

DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DO ESPALHAMENTO DA COVID-19 NA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2020 E 2021

Eduardo Henrique Sanches **Chrispim**¹, Rodrigo José **Pisani**², Daniel Hideki **Bando**³

(1 – Universidade Federal de Alfenas, eduardo.chrispim@sou.unifal-mg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-0830-6288>; 2 – Universidade Federal de Alfenas, rodrigo.pisani@unifal-mg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-4547-917X>, 3 – Universidade Federal de Alfenas, daniel.bando@unifal-mg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-7515-929X>)

Resumo: A disseminação da Covid-19 nas regiões metropolitanas do Brasil não foi totalmente explorada e estudada. Realizamos um estudo exploratório e descritivo de base populacional sobre a disseminação da Covid-19 nos 39 municípios que compõem a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), estado de São Paulo, no primeiro ano da pandemia. Foram mapeados os coeficientes de incidência por Covid-19 na RMVPLN nas 52 semanas epidemiológicas, bem como o coeficiente de variação das incidências e a mediana das incidências por Covid-19. Constatou-se um padrão espacial de disseminação da Covid-19, a partir dos municípios com maior densidade demográfica, seguindo o eixo das rodovias federais (BR-116 e BR-101) e nas rodovias adjacentes. O mapa da mediana das incidências apresentou padrão linear com maiores valores nos municípios atravessados pela BR-116 e BR-101. No caso da BR-116, municípios próximos a São José dos Campos/SP apresentaram maiores valores e diminuem gradualmente no sentido nordeste. Municípios com menor densidade demográfica, localizados entre as rodovias federais, apresentaram maior coeficiente de variação das incidências por Covid-19. Os resultados apresentados, além de gerar novas hipóteses, servirão como suporte à tomada de decisões por parte dos agentes públicos que atuam no enfrentamento de epidemias.

Palavras-chave: Geografia da Saúde, Epidemiologia, Geoprocessamento.

SPACE-TIME DYNAMICS OF THE COVID-19 SPREAD IN THE METROPOLITAN REGION OF VALE DO PARAÍBA AND NORTH COAST IN THE STATE OF SÃO PAULO BETWEEN 2020 AND 2021

Abstract: The spread of Covid-19 in metropolitan regions of Brazil has not been fully explored and studied. We carried out an exploratory and descriptive population-based study on the spread of Covid-19 in 39 municipalities that comprise the Metropolitan Region of Vale do Paraíba and North Coast (RMVPLN), state of São Paulo, in the first year of the pandemic. The incidence coefficients for Covid-19 were mapped in the RMVPLN in the 52 epidemiological weeks, as well as the coefficient of variation of incidences and the median incidences for Covid-19. A spatial pattern of Covid-19 spread was found, starting in municipalities with greater demographic density, mainly in the vicinity of federal highways (BR-116 and BR-101) and adjacent highways. The median incidence map shows a linear pattern with higher values in the municipalities crossed by BR-116 and BR-101. In the case of BR-116, municipalities close to São José dos Campos had higher values and gradually decreased towards the northeast. Municipalities with lower demographic density, located between federal highways, showed a higher coefficient of variation in Covid-19 incidences. The results presented, in addition to generating new hypotheses, will serve as support for decision-making by public agents working to combat epidemics.

Keywords: Health Geography, Epidemiology, Geoprocessing

DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE LA PROPAGACIÓN DE LA COVID-19 EN LA REGIÓN METROPOLITANA DEL VALE DO PARAÍBA Y LITORAL NORTE DEL ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2020 Y 2021

Resumen: La propagación de Covid-19 en las regiones metropolitanas de Brasil no ha sido explorada ni estudiada en su totalidad. Realizamos un estudio poblacional exploratorio y descriptivo sobre la propagación de Covid-19 en los 39 municipios que componen la Región Metropolitana del Vale do Paraíba y Costa Norte (RMVPLN), estado de São Paulo, en el primer año del pandemia. Se mapearon en el RMVPLN los coeficientes de incidencia de Covid-19 en las 52 semanas epidemiológicas, así como el coeficiente de variación de

incidências y la mediana de incidências de Covid-19. Se encontrou un patrón espacial de propagación de la Covid-19, comenzando en los municipios con mayor densidad demográfica, siguiendo el eje de las carreteras federales (BR-116 y BR-101) y carreteras adyacentes. El mapa de incidencia mediana mostró un patrón lineal con valores más altos en los municipios atravesados por BR-116 y BR-101. En el caso de la BR-116, los municipios cercanos a São José dos Campos presentaron valores mayores y disminuyen gradualmente hacia el noreste. Los municipios con menor densidad demográfica, ubicados entre carreteras federales, mostraron un mayor coeficiente de variación en la incidencia de Covid-19. Los resultados presentados, además de generar nuevas hipótesis, servirán de apoyo para la toma de decisiones de los agentes públicos que trabajan en el combate a las epidemias.

