

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ESTATÍSTICA E DA GEOGRAFIA PARA ANÁLISE DA DIFUSÃO DA COVID-19 NA MESORREGIÃO SUL/SUDOESTE DE MINAS GERAIS

Sérgio Henrique de Oliveira Teixeira

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA
Foz do Iguaçu, PR, Brasil
sergio.teixeira@unila.edu.br

Júlia Marchesin Caetano

Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil
julia_marchesin@hotmail.com

RESUMO

Apresenta-se, neste artigo, uma análise inicial de estudos estatísticos aplicados aos métodos geográficos. Busca-se atender a demanda de análises em promoção da saúde pública e, em especial, investigar a transmissão da Covid-19 na Mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais, no período de março de 2020 a março de 2021. A relação entre a Estatística descritiva e a Geografia é extremamente importante quando se lida com epidemiologia. A Covid-19 trouxe debates que colocaram em destaque o uso dessas ferramentas como fundamentais para a elaboração de estratégias e planejamento frente à pandemia do SARS-COV-2. O objetivo deste artigo é engajar pesquisadores na atenção e na operacionalização de dados espaciais como elementos fundamentais para as estratégias de planejamento. A partir da contextualização dos conceitos e da consideração dos problemas inerentes aos usos da estatística para análise espacial da Covid-19, serão construídas as potencialidades da estatística como aliada à epidemiologia. Para tanto, foram analisados os dados correspondentes aos processos de difusão e distribuição da Covid-19 a partir da hipótese de interiorização da contaminação da doença na Mesorregião em estudo.

Palavras-chave: Análise espacial. Sistema de Movimento. Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Covid-19.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF STATISTICS AND GEOGRAPHY FOR THE ANALYSIS OF COVID-19 DIFFUSION IN THE SOUTHERN/SOUTHWEST MESOREGION OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

This paper presents an initial analysis of statistical studies applied to geographic methods. It seeks to meet the demand for analyzing public health and, in particular, investigate the transmission of Covid-19 in the South/Southwest Mesoregion of the state of Minas Gerais from March 2020 to March 2021. The relationship between Descriptive Statistics and Geography is extremely important when dealing with epidemiology. Covid-19 brought debates that highlighted the use of these tools as fundamental to strategizing and planning against the SARS-COV-2 pandemic. This article aims to engage researchers in the attention and operationalization of spatial data as fundamental elements for planning strategies. From the contextualization of concepts and consideration of the problems inherent in using statistics for spatial analysis of Covid-19, the statistics' potential as an ally to epidemiology will be constructed. To this end, the data corresponding to the processes of diffusion and distribution of Covid-19 were analyzed from the hypothesis of internalization of the contamination of the disease in the Mesoregion under study.

Keywords: Spatial analysis. Movement System. South/Southwest Mesoregion of Minas Gerais. Covid-19.

INTRODUÇÃO

A pandemia do vírus SARS-COV-2 popularizou o uso de análises estatísticas descritivas em vários campos da ciência e da sociedade. Antes restrita a pesquisadores e acadêmicos, análises sobre a quantidade de contaminados por doenças virais, taxa de óbitos e projeções de ocorrências futuras de

disseminação passaram a fazer parte dos noticiários. Termos como “curva de crescimento de contaminados” e “achatamento da curva” inauguraram a análise de cenários como instrumentos de jornalismo científico.

Não é exagero afirmar que a Covid-19 fez da estatística um elemento presente no cotidiano da população mundial, uma vez que é a partir dos dados traduzidos em tabelas e gráficos que se tornaram legíveis ao público seus significados, demonstrando assim a gravidade do momento pandêmico. Sendo assim, ao tratar-se de um vírus altamente transmissível, as análises de dados são essenciais para o conhecimento da situação epidemiológica local (Santos & Mendes, 2020).

Outro elemento fundamental, que teve ascendência durante a pandemia, foi a necessidade de análises espaciais. Tratou-se, em linhas gerais, da evidência que a gestão da disseminação e difusão da Covid-19 necessitavam de controles e barreiras territoriais. Para isso, modelos de mapas mostraram que a interpretação dos dados, a partir do momento em que estes se espacializam, permite identificar padrões, demonstrando pontos críticos e estabelecendo momentos em que se identificam hipóteses na forma como o vírus se espalha pelo espaço.

O uso dessas duas metodologias - a análise estatística e a análise geográfica - são elementares para a compreensão e contribuição da análise epidemiológica e permite filtrar os resultados que são eficientes para a identificação dos impactos da Covid-19 na perspectiva da geografia da saúde. Tais ferramentas foram mobilizadas por inúmeros pesquisados que contribuíram, cada um à sua maneira, porém partindo de escalas diferentes, com uma leitura recente e similar à proposta deste artigo. São os casos de Guimarães et al (2020), Sposito & Guimarães (2020), Farias (2020), Lana et al. (2020), Croda & Garcia (2020) e Souza & Guimarães (2021) que analisaram os efeitos da pandemia tomando a relação geral de difusão, os métodos estatísticos e o conhecimento do espaço como elementos de análise. Os autores trataram de inferir, por meio da análise geográfica e de áreas, reflexões sobre o novo coronavírus e seus impactos na saúde coletiva e nos processos territoriais e sociais derivados, considerando, sobretudo, a capacidade de resposta dos serviços de saúde às demandas de atendimento à população.

Também são os casos de pesquisadores que, seguindo os métodos anunciados acima, buscaram investigar as especificidades regionais do processo de difusão da Covid-19. São os casos de Teixeira & Souza (2020), Lima et al (2020) e Magalhães et al. (2020)¹, que analisam a distribuição e difusão do vírus nas diversas Mesorregiões do estado de Minas Gerais. Tais contribuições buscaram investigar os “caminhos” espaciais pelos quais o vírus circulou nas regiões e as decorrências específicas para cada região, tomando como objeto de estudo os elementos de pressão infraestrutural, tal como serviços de saúde, emprego, serviços etc. O empenho desses autores foi de relacionarem como as ferramentas estatísticas são capazes de auxiliar em diversos momentos, entre eles, na tomada de decisões em relação a medidas restritivas de circulação, operacionalização e logística. Assim como na identificação de populações vulneráveis e outros aspectos relacionados a essa interdisciplinaridade essencial, os conhecimentos geográficos operacionalizados têm se mostrado frutíferos para entendimento e enfrentamento das causas e consequência da pandemia.

Os métodos estatísticos evidenciaram o aumento dos casos de Covid-19 e revelaram os principais focos da doença nos primeiros momentos de contaminação. Permitiram-se, junto às análises espaciais, diagnósticos e ações de planejamento para a contenção e tratamento dos locais atingidos pelo vírus (Kang et al, 2020).

