

# VULNERABILIDADE À COVID-19: ANÁLISES ESPACIAIS A PARTIR DA REGIÃO METROPOLITANA DE SOBRAL-CE (RMS)

VULNERABILITY TO COVID-19: SPATIAL ANALYSIS FROM THE METROPOLITAN REGION OF SOBRAL-CE (RMS)

VULNERABILIDAD AL COVID-19: ANÁLISIS ESPACIAL DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SOBRAL-CE (RMS)

Larissa Ingrid Marques Linhares<sup>1</sup>

Jander Barbosa Monteiro<sup>2</sup>

Ana Paula Pinho Pachêco Gramata<sup>3</sup>

**RESUMO:** Além da grande mudança na dinâmica das cidades, a COVID-19 desencadeou inúmeros desafios no que tange à compreensão da lógica de disseminação do vírus. Com isso, o artigo realiza análises a partir da vulnerabilidade associada à COVID-19 em Sobral e em sua região metropolitana, considerando o recorte temporal de 2020. Foram selecionadas variáveis/indicadores para geração de produtos gráficos e cartográficos, subsidiando uma análise espacial sobre a vulnerabilidade dos municípios pertencentes à RMS. Sobral claramente exerceu seu papel polarizador ao disseminar informação e atrair investimentos para melhorias dos equipamentos de saúde, assim, atendendo os casos de maior complexidade. A disseminação do vírus também obedeceu a essa lógica polarizadora quando os casos nos municípios circunvizinhos ocorreram semanas após o grande aumento de casos na MetrÓpole, indicando que tal cidade possivelmente contribuiu com essa disseminação. Quanto à vulnerabilidade e sua multidimensionalidade, as análises permitiram avaliar como tais municípios que compõem a RMS foram acometidos, indicando diferentes interpretações a partir das variáveis consideradas.

**Palavras-chave:** COVID-19. Vulnerabilidade. Análise Espacial.

**ABSTRACT:** In addition to the great change in the dynamics of cities, COVID-19 has triggered numerous challenges regarding the understanding of the logic of dissemination

---

1 Mestre em Geografia. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas – UFRN. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9150-2783>. E-mail: [larissamarkes275@gmail.com](mailto:larissamarkes275@gmail.com).

2 Doutor em Geografia. Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará. Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0086-6923>. E-mail: [jander\\_monteiro@uvanet.br](mailto:jander_monteiro@uvanet.br).

3 Doutora em Geografia. Professora Adjunta da Universidade Estadual Vale do Acaraú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3014-8922>. E-mail: [ana\\_pacheco@uvanet.br](mailto:ana_pacheco@uvanet.br).

of the virus. The article analyzes the vulnerability associated with COVID-19 in Sobral and the Metropolitan Region, considering the 2020 time frame. Variables/indicators were selected for the generation of graphic and cartographic products, supporting a spatial analysis on the vulnerability of the municipalities belonging to the RMS. Sobral clearly played a polarizing role, disseminating information, attracting investments, improvements in health equipment and meeting the most complex cases. The spread of the virus also followed this polarizing logic, when the cases in the surrounding municipalities occurred weeks after the boom of cases in the Metropolis, indicating that it possibly contributed to this dissemination. Regarding vulnerability and its multidimensionality, the analyzes allowed us to evaluate how these municipalities that make up the RMS were affected, indicating different interpretations from the variables considered.

**Keywords:** COVID-19. Vulnerability. Spatial Analysis.

**RESUMEN:** Además del gran cambio en la dinámica de las ciudades, el COVID-19 ha provocado numerosos desafíos con respecto a la comprensión de la lógica de propagación del virus. El artículo analiza la vulnerabilidad asociada al COVID-19 en Sobral y la Región Metropolitana, considerando el marco temporal de 2020. Se seleccionaron variables/indicadores para la generación de productos gráficos y cartográficos, subsidiando un análisis espacial sobre la vulnerabilidad de los municipios pertenecientes a la RMS. Sobral ejerció claramente su papel polarizador, difundiendo información, atrayendo inversiones, mejorando los equipos de salud y tratando casos más complejos. La propagación del virus también siguió esta lógica polarizadora, cuando los casos en los municipios alrededor de Sobral ocurrieron semanas después del “boom” de casos en la Metrópolis, lo que indica que posiblemente contribuyó a esa propagación. En cuanto a la vulnerabilidad y su multidimensionalidad, los análisis permitieron evaluar cómo fueron afectados estos municipios que integran la RMS, indicando diferentes interpretaciones a partir de las variables consideradas.

**Palabras clave:** COVID-19. Vulnerabilidad. Análisis Espacial.

## INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a sociedade sempre esteve propícia às situações de risco, desde a invenção do fogo, ainda em seu estado nômade, nas primeiras organizações tribais e, conseqüentemente, nos avanços posteriores em que se submeter ao risco era inevitável. Por isso, enquanto ciência, a Geografia busca compreender a realidade em que o ser humano está inserido. Assim, suas possibilidades de abordagens trazem consigo elementos que permitem um olhar sobre a sociedade, além da natureza, seja de forma particular ou até mesmo em uma perspectiva conectada/integrada.

Historicamente, as significativas alterações na paisagem, as degradações ambientais, além da industrialização desenfreada, acabaram por interferir na qualidade de vida da sociedade e

contribuir para criar zonas de instabilidades, desencadeando eventos cada vez mais frequentes e preocupantes. Destaca-se, por exemplo, o desmatamento, as mudanças climáticas, entre outras problemáticas que vem alterando a dinâmica físico-natural do planeta, o que proporciona circunstâncias perigosas ao ser humano e expõe a sociedade a riscos diversos.

Recentemente, inúmeros cientistas alertam constantemente sobre a relação que o homem desenvolve com a natureza ao degradar localidades inóspitas e expor organismos/vírus que nunca tiveram contato com o ser humano e que representam um risco para a saúde. Assim, levantando hipóteses de que a ocorrência de Epidemias/Pandemias, como aquela associada à COVID-19, estaria direta ou indiretamente relacionadas à degradação desses ambientes. Pois, ao levar em consideração o modo de vida da sociedade contemporânea, percebe-se que essa relação coloca o homem em uma situação de maior exposição ao risco com o passar do tempo.

Dessa forma, é notório que doenças infectocontagiosas trazem consigo uma série de problemáticas, algumas ainda desconhecidas, com capacidade letal e que acarretam malefícios inimagináveis, tanto no que diz respeito aos bens materiais, como na qualidade de vida da população. Contudo, evidencia-se que as epidemias sempre existiram e a sociedade não está isenta de ser acometida com uma nova proliferação de vírus ou bactérias, o que motiva uma série de precauções a serem tomadas em pequeno e longo prazo.

Assim, deve ser entendível que, por mais que todos estejam literalmente em risco, os contextos nos quais as sociedades estão inseridas e o grau de exposição ao risco varia, principalmente em virtude da vulnerabilidade que se apresenta como um elemento fundamental ao interferir de forma considerável na “equação” do risco. Dessa forma, a pandemia associada à COVID-19 abriu espaço para inúmeros posicionamentos e questionamentos, inclusive possibilitou que inúmeras áreas do conhecimento pesquisassem e buscassem compreender a origem do vírus (ainda em análise), a fim de perceber seus impactos sociais e econômicos. Nesse sentido, o contexto da mensuração do risco e da vulnerabilidade tornaram-se bastantes perceptíveis.

