciais em saúde. Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- CARVALHO, Marília Sá; SOUZA-SANTOS, Reinaldo. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 361-378, 2005.
- CAVALCANTE, João Roberto; ABREU, Ariane de Jesus Lopes de. COVID-19 no município do Rio de Janeiro: análise espacial da ocorrência dos primeiros casos e óbitos confirmados. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, p. e2020204, 2020.
- DOS SANTOS, Alexandre E.; RODRIGUES, Alexandre L.; LOPES, Danilo L. Aplicações de Estimadores Bayesianos Empíricos para Análise Espacial de Taxas de Mortalidade. In: **GeoInfo**. 2005. p. 300-309.
- ELGAR, Frank J.; STEFANIAK, Anna; WOHL, Michael JA. The trouble with trust: Time-series analysis of social capital, income inequality, and COVID-19 deaths in 84 countries. **Social Science & Medicine**, v. 263, p. 113365, 2020.
- ESTRELA, Fernanda Matheus *et al.* Pandemia da Covid 19: refletindo as vulnerabilidades a luz do gênero, raça e classe. **Ciencia & saude coletiva**, v. 25, p. 3431-3436, 2020.
- GARCIA, Leila Posenato; DUARTE, Elisete. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil. 2020.

HAIR Jr., J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. São Paulo: Bookman, 2005.

HUANG, Chaolin *et al.* Características clínicas de pacientes infectados com novo coronavírus de 2019 em Wuhan, China. *A lanceta*, v. 395, n. 10223, pág. 497-506, 2020.

LAI, Chih-Cheng *et al.* Asymptomatic carrier state, acute respiratory disease, and pneumonia due to severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): Facts and myths. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, v. 53, n. 3, p. 404-412, 2020.

Lawson, A. B. **Statistical Methods in Spatial Epidemiology**. Chichester: John Wiley, 2001.

MACHADO, Carla Jorge *et al.* Estimativas de impacto da COVID-19 na mortalidade de idosos institucionalizados no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 3437-3444, 2020.

MAIA, Alexandre Gori. **Econometria: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saint Paul Editora, 2017.

MENEZES, Ana MB. Noções básicas de epidemiologia. **Epidemiologia das doenças respiratórias**, v. 1, 2001.

MINATTO, Giseli *et al.* Idade, maturação sexual, variáveis antropométricas e composição corporal: influências na flexibilidade. **Revista brasileira de Cineantropometria & desempenho humano**, v. 12, n. 3, p. 151-158, 2010.

MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira *et al.* Análise espacial de dados geográficos. **Brasília: Embrapa**, 2004.

OPAS/BRASIL. Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19>.

Pernambuco. Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS-PE). Disponível em: <<https://www.cievspe.com/novo-coronavirus-2019-ncov>>. Acesso em: 10/11/2021.

RODRIGUES, Mirela *et al.* Análise espacial da mortalidade infantil e adequação das informações vitais: uma proposta para definição de áreas prioritárias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 2047-2054, 2014.

SANTOS, José Alcides Figueiredo. Covid-19, causas fundamentais, classe social e território. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 18, 2020.

SKABA, Daniel Albert *et al.* Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 1753-1756, 2004.

SOUZA, D.O. A pandemia de COVID-19 para além das Ciências da Saúde: reflexões sobre sua determinação social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2469-2477, 2020.

STEVANIM, Luiz Felipe. Uma vacina para a humanidade: da expectativa à realidade, os esforços para se chegar a uma vacina contra Covid-19 acessível à população. **RADIS: Comunicação e Saúde**, n.216, p.12-21, set. 2020.

TADANO, Yara de Souza; UGAYA, Cássia Maria Lie; FRANCO, Admilson Teixeira. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, p. 241-255, 2009.

WERNECK, Guilherme Loureiro; CARVALHO, Marília Sá. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00068820, 2020.

World Health Organization. Geneva: World Health Organization; 2020 Disponível em: <<https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>>. Acesso em: 12/11/21.

World Health Organization. Situation report-11: coronavirus disease 2019 (COVID-19) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200131-sitrep-11->