Portanto, o objetivo deste artigo é trazer uma perspectiva de abordagem que une a análise estatística à geografia como frentes de estudos sobre a Covid-19. Utiliza-se, para tanto, metodologias que abarcam métodos estatísticos e geográficos que são imprescindíveis para a epidemiologia e para a saúde pública. Será utilizado o recorte da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, considerando a influência dos estados adjacentes para a difusão da Covid-19 no território estudado

¹Os três artigos referenciados fazem parte da edição especial dedicada à análise da Covid-19 da revista Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde (Hygeia), publicada em Junho de 2020. Os artigos, reunidos em forma de dossiê, mostram a especificidade regional com que os geógrafos trataram o tema, trazendo contribuições importantes para o enfrentamento da pandemia nas diversas regiões em que partiram suas análises. “Dentre os 45 artigos do presente número especial, quatro são estudos na escala nacional, vinte têm uma abrangência regional e no nível local, cobrindo dezesseis Unidades da Federação do Brasil, com diversos recortes. Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Amazonas foram os estados brasileiros mais analisados. Mas há também artigos que discutem a distribuição da COVID-19 em cidades distribuídas entre as cinco macrorregiões do país” (GUIMARÃES et al., 2020, p. 1).

especificamente. Os dados trabalhados foram coletados e trabalhados com referência ao período de março de 2020 a março de 2021. Sendo assim, a análise estatística e geográfica aplicada ao recorte será apresentada após a abordagem de cada perspectiva de análise tendo como referência a análise temporal destacada.

A ANÁLISE ESTATÍSTICA E A GEOGRAFIA

A análise estatística em Geografia nasce de um processo de busca dos geógrafos pela sistematização da Geografia enquanto ciência. Pautados pela necessidade de se estabelecerem bases sólidas para o desenvolvimento da ciência geográfica, esses geógrafos buscaram nos métodos matemáticos as bases de análise das pesquisas em curso, ancorando-se na suposta precisão que a análise matemática e seus derivados davam à análise científica. Buscaram, então, se ancorar nas análises dos sistemas e de modelagens estatísticas, em moda nos anos de 1950.

Tudo isso seria obtido por uma combinação na qual as análises de sistemas e modelos e o uso de estatísticas seriam peças fundamentais. Acreditava-se responder também a uma preocupação de rigor em que a noção de causa e efeito se impunha. Julgava-se que, com a ajuda de modelos lineares, elaborados tanto para avançar como para recuar em investigações feitas anteriormente, poder-se-ia chegar a análises mais precisas e científicas sobre os processos espaciais. Além do mais, a utilização de análises multifatoriais deveria, no espírito dos geógrafos quantitativos, resolver de uma vez por todas as questões intrincadas solicitadas pela multiplicidade de variáveis em jogo e pela fragilidade, até então invencível, do trabalho interdisciplinar (SANTOS, 2004 [1978]).

Entretanto, a questão de uma análise quantitativa em Geografia não se dá pela necessidade de junção das variáveis, outrossim é a separação das variáveis que possibilita sua sistematização em uma teoria, esta sim, a base de uma análise científica. Dessa forma, a introdução da análise de dados estatísticos, demarcada dentro da história do pensamento geográfico como “revolução quantitativa”, não pode ser vista como deletéria à ciência geográfica, haja vista sua contribuição para as análises da época, tal como as propostas de Hagerstrand (1967) e Sauer (1952) em suas descobertas sobre a difusão de fenômenos geográficos.

O que de fato deve ser colocado em relevo sobre os usos das estatísticas e dos modelos matemáticos em Geografia são as suas limitações como explicação geral dos fenômenos. Isso porque o uso dos modelos matemáticos e estatísticos buscavam uma explicação estática, como se os dados pudessem ser evidências de uma evolução linear dos processos. Entretanto, a análise geográfica busca explicar os processos multidimensionais que não podem estar contidos em um modelo linear, isso porque não se trata aqui de procurar relações pontuais de causa e efeito, mas de estabelecer a rede de causalidades em diferentes níveis. Falamos, dessa maneira, sobre o que Santos (2004 [1978]) categorizou como análise de “contexto”.

A análise de contexto significa partir das evidências da realidade, ou seja, do fato empírico em si. Entretanto, como o contexto não é estático, a sua elaboração deve ser submetida à análise histórica e à sistematização, para então retornar à realidade como explicação concreta das sínteses das várias determinações analisadas. Sem dúvida, tal análise não pode ocorrer sem que se utilizem dados estatísticos, pelo contrário, eles são necessários para sua apreciação.

Pode-se conhecer uma coisa desconhecendo sua gênese? O espaço que a geografia matemática pretende reproduzir não é o espaço das sociedades em movimento e sim uma fotografia de alguns de seus momentos. Ora, as fotografias permitem apenas uma descrição e a simples descrição não pode jamais ser confundida com a explicação. Somente esta pode pretender ser elevada ao nível do trabalho científico (SANTOS, 2004 [1978], p. 75).

Nesse sentido é que se pode dizer que a análise quantitativa deve estar ancorada em uma teoria que a sustente. Ou seja, é preciso refletir para medir e não medir para refletir. Longe de ser um jogo de palavras, essa assertiva nos propõe uma reflexão importante, ainda mais nos dias correntes, em que um punhado de trabalhos geográficos busca explicar a realidade por meio de análises de dados, em especial, os dados cartográficos e de modelagens de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Se os mapas de modelagens aparentam ser “bonitos” aos olhos, sua apresentação sem uma robusta teoria é inútil para sua utilidade enquanto realidade histórica e para fins de planejamento de políticas públicas.

Pode-se, então, resumir o que estamos aqui afirmando como elemento norteador da análise estatística - ancorada em uma análise do método da ciência geográfica - que o grande equívoco dos

que tomam o quantitativo como definidor do fenômeno espacial é tomar o que se apresenta como metodologia no lugar de uma teoria.

A análise das realidades geográficas não pode ser válida sem a posse de um armamento teórico susceptível de reconhecer em cada variável seu valor respectivo. [...] quando essa escolha é feita, pode-se então passar à etapa seguinte, à procura dos modos de contabilizar os fenômenos. Esta etapa torna-se indispensável se se deseja apresentar resultados com um mínimo de rigor, mas também para refinar a elaboração teórica. (SANTOS, 2004 [1978], p. 74).

Por isso, parte-se aqui de uma teoria do espaço geográfico que entende ser esse um sistema de objetos e ações (SANTOS, 2020 [1996]). Os objetos são aquelas infraestruturas organizadas pela ação dos indivíduos. Nesse sentido, entende-se aqui os objetos de infraestrutura de movimento como vetores do contágio da Covid-19, para a qual será feita a apreciação por meio da análise de dados espaciais e suas modelagens em mapas temáticos e tabelas de sistematização.

Para tanto, se faz a seguir uma investigação da teoria da metodologia estatística que se mostra conveniente para a análise geográfica proposta. Em seguida, será relacionada essa metodologia ao método geográfico por meio da sua operacionalização para análise do caso da difusão da pandemia de SARS-COV-2 nas cidades da Mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais. Toma-se, então, a estatística descritiva como ferramenta metodológica utilizada dentro do escopo de uma análise que investiga o território por meio da importância que os objetos técnicos têm nos processos de difusão de doenças virais, em especial, o novo SARS-COV-2.