Ao tratar sobre a COVID-19, essa é caracterizada como uma doença respiratória, com sintomas bem parecidos com o da gripe comum. Todavia, os agravamentos podem variar entre insuficiência respiratória, complicações cardíacas e outras condições ainda desconhecidas. Para além dos sintomas, cabe também analisar e refletir sobre outras questões relacionadas, por exemplo, a velocidade com que o vírus foi disseminado em diferentes porções do território e como afeta diferentes grupos populacionais. Assim, procurando desvendar informações relevantes para a compreensão do risco no qual determinadas localidades e populações são submetidas, bem como para a tomada de medidas mitigatórias.

Por esse ângulo, os estudos de vulnerabilidade no âmbito da ciência geográfica trazem elementos primordiais para análises que possam contemplar os aspectos físicos e humanos/sociais, compreendendo perspectivas e abordagens preocupadas em analisar, prever e prevenir eventos que possam afetar de maneira danosa a sociedade. Com isso, essa abordagem traz elementos que sustentam um novo parâmetro geográfico, a chamada geografia socioambiental.

Tal perspectiva possibilita compreender a importância de estudar as áreas de riscos e vulnerabilidades com ênfase, por exemplo, na disseminação da COVID-19. Esse direcionamento busca perceber como o vírus foi se alastrando e deixando de ser apenas um surto para se tornar uma pandemia, o que provocou diversas mortes e infectou inúmeros habitantes em muitas localidades do globo. Por isso, deve-se ressaltar que o vírus obedece a uma lógica geopolítica, na qual as curvas de contaminação seguem pontos de ligação econômica e fluxos de pessoas.

Em uma ênfase local, ao analisar os focos/epicentros de contágio, as taxas de contaminação e aquelas (es) áreas/localidades/habitantes mais acometidos (as), observa-se um destaque significativo para as metrópoles, em especial as grandes como: Fortaleza, Manaus, São Paulo, dentre outras capitais em que os números de casos foram elevados na primeira onda e a curva de contaminação e vítimas teve grande representatividade. No entanto, mesmo em cidades médias como Sobral, além dos municípios que compõem sua região metropolitana, contemplados nas análises realizadas nessa pesquisa, observa-se que também contém altas taxas de contaminação, ganhando forte repercussão a nível regional.

Dessa forma, é importante questionar: onde se localizaram as maiores taxas de incidência dos casos nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral? Que fatores podem ter contribuído para uma maior disseminação de casos e óbitos em tais municípios? Como avaliar a vulnerabilidade a partir de variáveis específicas passíveis de espacialização? Que variáveis considerar? Enfim, essas e outras questões são aqui consideradas, a fim de apresentar os verdadeiros problemas da pesquisa que norteiam as análises realizadas adiante. Ademais, vale destacar que existem diversos fatores complexos que alicerçam tal investigação, com inúmeros enfoques que devem ser ressaltados e considerados, os quais podem representar um grande desafio do ponto de vista analítico.

Com isso, o objetivo deste artigo é avaliar a vulnerabilidade associada à COVID-19 na Região Metropolitana de Sobral, a partir de variáveis/indicadores representados em produtos cartográficos, de forma especializada, considerando o recorte temporal do ano de 2020, ano em que a Pandemia tomou proporções alarmantes no Brasil, em especial na primeira onda, quando a população ainda não estava vacinada.

## **A VULNERABILIDADE COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE**

Em análise geral, Mitchel (1989) acredita que a vulnerabilidade se tornou um conceito essencial na abordagem dos riscos e perigos para o desenvolvimento de estratégias de redução e mitigação das consequências dos desastres nas diversas escalas de análise (local, regional, nacional, global). Por isso, a vulnerabilidade e sua necessidade de mensuração, em seu arcabouço teórico-metodológico, apresentam estratégias, medidas e causas. Ademais, para Cutter (1996), a ciência da vulnerabilidade se concentra em três áreas temáticas principais: as contradições e confusões no significado do termo, sua medição e suas causas espaciais.

Ao buscar definições concretas e claras sobre a vulnerabilidade, pode-se encontrar na literatura uma ampla discussão, porém sem consenso sobre a real definição/aplicação, sendo assim, os inúmeros contrapontos dificultam uma definição clara e objetiva. O que se encontra com maior “presença” são definições como medida, potencial, mensuração e grau da perda. Todavia, tais discussões não esmiúçam questionamentos sobre qual perda estão se referindo. Portanto, Cutter (1996) levanta essas questões: quem é/está vulnerável? Vulnerável a que processo? E em funções de quais condições socioambientais?

Já para Linhares *et al.* (2021), os estudos de vulnerabilidade, independentemente das diferentes abordagens empregadas, geralmente se baseiam na análise de possíveis danos, ou seja, na propensão de sofrer danos, muitas vezes construindo índices que permitam, mesmo com algumas doses de subjetividade, categorizar a vulnerabilidade de forma objetiva.

Seguindo tal raciocínio, quando se busca compreender a vulnerabilidade no contexto da pandemia associada à COVID-19, devem ser consideradas alternativas que busquem analisar a vulnerabilidade em determinadas áreas e populações. Posto isso, que variáveis e indicadores se deve considerar na avaliação da vulnerabilidade? Tal indagação revela um grande desafio escamoteado na complexidade dessa análise, visto que a vulnerabilidade pode ser visualizada em diferentes perspectivas, incluindo os aspectos econômicos, sociais, históricos e políticos.

Ao se discutir o conceito de vulnerabilidade, notam-se diversos elementos e abordagens serem considerados. Dessa forma, a vulnerabilidade está presente em todas as escalas sociais, em diferentes proporções e formas, alicerçando um leque de possibilidades de regeneração e adaptação. Com isso, é possível destacar algumas de suas abordagens e como a vulnerabilidade, a mensuração, a metodologia e cartografia podem auxiliar nessas análises.

De acordo com Vasconcelos & Frias (2017) e Lana *et al.* (2020), no Sistema Único de Saúde (SUS), o mapeamento realizado contribui na tomada de decisão em vigilância de saúde, especificamente no direcionamento de recursos financeiros, tanto de materiais, quanto de profissionais para acompanhamento dos casos graves e mais necessitados de intervenção na saúde pública. Por isso, as geotecnologias são aliadas dos sistemas de saúde no mundo e no Brasil.

Assim, esses recursos geotecnológicos são importantes veículos de informações sobre saúde, inclusive no âmbito da epidemiologia, apresentando, por exemplo, índices e incidências de doenças. Com base nessas informações, pode-se afirmar que, no Brasil, a introdução dessas tecnologias subsidia estados e municípios em relatórios e mapeamentos para auxiliar nas tomadas de decisão e medidas de prevenção para combater a pandemia.