Palavras Clave: Geografía, Epidemiologías, geoprocessamento

Introdução

Em dezembro de 2019, uma desconhecida síndrome respiratória aguda foi reportada em Wuhan, distrito de Hubei, na China. Uma investigação apontou que a maioria dos casos estavam, do ponto de vista epidemiológico, ligados ao mercado atacadista de frutos do mar de Hunan, no distrito de Wuhan (Ciotti et al., 2019). Estudos posteriores indicaram que alguns dos primeiros pacientes que relataram sintomas da nova síndrome em Wuhan, datavam do início de dezembro de 2019. Com o período de incubação do vírus estimado em até 14 dias, sugeriram que as primeiras contaminações tenham ocorrido ainda em novembro daquele ano (Ciotti et al., 2019).

Após as descrições iniciais em Wuhan e no restante da China, a Itália se tornou o primeiro país do continente europeu a registrar casos. Os impactos foram imensos, duas semanas após o primeiro registro, o país já contava com 1.000 pacientes testados positivos, mais uma semana depois já eram 4.600 casos (Spinelli & Pellino, 2020). Com o rápido espalhamento do vírus, um alerta global foi aceso, e rapidamente a epidemia se espalhou ao redor do mundo. No dia 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS), classificou o surto da Covid-19 como pandemia global. A declaração da organização ocorreu a partir do momento em que os casos confirmados se aproximaram de 200.000, e os óbitos de 8.000, em 160 países (Spinelli & Pellino, 2020).

Neste contexto, o Brasil já estava em uma escalada de casos, tendo o seu primeiro registro divulgado no dia 26 de fevereiro. O infectado naquela situação, era um homem de 61 anos que havia acabado de chegar da região da Lombardia na Itália, onde teve estadia entre os dias 9 e 21 daquele mês (OPAS, 2020), este primeiro caso registrado se configurava como um registro importado da doença, visto que foi possível rastrear a origem da contaminação. No dia 20 de março de 2020, o Ministério da Saúde do Brasil publica a Portaria Nº 356 de 11 de março de 2020, decretando o estado de contaminação comunitária em todo o território nacional. Nesta modalidade de circulação do vírus já não é mais possível rastrear a primeira pessoa a originar as cadeias de infecção, ou quando esta envolve mais de 5 gerações de pessoas (Agência_Brasil, 2020). Nos meses seguintes, diante da acentuada elevação das infecções comunitárias, o governo do estado de São Paulo determinou no dia 21 de março, por meio de um decreto, a quarentena em todos os 645 municípios, por um período inicialmente estimado em 15 dias, baseado no período de incubação do vírus. No mês de julho de 2020, o estado já registrava mais de 16 mil óbitos pela doença e mais de 330 mil casos confirmados, essas vítimas estavam situadas majoritariamente na capital. Percebeu-se naquele mesmo período que os casos se espalhavam para os municípios do interior do estado, a chamada “interiorização” do vírus. No dia 07 de julho, essas regiões já respondiam por 70% das novas confirmações no estado (São_Paulo, 2020).

Ribeiro et al., (2021) avaliaram a disseminação das internações por Síndrome Respiratória Aguda Grave (inclui casos de Covid-19) no estado do Rio de Janeiro, até o mês de junho de 2020. O estudo identificou maior risco na capital e respectiva região metropolitana e destacou a associação com o fluxo das rodovias mais movimentadas como a BR-101 no sentido do estado do Espírito Santo. Batella & Miyazaki (2020) analisaram as relações entre a dinâmica espacial da Covid-19 e a configuração da rede urbana de Minas Gerais no início da pandemia, até o dia 5 de maio de 2020. O estudo identificou três padrões lineares associados aos eixos rodoviários. O primeiro eixo entre São Paulo e Belo Horizonte pela BR-381, o segundo pela mesma rodovia entre Belo Horizonte e Vale do Aço e o terceiro pela BR-040 entre Rio de Janeiro e Belo Horizonte, na Zona da Mata mineira.

Cocco et al., (2020) analisaram a distribuição espaço temporal da Covid-19 no estado do Rio Grande do Sul nos primeiros meses da pandemia. O estudo destacou a predominância de contaminações nos municípios por proximidade com a capital Porto Alegre e sua respectiva região metropolitana, bem como a relação com o eixo da rodovia BR-116. Lima et

al., (2020) analisaram a distribuição espacial dos casos de Covid-19 no estado de Mato Grosso até o mês de maio de 2020. O estudo identificou os primeiros casos na capital Cuiabá, no entanto não houve um padrão espacial de disseminação definido. Os municípios adjacentes à capital não foram afetados, devido à inexistência de um espaço metropolitano urbanizado e conurbado. Portanto, é possível observar um padrão geográfico na disseminação da Covid-19. Com exceção do estado do Mato Grosso (Lima et al., 2020) e do estado do Amazonas (Aleixo et al., 2020), onde a disseminação seguiu o eixo do transporte fluvial, nas demais localidades o espalhamento da Covid-19 ocorreu a partir de áreas densamente povoadas seguindo os eixos rodoviários.