Considera-se a estatística descritiva como uma ferramenta, dentro das funções da estatística, que tem por objetivo resumir e apresentar informações, sendo um conjunto de métodos para redução de dados que auxilia na tomada de decisões sobre uma população (ROGERSON, 2012). Portanto, envolve a coleta, apresentação, caracterização e resumo de dados com o objetivo de descrever aspectos da realidade. Sua relação com a epidemiologia é evidente, uma vez que auxilia os tomadores de decisão e os profissionais de saúde a interpretar e conduzir os efeitos de epidemias. No caso da Covid-19, tem-se uma situação completamente atípica, uma vez que uma pandemia nas mesmas proporções não acontecia desde o início do século XX, o que nos permite debruçar-nos sobre novas metodologias, sobretudo àquelas que buscam relacionar as análises estatísticas às estruturas territoriais.

Da mesma forma, é essencial considerar que essas singulares experiências trazidas pela Covid-19 apontam para problemas relacionados à interpretação dos dados coletados. Serão apresentadas, brevemente, algumas armadilhas às quais as análises estão sujeitas. Uma vez que as variáveis são diferentes, devem-se considerar suas peculiaridades que demonstram características distintas dependendo do momento da pandemia a ser observado.

Primeiro, ao utilizar diferentes conceitos de taxas e medições, por exemplo, em relação à letalidade, estes devem ser compreendidos e devidamente definidos. Em segundo lugar, ao executar comparações até mesmo da mesma medida ou taxa em países ou contextos diferentes, deve-se garantir que os dados são comparáveis. Terceiro, se houver dúvidas sobre a veracidade dos dados coletados no contexto específico de coronavírus, outros dados coletados, independentemente, podem servir como uma ferramenta de validação. Quarto, deve-se ter cuidado ao interpretar levantamentos de dados em tempo real como informações conclusivas uma vez que os mesmos são frequentemente revisados. [...] Sexto, ao comparar os resultados das políticas entre diferentes grupos, é preciso estar ciente dos fatores subjacentes que podem determinar estas ações e seus consequentes resultados. (BACKHAUS, 2020, p. 166, tradução nossa).

No campo das políticas públicas, o uso dessas ferramentas serve também à epidemiologia que, por sua vez, depende da coleta e análise dos dados através da estatística, envolvendo a interpretação e elaboração de diretrizes para o controle das epidemias em territórios específicos por meio da vigilância epidemiológica. Portanto, uma área é complementar a outra. Neste artigo, busca-se exemplificar o uso da estatística descritiva para identificar padrões espaciais de difusão da Covid-19, procurando materializar a importância dessa ferramenta para a compreensão de efeitos, padrões e consequências, de forma que seja possível produzir análises que auxiliem o controle da pandemia do novo coronavírus e que sirvam de base histórica-metodológica para situações similares que eventualmente enfrentaremos no futuro.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para a análise proposta foi utilizado o recorte da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. A mesorregião possui 10 microrregiões, em uma área territorial de 49.523.893 km² e soma um total de 2.602.855 habitantes (IBGE, 2020a).

Assim, organiza-se uma apresentação de dois elementos fundamentais para a investigação dos efeitos da Covid-19 na região. Primeiramente, foi analisado o porte populacional por ser esse elemento importante para uma análise da difusão, uma vez que a mesma ocorre seguindo os padrões de hierarquia e contágio provenientes do contato das populações.

Nesse primeiro momento, utiliza-se como recorte temporal, o período de março de 2020 a março de 2021. Uma segunda análise atenta-se para o sistema de movimento rodoviário. Isto porque um segundo elemento central para a análise da difusão é a proximidade e/ou existência de sistemas técnicos de circulação, e em especial na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, proximidade com o sistema de movimento rodoviário. Nessa segunda análise, utilizou-se o período de março a setembro de 2020, período no qual todas as cidades da Mesorregião estudada apresentaram pelo menos 1 caso confirmado de Covid-19.

Podem-se destacar três ferramentas principais da estatística descritiva para análise dos dados da Covid-19: (1) tabelas operacionais, com dados primários sobre a Covid-19 na região; (2) gráficos de sistematização dos dados levantados; (3) medidas de tendência central (média, mediana, moda, etc.). Esses elementos serão complementados por meio da sistematização dos dados em mapas de difusão.

O primeiro elemento metodológico seria a análise de porte populacional. De uma maneira geral, propõe-se analisar as taxas de contaminados em cada porte populacional, verificando quais categorias apresentaram aumentos significativos na velocidade de contágio. Esse método busca identificar as relações entre o tamanho populacional das cidades do recorte estudado com a velocidade de difusão da Covid-19 nesses espaços.

O segundo elemento metodológico consiste na análise da circulação e Difusão da Covid-19 no recorte da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Segundo as explicações desenvolvidas por Catão (2011), ao analisar a difusão de doenças virais e, em especial, a dinâmica da dengue no Brasil, as inúmeras mudanças socioespaciais ocorridas a partir do avanço das técnicas de comunicação e de transporte propiciaram a emergência de doenças virais como um problema de saúde pública global. O autor ampara-se na identificação da ascensão do meio técnico-científico-informacional – MTCI, feita por Santos (2020 [1996]), que afirma a influência cada vez maior da circulação na composição das diferenciações regionais. Propõe-se, portanto, que a análise das densidades dos sistemas de movimento (CONTEL, 2001), entendidos aqui como a forma circulatória do MTCI, é fundamental para o entendimento das diferenciações territoriais e, também, para a compreensão da disseminação e dos efeitos da Covid-19 no Brasil.

No caso do novo coronavírus na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais é verificado que os objetos geográficos influenciam tanto no aparecimento de casos quanto na circulação das pessoas e objetos que transportam o vírus. As cidades e suas características singulares influenciam na distribuição e na manutenção da Covid-19 por meio dos fluxos estabelecidos pelos macrossistemas de engenharia de circulação, tais como estações ferroviárias, rodoviárias, aeroportos e portos. Ou seja, é por meio das interações pela rede urbana – ligando pontos que são dotados de infraestruturas de circulação – que ocorre a difusão da doença, seguindo uma hierarquia das cidades mais conectadas para as de menores conexões.

Para a análise proposta foram elaborados um conjunto de mapas que se utiliza de dados estatísticos cartografados em mapas de difusão. Buscou-se estabelecer um “caminho” de difusão da Covid-19 para a Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Para isso, foi necessário estabelecer relações com outras regiões de estados limítrofes, os quais foram edificados como difusores da pandemia para a região de estudos. Nesse sentido, foram utilizadas as bases de dados dos primeiros casos da Covid-19 em cada município dos estados de Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, coletados a partir das bases disponibilizadas pelo Brasil.IO, os interpolando utilizando o método de

modelagem estatística denominado Inverso por Distância (IDW), no software livre QGis 3.10. Após interpolação dos dados, os resultados foram sobrepostos dos casos totais em cada município.