Ademais, a utilização desses mecanismos proporcionou melhorias em muitos aspectos, principalmente no acompanhamento da evolução, contenção e prevenção do vírus. Para Cabral *et al.* (2020), as evidências geoespaciais e os dados de mortalidade acerca da COVID-19, geradas de forma isolada e associadas a outras técnicas e sistemas de informação geográfica, contribuíram para um conjunto de ações de suporte, tomada de decisão, definição de estratégias e prioridades por parte dos setores de vigilância epidemiológica.

Na busca de avaliar a vulnerabilidade associada à COVID-19, no âmbito dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral, alguns indicadores e variáveis

foram aqui definidos, no intuito de trazer um panorama intermunicipal. Claro que inúmeras outras variáveis, geralmente utilizadas nos estudos de vulnerabilidade, poderiam ser aqui consideradas. Contudo, nem todas essas informações/variáveis se encontram disponíveis. Assim, utilizaram-se apenas aquelas informações acessíveis e passíveis de mensuração.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A vulnerabilidade foi analisada a partir da seleção de algumas variáveis passíveis de investigação, que apresentassem possibilidades de espacialização a partir de um tratamento por meio do geoprocessamento. Por isso, embora inúmeras outras variáveis pudessem ser elencadas no intuito de melhor compreender a vulnerabilidade associada à COVID-19, a ausência ou indisponibilidade de algumas informações inviabilizaram a seleção dessas.

Inclusive, tal ausência/indisponibilidade de informações influenciaram na escolha e definição da variável “transparência”, visto que os dados encontrados seriam o subsídio necessário para o levantamento do material cartográfico. Assim, um dos primeiros produtos diz respeito justamente a essa variável, visto que o acesso à informação, nesse caso específico, torna-se fundamental na adoção de medidas emergenciais e de mitigação.

Ademais, a variável “foco de contágio” foi definida a partir da concentração dos números de casos nos municípios que compõem a RMS. Assim, os dados levantados ofereceram bases para avaliar em qual município estava concentrado os maiores e menores números de casos.

A variável “grupo de risco” foi escolhida em virtude do perfil dos acometidos em 2020, ainda no início da Pandemia. Afinal, essa fase da pandemia se caracterizava por vitimar especialmente os idosos acima de 60 anos, como também pessoas com comorbidades. Contudo, não foi possível mensurar esse último grupo, assim, considerou-se apenas o público acima de 60 anos, considerando que tal aspecto corresponderia a um indicador de vulnerabilidade.

A variável “atendimento especializado” permitiu mensurar o quanto que os municípios da Região Metropolitana de Sobral estavam correlacionados à sede Sobral. Uma vez que essa detinha, na época, praticamente toda a rede especializada de saúde, necessária para os atendimentos de pessoas com casos mais graves, em especial aqueles que necessitavam de internação e UTI.

Para identificar e avaliar as localidades e municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral mais vulneráveis a pandemia do SARS COV-2, foram associados aos SIG, as técnicas de representação espacial, também com métodos estatísticos que contribuíram para revelar padrões relacionados a localização dos vizinhos próximos. No caso, o Índice de Autocorrelação Espacial, com modelos de Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA), permitiu identificar dependências de autocorrelação e o local (MORAN I), além de explorar o grau de dependência espacial, com o tipo de covariância espacial entre os polígonos, e o global (GI e GI\*), baseada na estimativa da primeira ordem, como um tipo de estimador de médias móveis.

Os cruzamentos ocorreram nos *softwares* QGIS 3.10, na ferramenta Grass 7,6 na função *Spatial Autocorrelation Map* e para os casos de averiguação dos dados e

parâmetros usados permitindo um nível de acurácia e veracidade, foi utilizado o software GeoDa, que permite cruzamento de mais variáveis, além da possibilidade do teste de pseudo significância, que permite gerar uma variedade de cruzamentos de atributos associados a distribuição espacial. Para a ordem de contiguidade, foi utilizado o método *queen*, também conhecido como vizinhos próximos e matriz de proximidade espacial.

Esses cruzamentos foram utilizados para determinar os agrupamentos de casos confirmados em diferentes municípios, identificando como foram afetados pela pandemia e, assim, entender a relação de vulnerabilidade entre os indicadores estabelecidos nessa pesquisa.

Além disso, esses critérios usaram a análise espacial para calcular a autocorrelação entre os indicadores como: grupo de risco, transparência, atendimento especializado e focos de contágio na área da Região metropolitana de Sobral. Contudo, mesmo com as limitações e dificuldades de acesso à informação, alguns produtos cartográficos permitiram detalhar algumas variáveis passíveis de mensuração, no intuito de avaliar a vulnerabilidade dos municípios frente à pandemia da COVID-19.

### Variáveis consideradas nas análises

No intuito de analisar a vulnerabilidade associada à disseminação e efeitos da COVID-19 nos municípios que compõem a Região Metropolitana, foram considerados alguns indicadores e variáveis (Figura 1), nos quais possibilitam avaliar (a partir do uso do geoprocessamento) diferentes aspectos associados aos impactos da pandemia a nível de município e Região Metropolitana. Dessa forma, também se compreende o importante papel que a metrópole Sobral exerce enquanto cidade média ao centralizar as principais ações que envolvem medidas de mitigação dos impactos, prevenção e assistência médica. Uma vez que concentra a maioria dos leitos de UTI que tratam dos casos que envolvem maior complexidade, além de disponibilizar uma rede de assistência mais especializada do que os municípios circunvizinhos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 1.** Variáveis e indicadores considerados na análise espacial.

Claro que, no âmbito da vulnerabilidade, outros fatores poderiam ser considerados como, por exemplo, aqueles voltados às questões sociais ou até mesmo pontos de maior aglomeração. Contudo, tal análise seria envolta de muita subjetividade, o que dificultaria a interpretação de forma assertiva. Ademais, assim como pesquisadores e especialistas já afirmaram, o vírus não escolhe classe social, embora se pode afirmar que pessoas em situação de vulnerabilidade social poderiam encontrar maiores dificuldades de responder positivamente diante de um evento adverso.

Assim, as variáveis e os indicadores aqui elencados foram escolhidos a partir da disponibilidade de dados para mensuração, bem como possibilidade de representação gráfica e cartográfica que permitissem análises no âmbito da Região Metropolitana de Sobral.

### Grupo de risco

Dados promulgados pelo Ministério da Saúde (2020) e já confirmados pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020) evidenciam que a mortalidade associada à COVID-19 acomete preferencialmente idosos acima de 60 anos e pessoas com doenças crônicas peculiares, que variam desde o diabete até doenças respiratórias crônicas. Assim, a primeira variável a ser considerada inclui aqueles que integram esse grupo de risco acima de 60 anos nos municípios que compõem a Região Metropolitana, face ao quantitativo de população de cada um (em termos proporcionais).

Tal número foi cruzado com outra informação, a de óbitos por COVID-19 em cada município. Infelizmente, não são divulgadas a idade dos pacientes que vieram à óbito, bem como das pessoas internadas que possuíam essa idade. Contudo, sabe-se que esse, acima de 60 anos, era o perfil predominante de pacientes internados em estado grave e que vieram a óbito na primeira onda do vírus.