Fortaleza et al., (2020) analisaram a disseminação geográfica da Covid-19 no estado de São Paulo, no início da pandemia até o dia 8 de maio de 2020. O estudo utilizou modelos de regressão para estimar a associação entre a incidência e mortalidade por Covid-19 com indicadores sociodemográficos municipais. A maior densidade demográfica e maior classificação de relevância regional dos municípios foram associados à Covid-19. Em estudo subsequente, com dados até dia 18 de abril de 2020, Fortaleza et al., et al. (2021) analisaram as rotas de dispersão da Covid-19 no estado de São Paulo e identificaram dois padrões de dispersão: um por difusão contígua, a partir da região metropolitana da capital, e outro hierárquico, com dispersão de longa distância pelas principais rodovias que ligam a cidade de São Paulo às cidades de relevância regional. Embora o eixo principal de dispersão identificado na direção noroeste-sudeste, dado pela elipse de desvio padrão, é evidente o início da interiorização no sentido do Vale do Paraíba, pela rodovia BR-116. O estudo também destaca o município de São José dos Campos numa posição importante na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

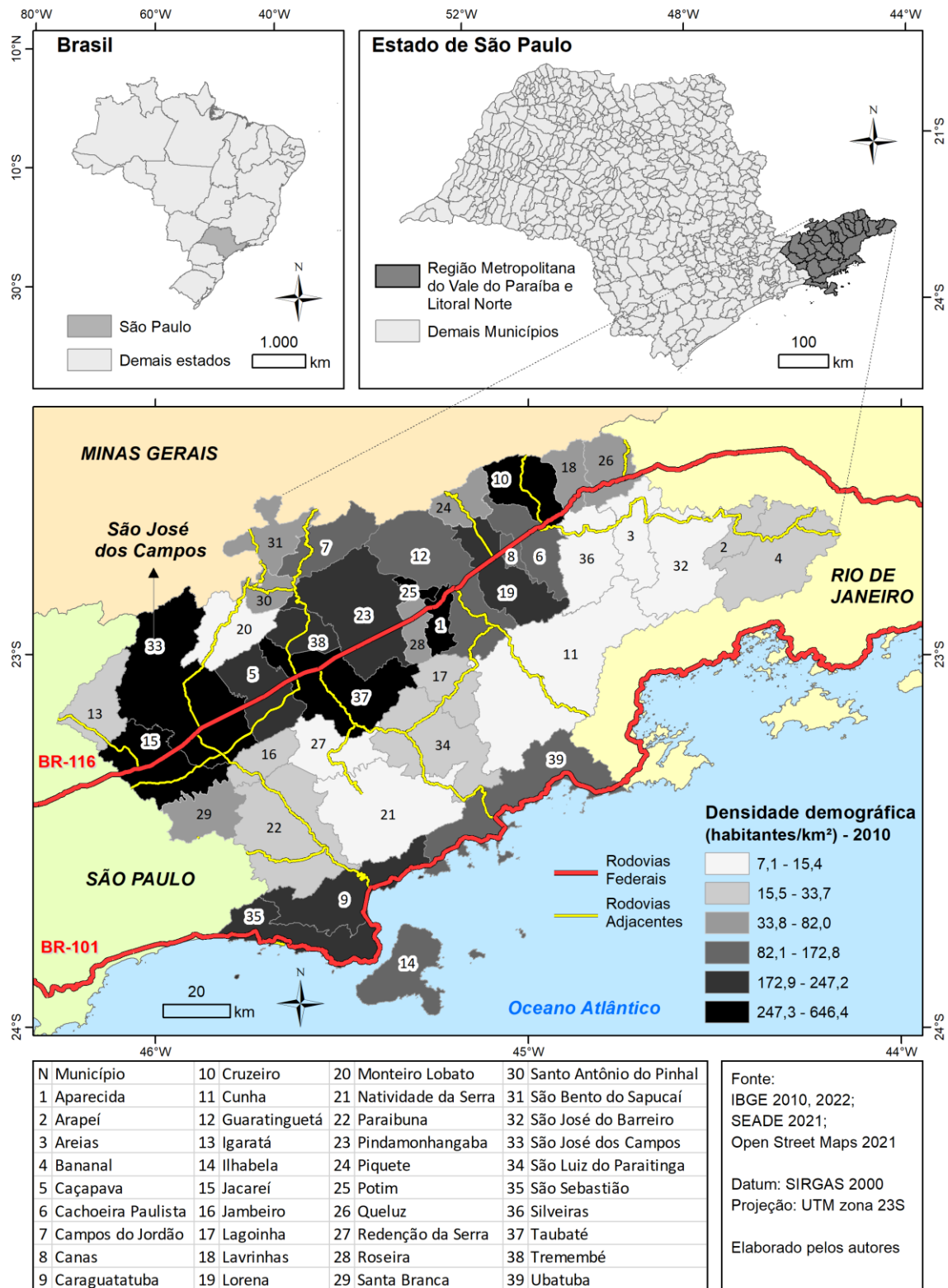
Tendo em vista o rápido alastramento da doença sobre os territórios, suas diferentes dimensões, e temporalidades, este trabalho propõe analisar por meio das geotecnologias, na forma de uma abordagem espaço temporal, o problema da disseminação do vírus na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), investigando a existência de um padrão de contágio na rede de municípios. A hipótese do estudo supõe que a Covid-19 se disseminou inicialmente nos municípios com maior densidade demográfica, seguindo o eixo principal das rodovias federais. O presente trabalho poderá auxiliar os agentes sociais e gestores públicos na tomada de decisões em relação ao enfrentamento desta e de futuras pandemias.