Como limitação metodológica destaca-se que o período de análise representou o tempo que levou para a região alcançar apenas 4,62% de casos em toda a população estudada. Porém, pelo fato de o presente artigo se propor a estudar a difusão do mesmo pelo território, mostrou-se ideal abranger o período inicial de alargamento da doença e seguinte interiorização, que seriam referentes a março de 2020 (mês dos primeiros casos) e março de 2021 (após os períodos festivos de 2020 nos quais houve aumentos substanciais nas médias móveis de contaminação).

Também se evidencia, como afirma Backhaus (2020), que dados elaborados em caráter emergencial, devido à situação pandêmica, podem ser subestimados, uma vez que casos assintomáticos e a baixa testagem podem afetar diretamente esse parâmetro. Portanto, seria importante para outras análises, considerar também a contagem de mortes e o cálculo do excesso de mortes, estimando de maneira mais precisa o real número de mortos pela comparação com a mortalidade em anos anteriores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Porte populacional e difusão da Covid-19 na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais

A Mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais é majoritariamente formada por municípios pequenos, denominados como “centros locais” segundo a classificação hierárquica urbana do IBGE (IBGE, 2020a), os quais apresentam, em sua grande maioria, um contingente populacional inferior a 20 mil habitantes.

Segundo o IBGE (IBGE, 2020b), na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, apenas 4 municípios apresentam populações acima de 100 mil habitantes: Poços de Caldas/MG (168.641), Pouso Alegre/MG (152.549), Varginha/MG (136.602) e Passos/MG (115.337).

A Mesorregião é composta por 146 municípios e, ao analisar a distribuição dos municípios nas classes populacionais, nota-se que quase metade dos municípios do Sul/Sudoeste de Minas apresenta até 10 mil habitantes (cerca de 48,63%) e que cerca de 29,45% dos municípios apresentam de 10 a 20 mil habitantes. Ao somar ambos os valores, constata-se que 78,08% dos municípios dessa região apresentam até 20 mil habitantes. Em contrapartida, apenas 21,87% dos municípios apresentam uma população superior a 20 mil habitantes, dos quais apenas 2,73% detêm população superior a 100 mil habitantes.

Portanto, para aferir o “movimento” da Covid-19 na região destacada, tomamos a análise da interiorização como elemento de aferição que nos proporciona viabilizar a hipótese de que, em um primeiro momento de contaminação, a Covid-19 segue uma difusão hierárquica. Para demonstrar esse movimento, optou-se pela elaboração da tabela 1 e da figura 1. Primeiramente, demonstra-se a relação entre a taxa de contaminados em cada classe de municípios e sua evolução mensal.

Tabela 1 - Mesorregião Sul/Sudoeste (MG): Evolução da taxa de contaminados por Covid-19 por classe populacional (%), 2021.

Porte (hab.)	Mun.	População total	mar/20	mai/20	jul/20	set/20	nov/20	jan/21	mar/21
Até 10 mil	72	380688	0.00%	0.02%	0.22%	0.79%	1.20%	2.56%	4.04%
10 mil a 20 mil	42	582677	0.00%	0.02%	0.19%	0.76%	1.14%	2.51%	3.98%
20 mil a 30 mil	15	352841	0.00%	0.05%	0.25%	0.76%	1.17%	2.56%	4.06%
30 mil a 40 mil	2	69864	0.00%	0.14%	1.18%	3.52%	4.79%	7.46%	10.66%
40 mil a 50 mil	5	212448	0.00%	0.03%	0.15%	0.62%	1.24%	2.63%	4.44%
50 mil a 60 mil	2	108663	0.00%	0.04%	0.40%	1.18%	1.82%	4.08%	5.33%
60 mil a 80 mil	3	230434	0.00%	0.04%	0.25%	0.97%	1.90%	3.65%	5.07%
80 mil a 100 mil	1	96869	0.00%	0.02%	0.34%	1.39%	1.75%	2.77%	5.97%
Mais de 100 mil	4	568371	0.00%	0.05%	0.29%	1.03%	1.48%	3.01%	4.78%
Total	146	2602855	0.00%	0.04%	0.27%	0.95%	1.45%	2.95%	4.62%

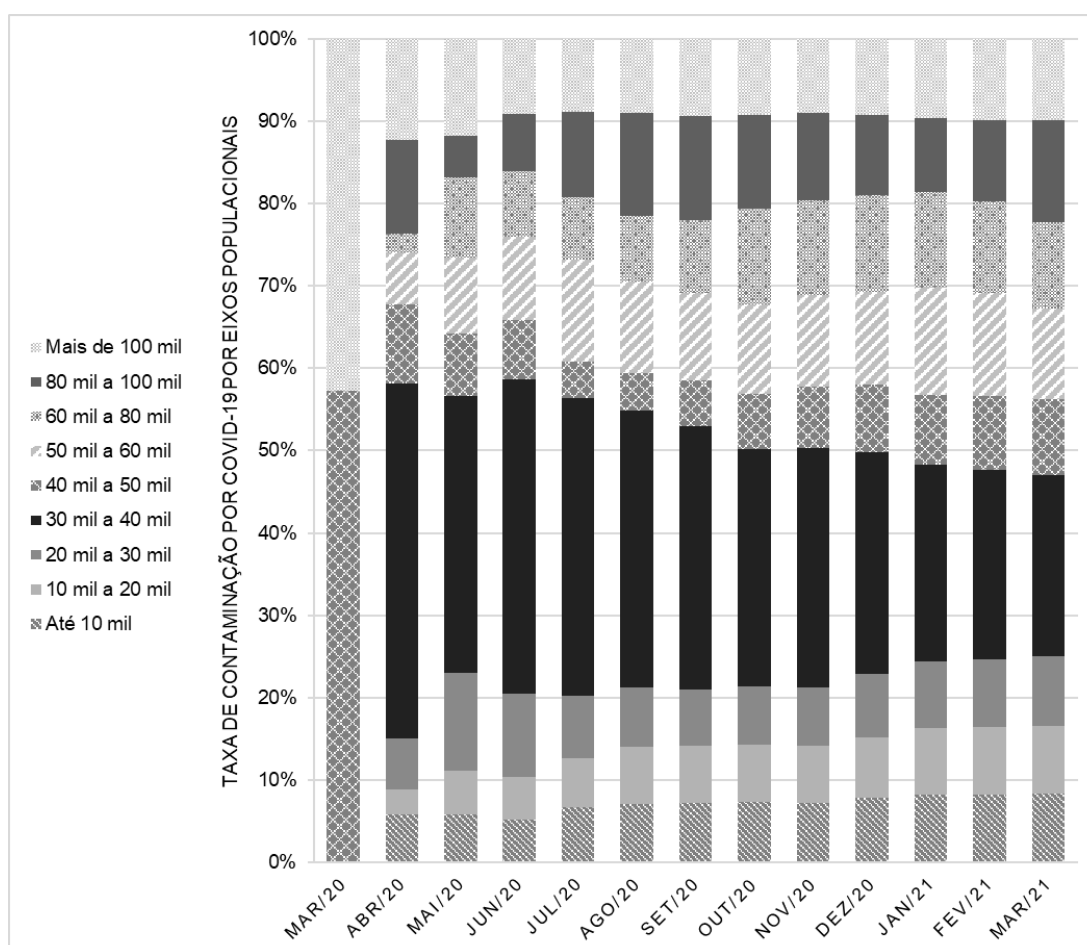
Fonte - SES/MG, MINAS GERAIS (2021).