Vale salientar que, embora a presença de comorbidade também represente uma importante variável no intuito de avaliar a vulnerabilidade, tal levantamento é inviável, visto que representa um dado que não se pode obter de forma concreta (no máximo seria possível levantar uma estimativa). Assim, optou-se aqui por considerar apenas o grupo de idosos acima de 60 para avaliar tal indicador (grupo de risco).

Já o cruzamento dos dados acima mencionados foi representado de forma quantitativa, pela variável visual tamanho, optando por legenda com propriedade pontual, na qual cada tema é representado por círculo de cores divergentes para melhor seletividade da informação. Com isso, optou-se também por inserir as estradas federais, no intuito de visualizar a circulação para atendimento de saúde.

### Transparência

Outro importante indicador explorado diz respeito à transparência dos municípios com relação ao acesso à informação associada à COVID-19. Em atendimento a lei 13.979 de 6 de fevereiro de 2020 - que dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de

saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019 - e o decreto 10.212, de 30 de janeiro de 2020, os Estados e municípios passaram a divulgar os boletins epidemiológicos, no intuito de manter sempre a população informada sobre os casos e óbitos, afim de construir estratégias de enfrentamento da pandemia.

Embora tal informação seja de grande relevância para a população, nem todos os municípios divulgam abertamente as informações acerca do número de óbitos e casos confirmados. Assim, munidos dessas duas variáveis, foi avaliada a transparência dos municípios na disponibilização mensal dos casos de COVID-19, considerando o ano de 2020. Tal acesso à informação foi avaliada a partir de uma escala de transparência, observando o acesso à informação nos principais canais oficiais dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral, a citar: redes sociais (Facebook e Instagram) e sites oficiais das Prefeituras. Por fim, foi produzido um conteúdo cartográfico no qual evidencia os municípios da região metropolitana e suas respectivas classificações mediante uma escala de transparência.

Na organização do dado, foi representado de forma ordenada, com variável visual de cores divergentes, favorecendo a visualização do dado de forma seletiva. O critério para elaboração da legenda de escala de transparência, conforme os meses de divulgação de dados (10 meses), foi elencado de zero a dez, redistribuído em cinco classes no modo quantil, com as seguintes categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

#### Atendimento especializado

O SARS-COV-2 ou COVID-19 tem como principal sintoma a infecção crônica pulmonar e, conseqüentemente, a demanda por respiradores tende a aumentar (OMS, 2020). Todavia, as demais condições da capacidade de instalação e acesso a esses equipamentos parte do pressuposto da distância da população às unidades de pronto atendimento (BENEVENUTO *et al.*, 2019, PEREIRA *et al.*, 2020). Assim, esse indicador parte do acesso aos equipamentos de saúde que disponibilizam atendimento especializado voltado à COVID-19, em especial aqueles que apresentam leitos de UTI.

Nesse caso, como o estudo engloba a cidade de Sobral e sua Região Metropolitana, foram considerados também aqueles que chegam em Sobral na procura de atendimento mais especializados. Assim, procuram os hospitais que possuem leitos para internação de pacientes acometidos com a COVID-19, o caso do Hospital Regional Norte, Hospital de Campanha, Hospital da UNIMED etc.

Com isso, foi produzido outro conteúdo cartográfico que considera e avalia a distância intermunicipal para com a sede de Sobral - responsável por concentrar os atendimentos de maior complexidade - pois, acredita-se que tal variável também se constitui como um indicador de vulnerabilidade. Sendo assim, as localidades mais distantes podem encontrar dificuldades de acesso em casos mais graves que necessitam de pronto atendimento.

Para elaboração do mapa, foi usado dois tipos de representação, quantitativo com modo de implementação pontual (dados de internações) e ordenado com modo de implementação zonal (número de habitantes). As variáveis visuais são respectivamente

tamanho e valor. Para o fluxo de atendimento a partir dos dados de deslocamento de atendimentos, foi aplicado o recurso do Grass 7.6, função *r.flow*.

### Focos de contágio

Outro ponto a ser considerado na análise diz respeito a proximidade das áreas afetadas ou com o maior número de casos, como também a relação existente entre municípios. Tal correlação foi investigada a partir do método Lisa, para produção de conteúdo cartográfico. Assim, considera-se aqui alguns indicadores como autocorrelação espacial dos municípios (considerando o número de casos), o número de habitantes infectados pela COVID-19 em comparação à população absoluta, além do número de óbitos por COVID-19. Além disso, deve ser considerado a precária testagem da COVID-19, limitados somente aos casos mais graves e conseqüentemente o número de hospitalizados, denotando subnotificação dos infectados (PRADO *et al.*, 2020).

Os produtos gerados para esse tópico, devido ao excesso de informações, foram distribuídos da seguinte forma: representação quantitativa com modo de implementação pontual para os dados números de casos, número de habitantes e número óbitos, com variável visual tamanho com variação de cores e ordenado com modo de implementação zonal para número de internações, com a variável visual valor.

### Mensuração da vulnerabilidade

Após levantar e cruzar os dados dos mapas temáticos gerados, foram aplicadas a estatística de Moran (local e global), agrupados a cada dois, até o resultado dos indicadores estabelecidos que permitem compreender a autocorrelação espacial entre os municípios vizinhos próximos. Após os resultados, foi realizado mais um conjunto de cruzamentos de dados entre os indicadores, resultando em um mapa de vulnerabilidade.

O método estatístico de autocorrelação espacial, escolhido para analisar os dados coletados, investiga a correlação espacial entre áreas vizinhas. O pressuposto é que os dados espaciais, que estão mais próximos uns dos outros, supostamente estão mais correlacionados do que os que estão mais distantes.

Assim, foi confeccionado um último produto cartográfico que permitiu mensurar e evidenciar a vulnerabilidade (conforme os critérios escolhidos) a nível de município da RMS. Assim, estabeleceu-se cinco classes de vulnerabilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

## **INDICADORES E VARIÁVEIS ESPACIALIZADOS DA COVID-19: ALGUMAS REPRESENTAÇÕES E ANÁLISES CARTOGRÁFICAS**

Na busca de avaliar a vulnerabilidade associada à COVID-19, no âmbito dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral, alguns indicadores e variáveis foram aqui definidos no intuito de trazer um panorama intermunicipal. Claro que