Materiais e Métodos

Localização e caracterização da área de estudo

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) situa-se à leste do estado de São Paulo e compreende os 39 municípios (Figura 1). A região está situada em um corredor entre as duas capitais de maior influência nacional, São Paulo e Rio de Janeiro. A ligação com estes grandes centros é dada pelas rodovias BR-116 (Presidente Dutra), além desta, também passa pela região em seu trecho litorâneo a BR-101 (Rodovia Rio-Santos). Em função destas condições geográficas, a região é um importante corredor de circulação de pessoas, serviços e mercadorias (ABREU, 2015). São José dos Campos (n. 33 da Figura 1) é o município com a maior população da região, de acordo com Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2021), a estimativa populacional para o município em 2020 foi de 710.654 habitantes. No outro extremo, Arapeí (n. 2 da Figura 1) foi o município com a menor projeção populacional com 2.471 habitantes. São José dos Campos, Taubaté, Jacareí e Potim apresentaram maior densidade demográfica, acima de 460 habitantes/km² (Figura 1). Nota-se que os municípios com maior densidade demográfica são atravessados pela BR-116 e BR-101. Em contraposição, os municípios situados entre as rodovias federais apresentaram menor densidade demográfica, abaixo de 13 habitantes por km²: São José do Barreiro, Natividade da Serra, Redenção da Serra, Areias.

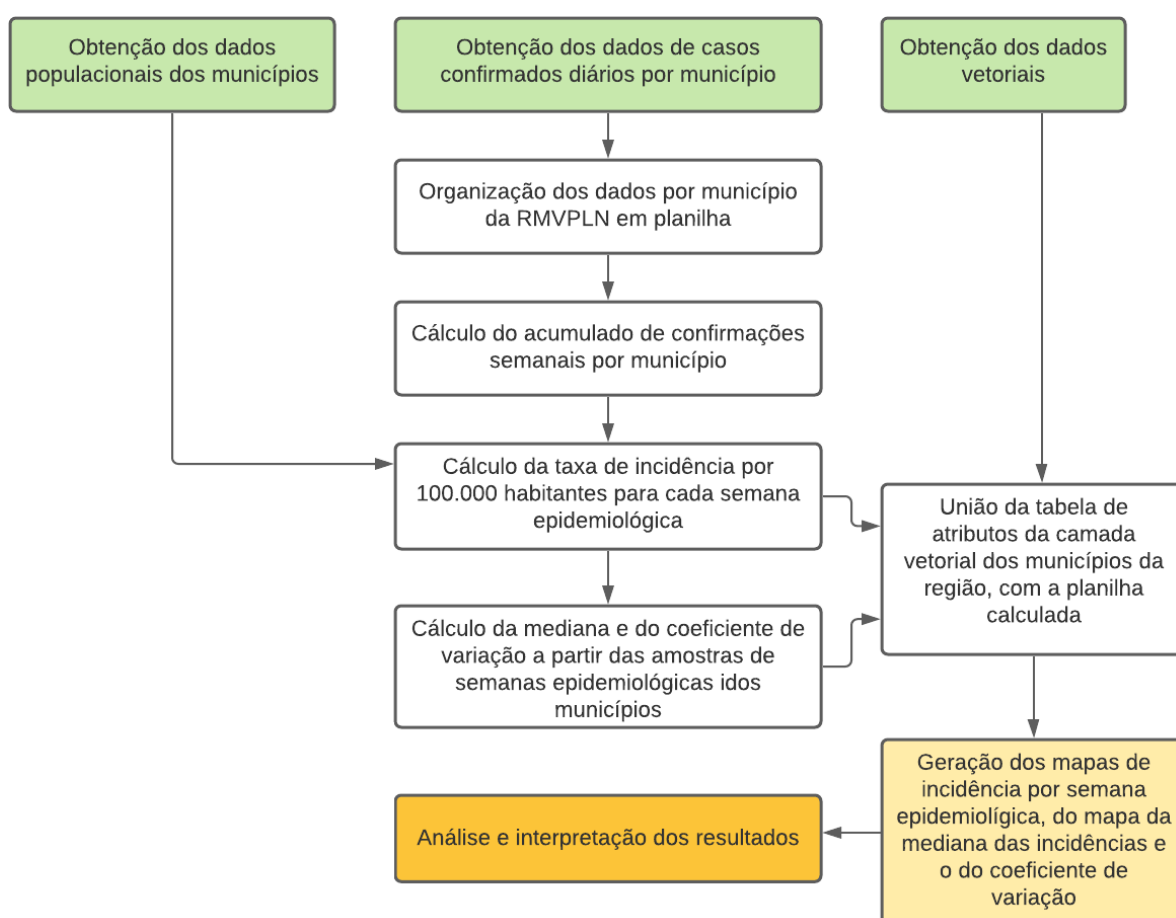
Figura 1 – Localização dos municípios da RMPVL e densidade demográfica