Ao analisar-se o comportamento das taxas de contaminados, nota-se que as classes de municípios que apresentam maiores populações foram as primeiras a apresentar taxas maiores que 0.02% de contaminados, destacando as cidades de 30 a 40 mil habitantes que logo em maio de 2020 já apresentavam 0.14% da população contaminada. Em seguida, outras classes populacionais, de menores percentuais, foram elevando gradativamente suas taxas de contaminação. Observa-se, assim, que o espraiamento da doença na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais tem se dado de maneira desigual, sendo que municípios de menor contingente populacional se caracterizam por serem a última classe de municípios afetada.

Ao fazer a relação entre o movimento de difusão do novo coronavírus e a hierarquia de cidades, no caso da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, demonstra-se que tal processo se deu das cidades médias rumo às cidades de menor porte – os centros locais – já que tal região não comporta metrópoles em sua composição. Dessa maneira, cidades médias tais como Poços de Caldas/MG, Pouso Alegre/MG, Varginha/MG e Passos/MG foram os primeiros municípios da região a serem atingidos pela Covid-19, municípios esses que apresentam população superior a 100 mil habitantes.

A figura 1 mostra a distribuição das taxas de contaminados por Covid-19 entre os portes de cidades. Nele pode-se ver que, no início do contágio, a distribuição dos casos apontava para uma concentração nas cidades com mais de 100 mil habitantes. Entretanto, no decorrer dos meses, os casos passam a ter maior incidência nas cidades com menores contingentes populacionais.

Figura1 - Mesorregião Sul/Sudoeste (MG): Distribuição das taxas de contaminados por Covid-19 por classe populacional das cidades (2021).



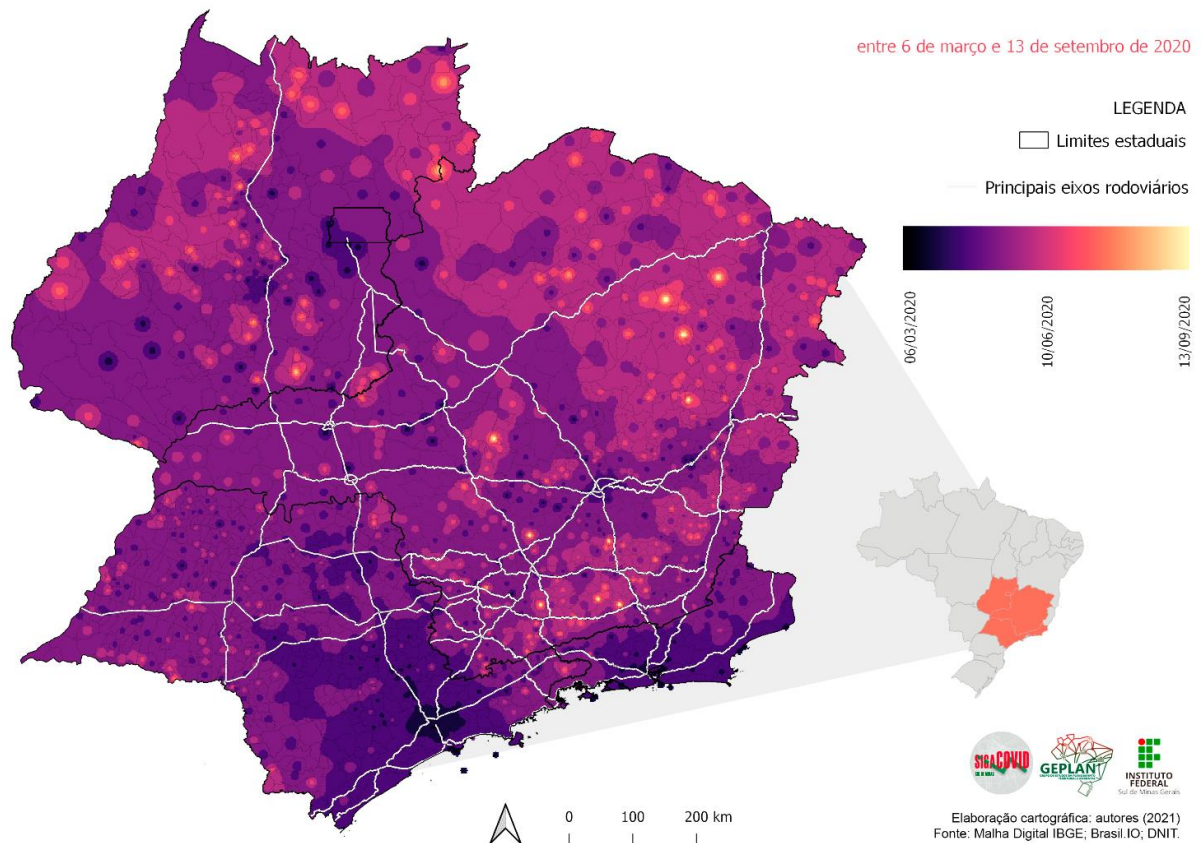
Fonte - SES/MG, MINAS GERAIS (2020). Elaborado pelos autores (2021).

A análise dos dados mostra, portanto, uma tendência da contaminação ocorrer de cidades maiores para cidades menores. Entretanto, não evidencia a diferenciação entre essas cidades. Analisar esse fato é útil porque pode-se assim aferir movimentos que podem apontar certa dinâmica de diferenciação. Ancorados em pesquisas elaboradas pelos autores deste texto, a hipótese principal é que há diferenciação de taxas de contaminação por proximidade com os eixos rodoviários. Sobretudo, aponta-se a necessidade de se notar os eixos de circulação provenientes dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro como maiores focos de transmissão da doença para a Mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais. Esta análise se dá através da construção cartográfica baseada nos dados estatísticos coletados.

Sistema de movimento rodoviário e difusão

Chega-se, dessa forma, a algumas conclusões preliminares com relação à difusão da Covid-19. Uma primeira apreciação destaca a possível “porta de entrada” do novo coronavírus para a Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Ela acontece pela BR-040, trazendo fluxos do Distrito Federal, perpassando Minas Gerais até o Rio de Janeiro, e a mesma rodovia quando na fronteira RJ/MG se torna a responsável pelos fluxos entre os dois estados, em conexão com a Rodovia Washington Luís (trecho da BR-040 no RJ). Logo, pode-se perceber que as rodovias foram meios de expansão da doença em todo o estado de Minas Gerais. Essa conclusão é reforçada ao analisar que os primeiros casos da Covid-19 no território nacional ocorrem nesses primeiros estados e só depois atingem as regiões mineiras, com exceção da região metropolitana de Belo Horizonte, onde possivelmente o caminho de entrada foi pelo sistema de movimento aeroviário. A figura 2 mostra as linhas de difusão dos casos de Covid-19 nos quatro estados brasileiros que apresentam ligações rodoviárias com o estado de Minas Gerais.