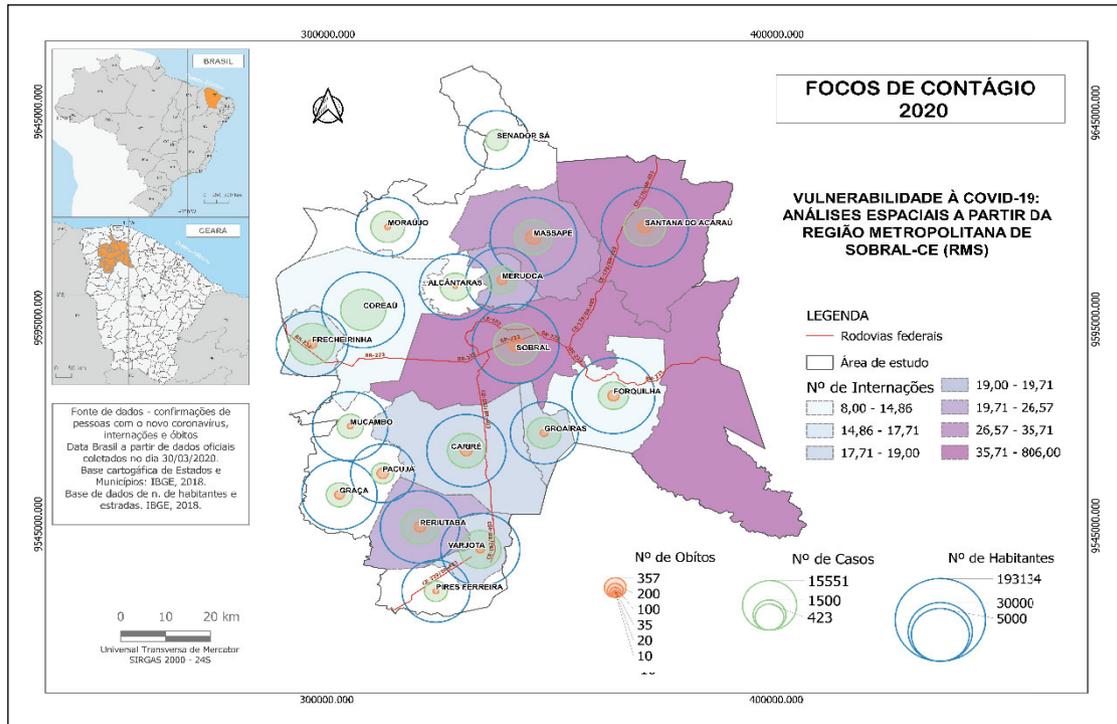
inúmeras outras variáveis, geralmente utilizadas nos estudos de vulnerabilidade, poderiam ser aqui consideradas. Contudo, pelos motivos já mencionados, optou-se pela utilização de informações qualificadas que estivessem disponíveis e passíveis de mensuração.

Inclusive, não foi o objetivo aqui recorrer a uma metodologia estatística específica que procurassem quantificar e categorizar a vulnerabilidade a partir de um índice. Pois, embora tal medida seja recorrente nos estudos dos riscos e vulnerabilidades, acredita-se que a complexidade e originalidade envolta no estudo poderia dificultar as análises aqui propostas, dificultando o entendimento. Ademais, a ausência de alguns dados também representa um desafio que abriria espaço para dúvidas e questionamentos acerca do que de fato poderia ser considerado no índice. Assim, o único tratamento estatístico dado diz respeito às técnicas de geoprocessamento implementadas, a partir dos produtos cartográficos gerados.

Na busca de espacializar muitas informações levantadas, optou-se inicialmente pela avaliação de um fato curioso, identificado a partir da tabulação dos dados. Embora os Estados e Municípios sejam orientados a divulgar, de forma transparente, os dados relativos à COVID-19 - seja pela lei de acesso à informação (lei 12527/2011) ou em atendimento à lei 13.979 de 6 de fevereiro de 2020 e o decreto 10.212, de 30 de janeiro de 2020 - observou-se uma grande dificuldade em acessar tais informações. Quando verificados os dados mensais de óbitos e casos confirmados, tal dado sequer foi encontrado nos canais oficiais de alguns dos municípios.

Assim, foi realizada uma prospecção nas redes sociais e sites oficiais dos municípios, em busca dos boletins epidemiológicos mensais dos municípios que, além de fomentar as análises da pesquisa, possibilitou a elaboração de uma escala de transparência (Figura 2). Sobral obteve importante destaque na divulgação dos boletins epidemiológicos, os quais foram disponibilizados dia após dia nos canais oficiais. Outros municípios como Cariré, Graça, Meruoca, Alcântaras, Pacujá e Frecheirinha também apresentaram os boletins epidemiológicos em todos os meses do ano considerados na análise (iniciando em março), com os registros de óbitos e casos confirmados. Esses dois últimos (Pacujá e Frecheirinha), inclusive, chamam atenção por apresentarem precisão quando comparados os dados presentes no DATASUS e nos canais oficiais.





Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

**Figura 3.** Focos de contágio.

A partir do mapa, observa-se uma distribuição espacial dos casos e internações relacionadas ao novo Coronavírus. Assim, nota-se que os municípios mais acometidos no número de internações pelo número de casos registrados se localizam exatamente nos municípios mais próximos da sede Sobral, tais como: Santana do Acaraú e Massapê, cidades que mantêm uma relação mais estreita com Sobral do ponto de vista espacial, bem como de relações econômicas, visto que pessoas dessas localidades circunvizinhas visitam com certa frequência a cidade de Sobral. Assim, podendo atuarem como possíveis primeiros “vetores” de transmissão dos casos que, posteriormente, alastraram-se pela população local, caracterizando-se como transmissão comunitária.

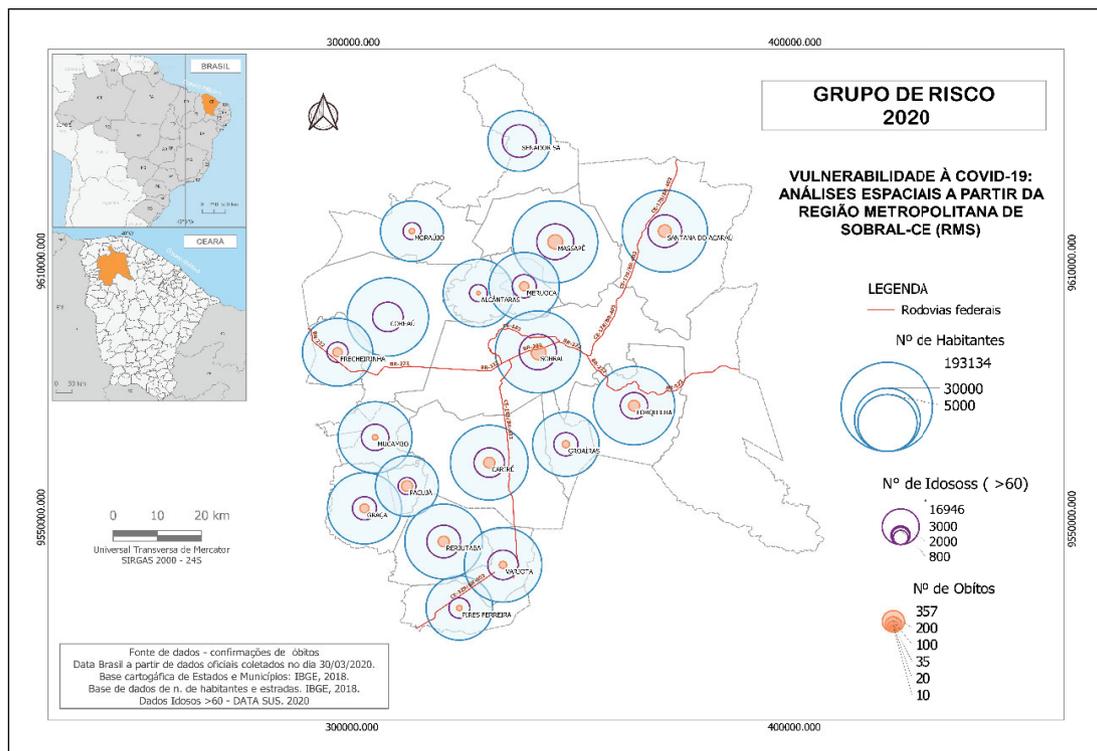
Dessa forma, é possível considerar, hipoteticamente, que as relações mais próximas para com Sobral, faz com que esses municípios circunvizinhos apresentem um maior risco de registrar os primeiros casos de COVID-19. Assim, ao passo que a distância da sede de Sobral aumenta, os números caem em grande parte, exceto na cidade de Reriutaba, a qual apresentou um número significativo de casos em comparação à população residente. Considerando os municípios mais próximos, Forquilha também se apresentou como exceção, visto que não registrou um relativo número de casos tão expressivo.