Desenho de estudo

Trata-se de um estudo exploratório e descritivo de base populacional. Foram utilizados dados secundários. Na área da geografia da saúde e epidemiologia, esse delineamento de estudo que utiliza dados secundários ou agregados por área (e.g. municípios) são chamados de estudos ecológicos (Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. et al., 2006; Rothman et al., 2011). O fluxograma a seguir apresenta as etapas e operacionalização da pesquisa (Figura 2).

Figura 2: Etapas e operacionalização da pesquisa



Base de dados

Os dados diários de casos confirmados de Covid-19 por município foram obtidos pelo Sistema de Monitoramento Inteligente do Governo do Estado de São Paulo (SIMI, 2021). Dados de projeção populacional dos municípios para o ano de 2020 foram obtidos pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2021). As bases vetoriais georreferenciadas dos municípios, estado e país foram adquiridas no Portal de Mapas do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). Os dados vetoriais das rodovias foram adquiridos a partir do complemento (OSM Download) dentro do SIG Qgis (3.10).

Indicadores e mapas

Os casos confirmados de Covid-19 foram agrupados por município e semanas epidemiológicas. Foram consideradas 52 semanas epidemiológicas, sendo a primeira de 23/03/2020 a 29/03/2020 e a última de 15/03/2021 a 22/03/2021. Foram calculados o coeficiente de incidência por semana epidemiológica, para todos os municípios da região através da seguinte equação:

$$\text{Coeficiente de incidência (CI)} = \frac{\text{Número de novos casos da doença}}{\text{População em risco}} \times 100.000$$

Por meio deste índice é possível analisar a dimensão da pandemia de Covid 19 em cada município, levando em consideração o tamanho de sua população. A opção por utilizar este coeficiente, deve-se à heterogeneidade da região, que possui desde grandes centros como São José dos Campos com mais de 700 mil habitantes, até pequenas cidades, como é o caso de Arapeí, com pouco mais de 2 mil habitantes. A interpretação visual do coeficiente de incidência foi a que apresentou os melhores resultados.

As estatísticas obtidas na tabulação dos dados da Covid-19 foram unidas às respectivas camadas vetoriais dos municípios, através de tabela de atributos no software de SIG (QGIS 3.10). Dentro da classificação das 52 semanas epidemiológicas, as legendas com as classes de incidência nos mapas para a análise descritiva, tiveram seus valores fixados com o mesmo intervalo (0; 1 a 50; 51 a 100; 101 a 150; 151 a 300; 301 a 500; 501 a 1000 e > 1000 casos por 100 mil habitantes), fator que contribuiu para a visualização da dinâmica de espalhamento da doença.

A verificação dos valores discrepantes, marcada pela distorção dos dados estatísticos dos pequenos municípios revelou a necessidade de buscar outras medidas estatísticas capazes de atenuar estas diferenças e fornecer uma análise interpretativa mais cautelosa acerca dos municípios que mantiveram as maiores incidências no período analisado. Deste modo, a medida de tendência central da mediana foi a mais adequada para o caso. Como suporte à interpretação dos dados apresentados na análise temporal da incidência por semana epidemiológica, este trabalho ainda apresenta o mapa das medianas das incidências e o mapa do coeficiente de variação das incidências para todo período de estudo. Eles foram elaborados

levando em consideração as amostras representadas pelos valores das semanas epidemiológicas em cada município, portanto o conjunto de dados amostrais utilizado nas análises estatísticas, consideram uma amostra de tamanho $n=52$, para cada município.

Para o cálculo da mediana, define-se uma ordem crescente com os valores, no caso, amostrais, o valor central representa a mediana, caso o número de observações representado como tamanho de amostra for ímpar, caso seja par, a mediana será dada pela média dos dois valores centrais.

Já o coeficiente de variação (CV), é obtido através da seguinte fórmula:

$$CV = \frac{s}{X} \times 100$$

Onde:

s = Desvio padrão

X = Média aritmética

Dado que os três indicadores são valores relativos manifestados em área, foi utilizado o método cartográfico coroplético (Martinelli & Machado-Hess, 2014). A classificação dos intervalos se deu através do método do quartil.