Figura 2 - Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais: Mapa de difusão da Covid-19 nos estados (entre 06 de março e 13 de setembro de 2020).

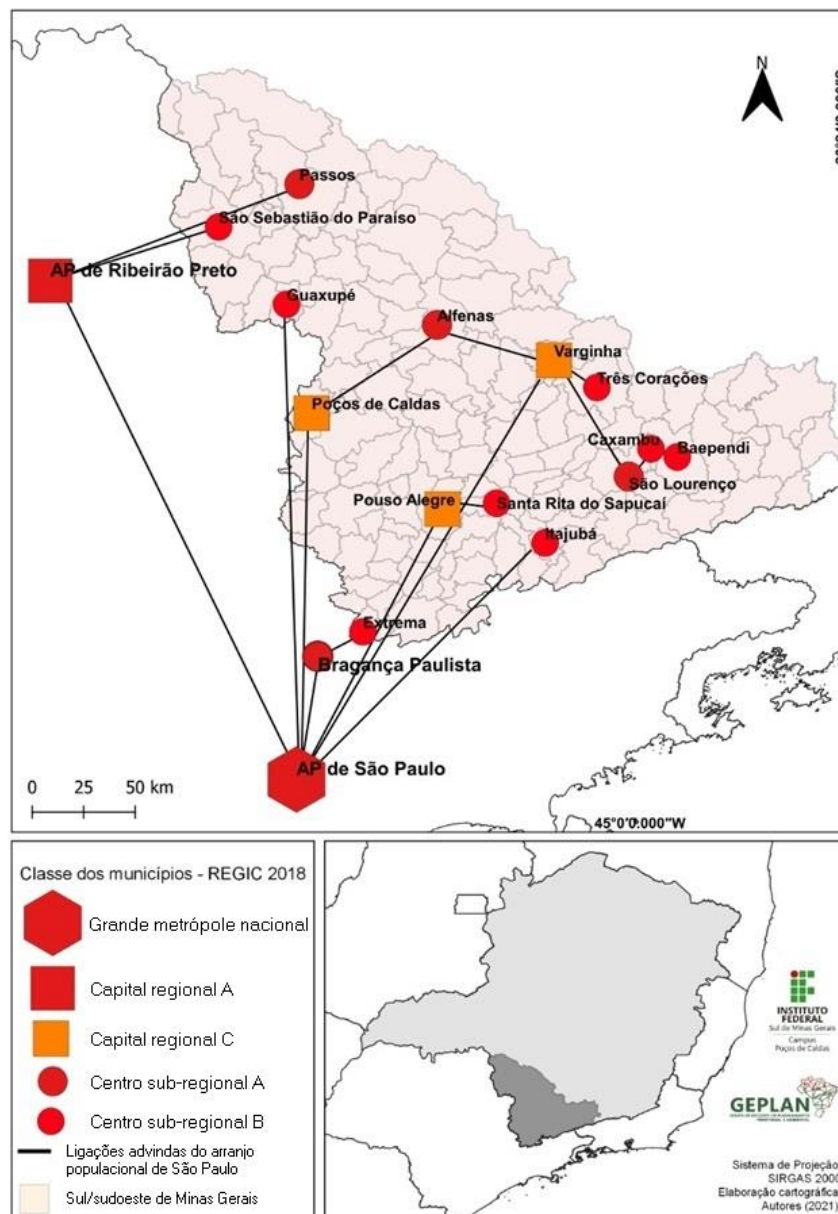


Fonte - IBGE (2018); BRASIL.IO (2021), DNIT (2020); Elaborado pelos autores (2021).

O processo de difusão age no espaço e no tempo, seguindo as dinâmicas espaciais dos fluxos. A Mesorregião tem como fronteiras, além das mesorregiões Triângulo Mineiro, Zona da Mata, Oeste de Minas e Campo das Vertentes, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro – *clusters* da doença no Brasil, e a principal infraestrutura que conecta essas localidades, intermunicipal e municipalmente, são as rodovias.

Especificamente com relação à Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, a rede urbana é composta por cidades pequenas e algumas cidades médias que articulam as interações de maiores níveis. De acordo com a REGIC – Região de Influência das Cidades – 2018 (IBGE, 2020), as cidades sul-mineiras se conectam principalmente com cidades da região de influência do arranjo populacional (AP) de São Paulo. Em boa parte, a atração dessas cidades ocorre por possuírem boa qualidade de vida e centros de serviços, sendo comum que paulistanos e cariocas se mudem para a região, especialmente após a aposentadoria. A rede de influência que perpassa a região é indicada na figura 3.

Figura 3 - Mesorregião Sul/Sudoeste (MG): Região de influência de cidades 2018 (2020).