Quanto ao número de internações, o destaque fica para os municípios de Sobral, Santana do Acaraú e Massapê. Contudo, a cidade de Sobral acaba obtendo maiores registros durante todos os meses dos anos, visto que dispõe de uma rede de saúde especializada e mais equipada com leitos de COVID-19, equipamentos de ventilação mecânica, Hospitais de Campanha etc.

Assim, os casos mais graves dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Sobral são encaminhados para os Hospitais de Sobral. Dessa forma, pode-se perceber a “evolução” do contágio, dado o primeiro e como é possível notar o crescimento do número de internações ao longo dos meses. Todavia, destaca-se que alguns municípios mantiveram o estado de alerta até dezembro, principalmente Sobral e os municípios circunvizinhos.

Nesse sentido, entende-se que as medidas preventivas (isolamento social e de higiene) surtirem efeito, já que, no início do segundo semestre do ano, observa-se uma redução no número de casos. Contudo, o afrouxamento das barreiras sanitárias e do *lockdown* depois do mês de agosto tornaram esses dados crescentes, aumentando vertiginosamente no período após as eleições municipais. Assim, com as festas de fim de ano, a segunda onda de casos acabou sendo inevitável.

Assim, lembra-se que aqui foi considerado apenas aqueles habitantes acima de 60 anos, em virtude da inexistência ou inacessibilidade dos dados absolutos oficiais sobre os indivíduos com comorbidades. Com isso, ao considerar os óbitos daqueles habitantes que integram o grupo de risco, observa-se um comportamento bem heterogêneo (Figura 4).



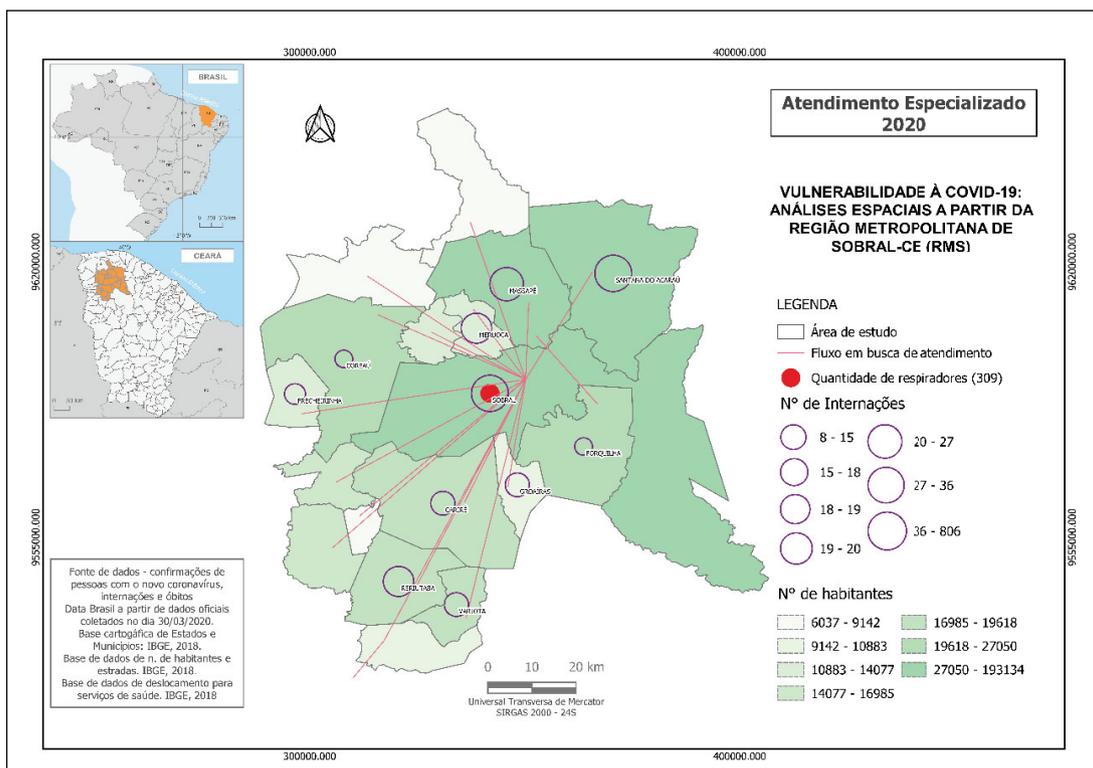
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

**Figura 4.** Número de idosos para número de óbitos por COVID-19 nos municípios da Região Metropolitana de Sobral.

Contudo, cabe destacar que nesses municípios os grupos de riscos foram os mais afetados, tendo em todos os municípios a incidência de casos desses grupos. Alguns com maior destaque se considerada a população absoluta de idosos, como em Pacujá, Frecheirinha, Alcântaras, Cariré, Massapê, Forquilha e Santana do Acaraú.

Além disso, Sobral chama atenção também, com um quantitativo não muito expressivo em termos relativos, pelo número maior de idosos e, quem sabe, por esses serem mais bem assistidos pela rede de saúde, visto que Sobral representa a cidade mais bem assistida com profissionais e equipamentos de saúde especializados no tratamento da COVID-19. Ou seja, em termos relativos, tal infraestrutura e pessoal qualificado contribuiu para minimizar a vulnerabilidade desses idosos em Sobral.

Ao tratar dos equipamentos de saúde, pode-se destacar outro produto que trata de uma espacialização associada à acessibilidade dos equipamentos de saúde. Não surpreende observar que Sobral detém grande influência (Figura 5) sobre os demais municípios, em especial quando considerados os atendimentos para casos mais graves, uma vez que possui equipamentos de ventilação mecânica e Hospitais de Campanha.