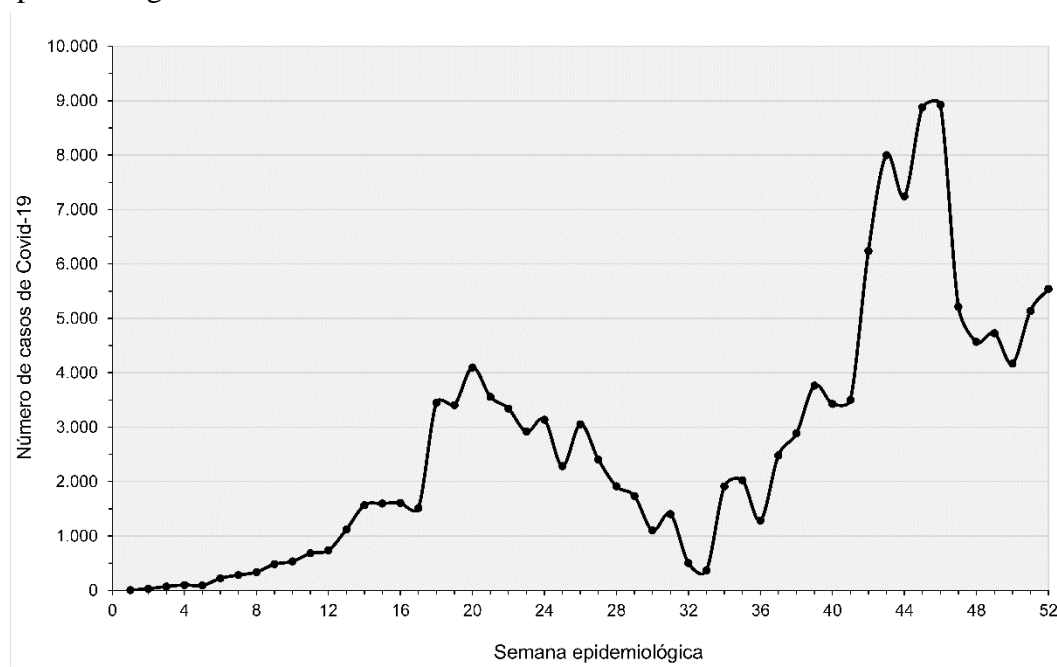
Para caracterizar a evolução temporal dos casos de Covid-19 na RMVPLN foi elaborado um gráfico com o total de casos conformados por semana epidemiológica.

Resultados e discussão

Evolução temporal

Na figura 3 se apresenta a evolução temporal dos casos de Covid-19 na RMVPLN por semana epidemiológica. Nota-se claramente as duas ondas, sendo a primeira com aumento abrupto na semana 18 (3.449 casos) e pico na semana epidemiológica 20 (4.096 casos). A partir da semana 21 o número de casos começa a cair, atingindo a mínima na semana 33 (367 casos de Covid-19). Houve um aumento na semana 34 e após uma pequena oscilação o número de casos continua a aumentar. O aumento abrupto a partir da semana epidemiológica 41 caracteriza a segunda onda de casos, com o pico na semana epidemiológica 46 (8.923 casos de Covid-19). Na semana 47 houve uma queda abrupta, o número de casos diminui com pequena oscilação nas semanas seguintes. A partir da semana 50 o número de casos começa a aumentar.

Figura 3 – Evolução temporal do número de casos de Covid-19 na RMVPLN por semana epidemiológica



Fonte: SIMI, 2021. Elaborado pelos autores

Semana epidemiológica 1 a 17

Na primeira semana epidemiológica, compreendida entre 23 e 29 de março de 2020, os municípios que já contavam com pessoas infectadas pela Covid-19 na RMVPLN eram São José dos Campos e São Sebastião (Figura 4). É interessante ressaltar que ambos municípios fazem fronteira com a Região Metropolitana de São Paulo, são atravessados pelas rodovias federais (BR-116, BR-101) e possuem elevada densidade demográfica.

Na semana epidemiológica 2 é houve o espalhamento dos casos confirmados para outros municípios da região, localizados ainda em sua maioria às margens das duas rodovias federais que cortam a região. O perfil dos municípios com estas confirmações ainda está associado à importância a nível regional na questão da oferta de bens e serviços, ou ao fator turístico, além de estarem associados às rodovias.