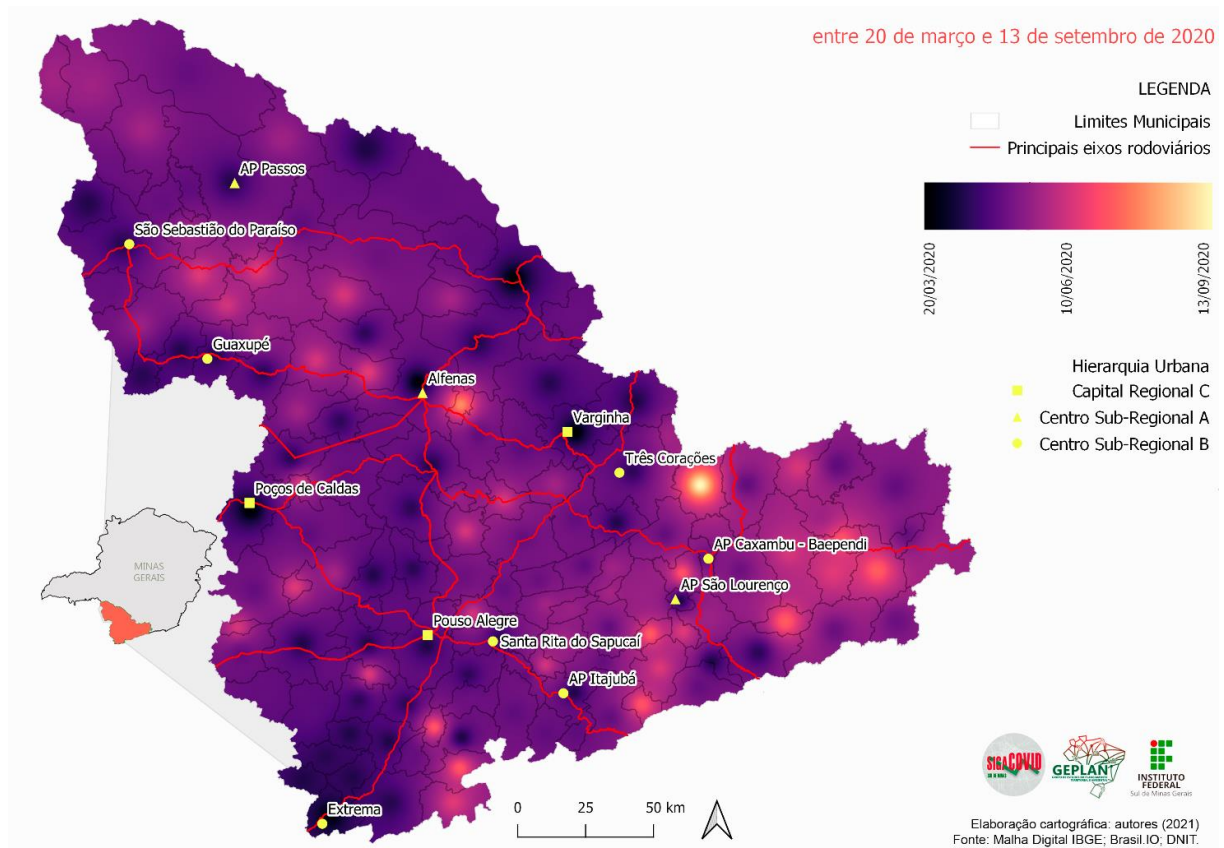


Fonte - IBGE (2020). Elaborado pelos autores (2021).

Podem-se relacionar os elementos particulares das ligações da rede com os sistemas de movimento rodoviário na medida em que este se articula com a rede urbana e a contaminação da Covid-19. A análise da Logística de Transportes 2014 (IBGE, 2014) identificou a predominância do modal rodoviário na Mesorregião. A mais importante rota rodoviária da região é a Fernão Dias (BR-381), que liga as cidades da região metropolitana de São Paulo à região metropolitana de Belo Horizonte, estabelecendo um grande fluxo que passa pela região Sul/Sudoeste do estado.

A figura 4 mostra a difusão da Covid-19 no Sul/Sudoeste de Minas Gerais desde os primeiros casos registrados. Os municípios de Extrema/MG, Poços de Caldas/MG e Varginha/MG ganham destaque como origem dos primeiros casos na região.

Figura 4 - Mesorregião Sul/Sudoeste (MG): Mapa de difusão da Covid-19 (entre 06 de março e 13 de setembro de 2020).



Fonte - IBGE (2020); BRASIL.IO (2021); DNIT (2020); elaborado pelos autores (2021).

No sul da Mesorregião, Poços de Caldas/MG foi o primeiro município a registrar caso de Covid-19, no dia 20 de março de 2020. Igualmente ao município de Extrema/MG, Poços de Caldas/MG também é “porta de entrada” de São Paulo para Minas Gerais.

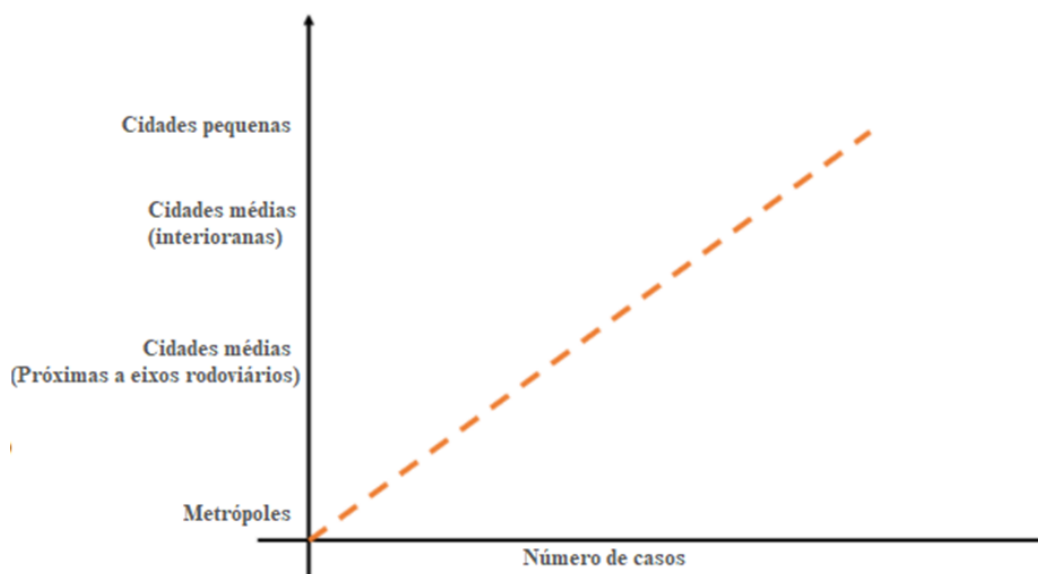
A partir do dia 10 de maio de 2020, houve fenômenos mais expressivos, quando foi percebido um aceleramento da contaminação nos municípios. Ao todo, a região tinha, até essa data, 87 cidades com registros oficiais de Covid-19, o que representa cerca de 60% dos municípios do Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Atualmente, todos os municípios já registraram mais de 1 caso confirmado de Covid-19 na região.

Proposição de um método diagnóstico da difusão da Covid-19

Logo, observando o caso nacional, fica evidenciado o processo de interiorização da doença, primeiramente da zona litorânea para a hinterlândia do território e posteriormente intensificando-se para as cidades menores do interior, como é o caso da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Nesta, os casos crescem no sentido das rodovias interestaduais e federais para o interior do estado, por meio das fronteiras territoriais com os estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Propõe-se, dessa forma, como derivado desta conclusão, um modelo de difusão que pode ser aplicado a toda rede urbana. Tal modelo propõe que o “caminho” da difusão segue uma estrutura de hierarquia na rede, das cidades com maiores interações na rede urbana para as cidades de menores interações, sendo que estas são influenciadas por sua proximidade dos eixos dos sistemas de movimento, tal como pode ser aferido na figura 5.

Figura 5 - Esquema da difusão da Covid-19 na rede de cidades.



Elaboração - Autores (2021).

Tal evidência alerta para as consequências de grande contaminação nas cidades médias que são intercruzadas pelas rodovias, geralmente em momentos de crescimento das contaminações. Um dos exemplos demonstrados são as cidades de Extrema/MG, Pouso Alegre/MG e Poços de Caldas/MG. Essas foram as primeiras a terem casos confirmados, isso muito por conta de suas proximidades com os eixos rodoviários de ligações provenientes do estado de São Paulo.

No caso dos municípios que apresentam centros urbanos pequenos, o contágio ocorre após o contato dos residentes que estiveram em centros urbanos de maior importância hierárquica. Isso pode ocorrer de duas maneiras: de pessoas residentes que saíram dos centros urbanos pequenos e se contaminaram nos municípios maiores ou de pessoas residentes de municípios maiores e mais contaminados que visitaram ou passaram nos centros urbanos menores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discutiu-se neste artigo a pertinência do método estatístico e geográfico para a análise da difusão da Covid-19 na região Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais. Chegou-se a duas considerações principais relativas ao método e à análise sugerida.