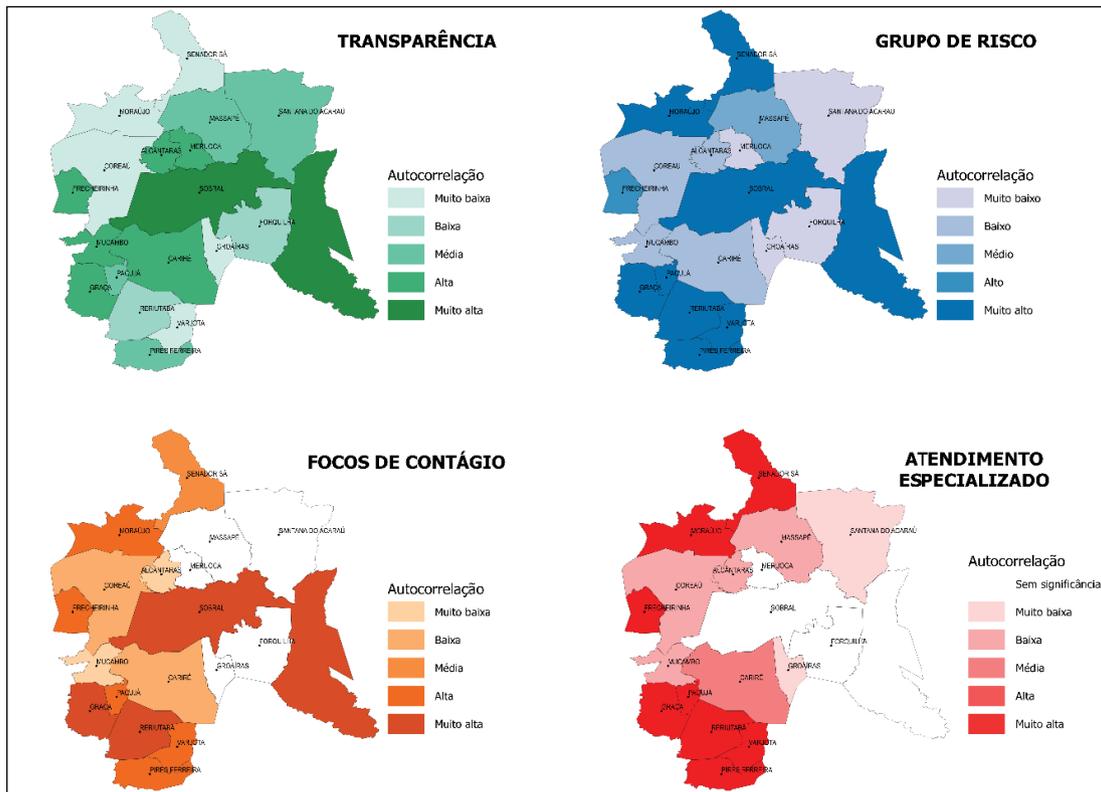


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

**Figura 5.** Acessibilidade aos equipamentos.

Com isso, a acessibilidade é um ponto fundamental a ser considerado, tendo nessa variável a principal causa de dependência dos demais municípios para com Sobral. Os equipamentos disponíveis de assistência à saúde representam o principal fator de segurança para tratar os casos mais graves e dependência para com o referido município e, curiosamente, com a pandemia da COVID-19, acredita-se que essa dependência aumentou (ao menos considerando o ano de 2020, uma vez que os municípios podem ter adquirido equipamentos e leitos de UTI para COVID-19 no ano de 2021), devido principalmente a fragilidade do sistema de saúde dos demais municípios.

Após todos os levantamentos e cruzamentos de dados iniciais dos mapas temáticos, foi aplicada a estatística de Moran (local e global), agrupados de dois em dois, até o resultado final dos indicadores estabelecidos na pesquisa permitissem compreender a autocorrelação espacial entre os municípios vizinhos próximos. A partir dos critérios estabelecidos com os dados disponíveis, teve-se o seguinte resultado (Figura 6):



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

**Figura 6.** Autocorrelação do conjunto de indicadores.

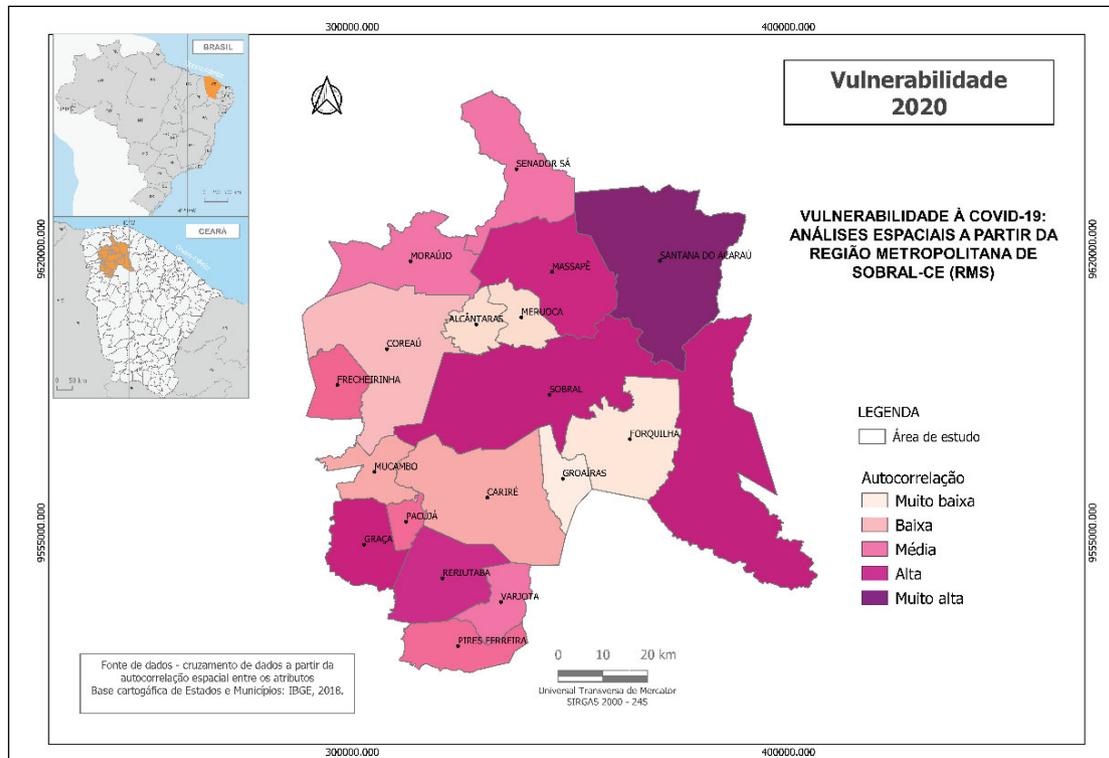
Após a visualização dos resultados, pode-se compreender como a transparência dos dados se configura como relevante, com significativa correlação espacial, uma vez que a informação e comunicação são fatores preponderantes para conscientização, bem como para a comunidade médica, gestores e sociedade acadêmica, que necessitam de tais informações para traçar mecanismos de ação e estudos. Contudo, no quesito ausência de dados, se destacam os municípios de Coreaú, Moraujo, Groaíras e Varjota.

Para os fatores de risco, deparou-se com um conjunto espacial interessante e bastante compreensivo, uma vez que os municípios que distam de Sobral, ou seja, não são vizinhos próximos, apresentam uma significativa parcela de casos de COVID-19 em relação a população absoluta e um considerável quantitativo de idosos. No caso do município de Sobral, esse apresenta maior quantitativo de população, número de casos e óbitos, o que pressupõem maior risco.

Já os focos de contágio causam surpresa no resultado, uma vez que os dados não são uniformemente e mensalmente divulgados. Acreditamos que aqueles que estão

representados sem cor (Meruoca, Massapê, Santana do Acaraú, Forquilha e Groaíras) podem apresentar alguma uniformidade na espacialização do dado. Além disso, ao tratar a sede de Sobral como polarizadora de atendimentos de saúde, é possível perceber que os municípios mais distantes apresentam maior correlação espacial em virtude da procura por atendimento especializado.