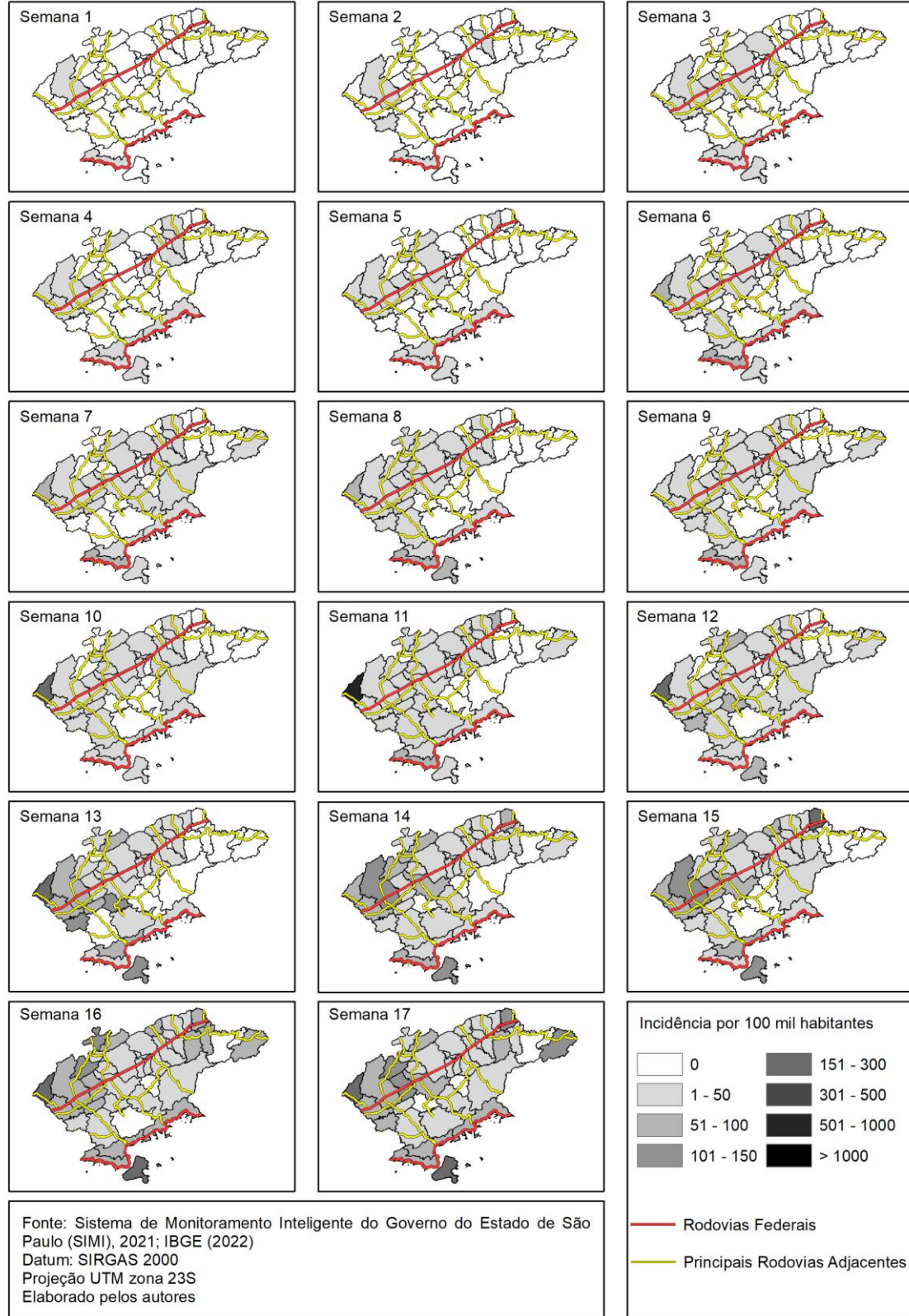
Na semana epidemiológica 3 manteve-se o padrão espacial linear, acompanhando as rodovias federais. Na semana epidemiológica 4 é possível observar que o espalhamento dos casos ainda marca um padrão espacial linear, acompanhando as rodovias. Nota-se aumento de municípios com casos confirmados nesta semana, 13 municípios estão com pessoas positivadas ao vírus, portanto a curva epidemiológica está em ascensão. Durante o período

semana 9, o padrão espacial de disseminação continua a partir dos municípios situados no eixo das rodovias, em sentido aos municípios adjacentes, a exemplo de Bananal, Cunha, Piquete, Paraibuna e Natividade da Serra.

Na semana epidemiológica 10, é possível observar a intensificação dos contágios em municípios menores, como é o caso de Igaratá, que com uma população estimada em torno de 9.312 habitantes, se destacou pela quantidade de confirmações no período. Na semana epidemiológica 11, Igaratá continua sendo destaque pela aceleração do contágio em seu território, com 54 casos elevaram a incidência no município para 579,9 infecções para cada 100.000 habitantes. É possível observar na semana epidemiológica 14, a intensificação dos contágios no município de São José dos Campos. Dentro de uma semana foram confirmados 723 casos, o que elevou a incidência no município para 101,7 casos para cada 100.000 habitantes. Destacam-se ainda os municípios de Igaratá, Ilhabela e Taubaté. Na semana epidemiológica 15, São José dos Campos continua com expressivos acumulados de confirmações. Destaca-se também o município de Queluz, na divisa com o estado do Rio de Janeiro, que com uma população estimada de 12.644 habitantes, teve sua incidência aumentada para 197,7 casos para cada 100.000 habitantes, depois de confirmar 25 novos casos em uma semana.