Primeiramente, reporta-se que a proposição de uma análise geográfica pautada pelo uso da estatística descritiva mostrou-se propositiva e coerente para um diagnóstico da difusão da Covid-19. Em especial, chegou-se à constatação que o modelo de análise tem potencial, guardadas as especificidades de cada doença viral, de ser aplicado em diferentes vírus, porém em especial em novas variantes da Covid-19. Ademais, a análise ainda se mostra efetiva quando estudada sob o ponto de vista da rede urbana, defendida aqui como meio principal de difusão de doenças virais, por ser esta sustentada em uma rede de circulação - na qual o vírus é transmitido por meio da circulação de pessoas.

Por meio do método, foi possível observar a difusão em duas escalas por meio da apreciação empírica do movimento do vírus na região em destaque. Em uma escala menor e mais ampla, pode ser aferida uma trajetória ampla de difusão, relacionada às metrópoles que influem na circulação da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Observou-se, assim, que os estados de Goiás, Rio de Janeiro e São Paulo foram aqueles pelos quais o vírus adentrou a região de análise, tendo as rodovias de interligação como principais vetores. Na escala maior, mais restrita, a própria região

Sul/Sudoeste de Minas Gerais, foi observada a movimentação do vírus das cidades médias para as cidades pequenas, confirmando a hipótese inicial de um deslocamento escalar, seguindo as linhas de integração da rede urbana, o que confirma o padrão anunciado e apresentado nas discussões.

Portanto, a partir das análises coletadas até o momento, nota-se que o padrão de difusão da contaminação da Covid-19 tem se dirigido ao interior dos estados brasileiros, como visto anteriormente, e, seguindo a tendência nacional, se disseminando para os pequenos centros urbanos, nos quais se tornam preocupantes outras questões, como a necessidade de leitos de UTI, que muitas dessas cidades têm em pouca quantidade ou muitas vezes nem os possuem. A infraestrutura da saúde se torna, nesse momento de pandemia, uma das questões de maior prioridade, sendo necessário convergir esforços que caminhem junto ao funcionamento adequado do sistema de saúde.

Pode-se, pelo que se averiguou até agora, aferir que a análise estatística, longe de ser uma ciência exata, pautada pelos números, pode ser ponto de síntese entre várias análises e teorias das ciências sociais e, em especial, para a análise geográfica preocupada com a promoção da saúde pública.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS pelas bolsas de iniciação científica e apoio técnico recebido no âmbito do edital interno 12/2020 (Bolsas e Fomento Interno de Projetos de Pesquisa) no projeto Pandemia COVID-19 – Mapeamento da Transmissão nas Cidades do Sul de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- BACKHAUS, A. Common Pitfalls in the Interpretation of COVID-19 Data and Statistics. *Intereconomics*, v. 55, p. 162-166, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10272-020-0893-1>. PMID:32536714
PMCID:PMC7276107
- BRASIL.IO. **Especial Covid-19: dados por município**. Acesso em: <https://brasil.io/covid19/>, 2021.
- CATÃO, R. C. **Expansão e consolidação do complexo patogênico da dengue no estado de São Paulo: difusão espacial e barreiras geográficas**. 2011. 257 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2011.
- CONTEL, F. B. Os sistemas de movimento do território brasileiro. *In*: SANTOS, M.; SILVEIRA, M. O **Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2001.
- CORRÊA, R. L. **Estudos sobre a Rede Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 2006.
- CRODA J.H.R.; GARCIA L.P. Immediate Health Surveillance Response to COVID-19 Epidemic. *Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília*. EpubMar 23, 2020. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000100021>.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNITGeo – Geotecnologias Aplicadas**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/dnit-geo/>, 2020.
- DOS SANTOS, F. D. A., & MENDES, L. M. S. Análise bivariada, multivariada e espacial da ocorrência do sars-cov-2 nos municípios do estado do Piauí, nordeste do Brasil. *Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 16, 249-263, 2020. <https://doi.org/10.14393/Hygeia16055472>
- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Monitora COVID-19**. Disponível em: <https://bigdata-covid19.icict.fiocruz.br/>, 2020.
- FARIAS, H. S. O avanço da Covid-19 e o isolamento social como estratégia para redução da vulnerabilidade. *Espaço e Economia*, v. 9, n. 17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.11357>. Acesso em: 24 abr. 2020.
- HAGERSTRAND, T. **Innovation diffusion as a spatial process**. Chicago: University of Chicago Press, 1967.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de Influência de Cidades de 2007 (REGIC)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.
- _____. **Logística de Transportes 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

_____. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2019:** [notas metodológicas]. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **Regiões de Influência de Cidades de 2018 (REGIC).** Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

KANG, D., CHOI, H., KIM, J. H., & CHOI, J. Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. **International Journal of Infectious Diseases**, 94, 96-102, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.076>

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.

<https://doi.org/10.1590/0102-311x00019620>. PMID:32187288

LIMA, S. do C.; FONSECA, E. da S.; SANTOS, F. de O. Situação epidemiológica e difusão da Covid-19 pela rede urbana em Minas Gerais, Brasil. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [S. l.], p. 243–250, 2020. DOI: 10.14393/Hygeia0054711. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/54711>. Acesso em: 11 fev. 2022.

<https://doi.org/10.14393/Hygeia0054711>

MAGALHÃES, S. C. M. .; SANTOS, F. de O.; LIMA, S. do C. .; FONSECA, E. da S. . Situação epidemiológica da transmissão da Covid-19 no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [S. l.], p. 80–87, 2020. DOI: 10.14393/Hygeia0054629. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/54629>. Acesso em: 11 fev. 2022.

<https://doi.org/10.14393/Hygeia0054629>

MINAS GERAIS. **Informe Epidemiológico Coronavírus** (02 de março de 2020 a 31 de março de 2021). Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/coronavirus/boletim>, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plataforma Integrada de Vigilância em Saúde**. Disponível em:

<http://plataforma.saude.gov.br/coronavirus/dados-abertos/>, 2021.

ROGERSON, Peter A. **Métodos Estatísticos para Geografia: um guia para o estudante**. São Paulo: Bookman, 2012.

SANTOS, M. **Por uma Geografia nova: da crítica à geografia a uma geografia crítica**. São Paulo: EDUSP, 2004 [1978].

_____. **A natureza do espaço: espaço e tempo, razão e emoção**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2020 [1996].

SAUER, Carl O. **Agricultural origins and dispersals**. New York: American Geographical Society, 1952.

SILVA, C. A. F. Os avatares da Teoria da Difusão Espacial: uma revisão teórica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 25-51, jan.-mar. 1995.

SPOSITO, M. E. B.; GUIMARÃES, R. B. **Por que a circulação de pessoas tem peso na difusão da pandemia**. São Paulo: Unesp, 26 mar. 2020. Disponível em:

<<https://www2.unesp.br/portal#!/noticia/35626/por-que-a-circulacao-de-pessoas-tem-peso-na-difusao-da-pandemia>>.

TEIXEIRA, S. H. de O.; SOUZA, A. L. de. Análise da distribuição geográfica de Covid-19 na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [S. l.], p. 407–416, 2020. DOI: 10.14393/Hygeia0054632. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/54632>. Acesso em: 11 fev. 2022.

<https://doi.org/10.14393/Hygeia0054632>

Recebido em: 26/06/2021

Aceito para publicação em: 13/03/2022