Após esses resultados, foi realizado mais um conjunto de cruzamentos de dados entre os indicadores apresentados, o que resultou em um mapa de vulnerabilidade, com as seguintes características (Figura 7):



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

**Figura 7.** Vulnerabilidade associada à COVID-19 na Região Metropolitana de Sobral.

A resposta para dados relativamente baixos é explicada a partir de Meruoca e Alcantaras, que apresentam número de casos e óbitos baixos no período representado. Já os municípios Groaíras e Forquilha, o conjunto de dados que não apresentam regularidade de informação mensal podem ter comprometido a interpretação dos dados.

Dessa forma, a autocorrelação espacial alta para os municípios de Graça, Reriutaba, Sobral e Massapê se justifica em virtude de número de idosos, casos de COVID-19 e óbitos, principalmente quando relacionados ao parâmetro espacial. Além disso, Varjota apresenta elevada dependência na matriz de vizinhança em virtude de constar dados relativamente elevados de idosos e por fazer limite com municípios que apresentam altos índices de autocorrelação espacial.

Assim, considerando as variáveis que foram correlacionadas no intuito de mensurar a vulnerabilidade dos municípios que compõem a RMS, observa-se um destaque para a

elevada vulnerabilidade em Santana do Acaraú, único município que ficou categorizado na classe de vulnerabilidade muito alta. Contudo, a metrópole Sobral, além dos municípios de Massapê e Reriutaba, por exemplo, não fica tão distante, apresentando alta vulnerabilidade, quando comparados a outras localidades.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o contexto de pandemia experienciado pela população brasileira, em Sobral e Região Metropolitana não foi diferente. Por isso, observou-se, além do esgarçamento do tecido social, uma disseminação do vírus obedecendo uma lógica geopolítica.

Futuros estudos epidemiológicos com foco nas variações espaciais e temporais da COVID-19 podem informar grupos de indivíduos de alto risco que necessitam de intervenções direcionadas e outras medidas de controle voltadas à saúde pública. As medidas de restrições de viagem ajudaram a retardar a propagação da COVID-19, até certo ponto. Ademais, as especializações de informações associadas à COVID-19 residem como importante mecanismo na tentativa de conter a transmissão comunitária.

A integração de métodos de vigilância baseados em SIG proporciona maior flexibilidade e eficiência para evitar qualquer surto e rastrear os casos quase que em tempo real. Outro exemplo é a China, ao empregar o uso de aplicativo de rastreamento de contas em mídia social. Em março de 2022, tais aplicativos ajudaram a identificar os casos ou clusters e rastrear pessoas doentes e, assim, mantê-las em quarentena.

Considerando as análises desenvolvidas, ficou evidente que o município de Sobral, enquanto cidade média e metrópole, exerceu claramente nesse contexto seu papel polarizador. Pois essa disseminou informação, atraiu investimentos e melhorias dos equipamentos de saúde, atendeu os casos de maior complexidade, inclusive dos municípios circunvizinhos que demonstraram forte dependência do sistema de saúde de Sobral.

Ademais, a própria disseminação do vírus obedeceu a essa lógica polarizadora, uma vez que o aumento de casos nos municípios circunvizinhos ocorreu semanas após o “boom” de casos na sede de Sobral. Dessa forma, isso indicou que a metrópole possivelmente contribuiu na sua disseminação, pois as pessoas residentes em municípios adjacentes, e que transitaram por Sobral, contribuíram para disseminar o vírus nessa primeira onda, o que gerou a transmissão comunitária. Embora tal visão não possa ser generalizada a partir dos dados observados, nota-se tal comportamento.

Quanto à vulnerabilidade e sua multidimensionalidade, as análises permitiram avaliar como tais municípios, que compõem a Região Metropolitana de Sobral, foram acometidos com a pandemia no ano de 2020, indicando diferentes interpretações a partir das variáveis consideradas. Claro que tal esforço de análise não se esgota aqui, uma vez que outras variáveis e indicadores podem ser elencados posteriormente, a partir de uma rede de dados mais completa e eficaz, fato que não foi observado no ano de 2020.

Diante da previsibilidade dos fatos, ainda se tem muito a ser discutido e analisado, pois esses são novos e passíveis de investigação. De qualquer forma, tal situação desastrosa

merece ser ponderada com maior rigor, no intuito de fazer frente às futuras ameaças. Afinal, os estudiosos já afirmam que essa realidade do planeta atualmente, em termos de Pandemia, é fruto da degradação ambiental que a sociedade proporciona. Se, na atualidade, há erros enquanto sociedade, espera-se ao menos que as consequências devastadoras da pandemia estimulem o conhecimento e a tomada de medidas com vistas à mudança de cenário.

## REFERÊNCIAS

- BENEVENUTO, R.G; AZEVEDO, I.C.C; CAULFIELD, B. Assessing the spatial burden in health care accessibility of low-income families in rural Northeast Brazil. **Journal of Transport Health**, 14, p. 100595.
- CABRAL, R. B. G.et al. Estudo inicial sobre a evolução do novo CORONAVÍRUS (SARS-COV-2) no estado do Pará (Brasil), no período entre 17/03/2020 e 06/04/2020. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 2914-2931, 2020.
- CUNHA, Lúcio. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. LOURENÇO, L; MATEUS, M. *In: Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo*. Coimbra, p. 153-165, 2013.
- CUTTER, Susan. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v.20, n.4, p.529-539, 1996.
- LANA, R. M. et al. Emergência do novo coronavírus (SARS-Cov-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p.e00019620, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311x00019620>>.
- LINHARES, L. I. M.; MONTEIRO, J. B.; PACHECO-GRAMATA, A. P. P. Geografia dos riscos e vulnerabilidades: uma breve discussão teórica e metodológica. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 23, p. 75-98, 2021.
- MITCHEL, J. K. Hazards research. In: GAILE, G. L. , WILLMOTT, P. J. **Geography in America**. Columbus: Merrill, 1989. P. 410-24.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance. **World Health Organization**, 2020.
- PEREIRA, R.H.; BRAGA, C.K.V.; SERVO, L.M.; SERRA, B.; AMARAL, P.; GOUVEIA, N. Mobilidade urbana e o acesso ao Sistema Único de Saúde para casos suspeitos e graves de Covid-19 nas vinte maiores cidades do Brasil. **Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA)** – Nota Técnica 14. 2020
- PRADO, M.; BASTOS, L.; BATISTA, A.; ANTUNES, B.; BAIÃO, F.; MAÇAIRA, F.; HAMACHER, S.; BOZZA F. Análise de subnotificação do número de casos confirmados da COVID-19 no Brasil. **Núcleo de Operações e Inteligência em Saúde (NOIS)** – Nota Técnica 7. 2020.
- VASCONCELOS, C. S.; FRIAS, P. G. Avaliação da Vigilância da Síndrome Gripal: estudo de casos em unidade sentinela. **Saúde em Debate**, v. 41, p. 259-274, 2017.