A semana epidemiológica 16 é marcada pela condição de todos os municípios situados tanto no eixo da BR-116, quanto na BR-101 estarem com casos ativos da Covid-19, situação que até o momento ainda não havia sido observada. Contudo, as maiores incidências situam-se em municípios fora desses eixos. Na semana epidemiológica 17, a característica de todos os municípios nos eixos das rodovias federais apresentarem casos ativos se mantém. Vale destacar o incremento da incidência nos municípios da região do Vale Histórico, a exemplo de Bananal, e naqueles situados nos arredores de São José dos Campos.

Figura 4 – Incidência por Covid-19 na RMVPLN, semana epidemiológica 1 (23/03/2020 a 29/03/2020) a semana epidemiológica 17 (13/07/2020 a 19/07/2020)



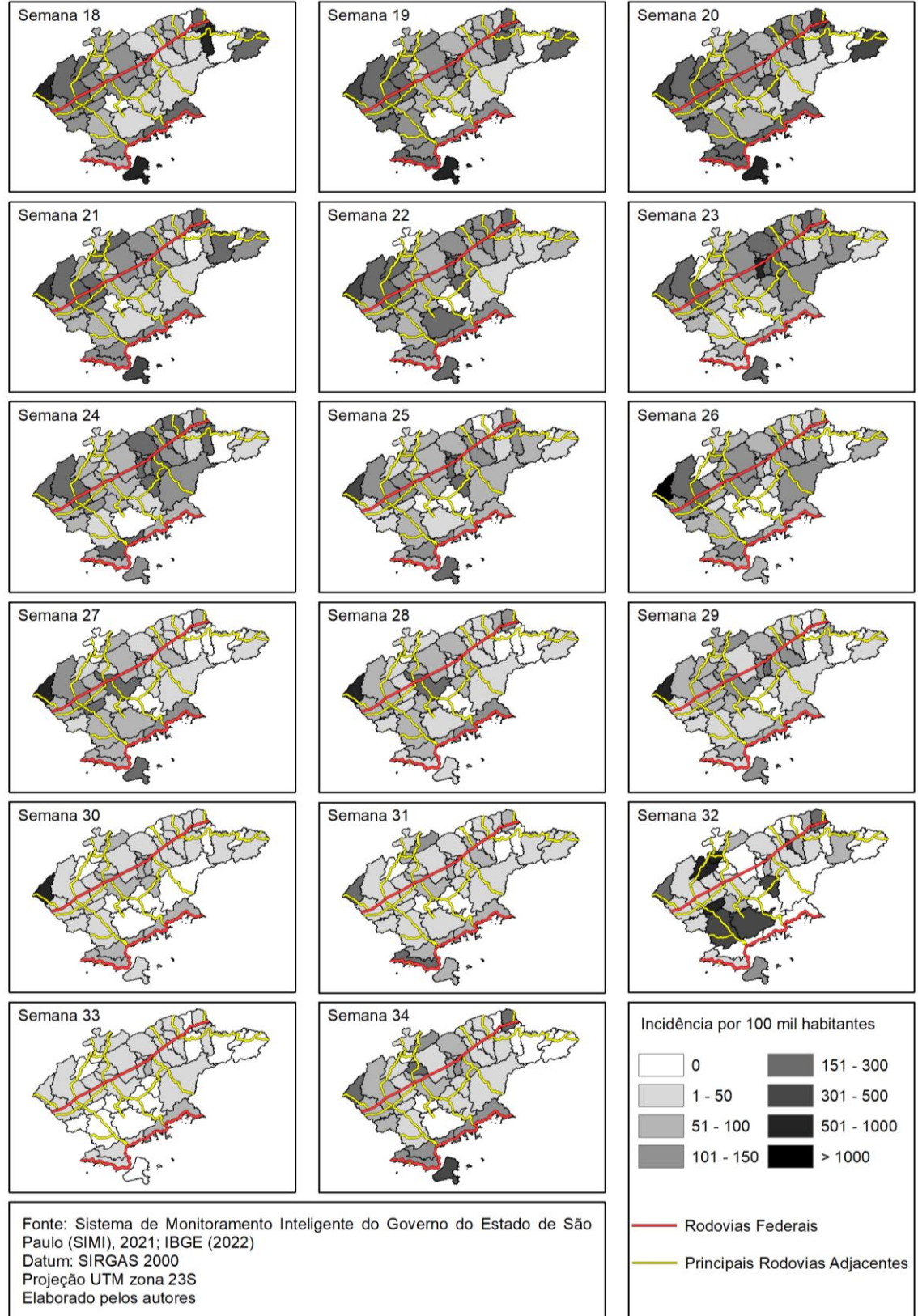
No período da semana epidemiológica 18, é possível observar a aceleração nos contágios em toda a região (Figura 5). Vale lembrar que a primeira onda de casos de Covid-19 na RMVPLN teve início nessa semana. Importante destacar o aumento de casos nos municípios de Igaratá (730,2 por 100 mil) e Areias (572,4 por 100 mil). Na semana 19 há um acréscimo na incidência naqueles municípios situados no eixo entre São José dos Campos e o Litoral Norte. É possível constatar na semana 20, o padrão linear das incidências mais expressivas ao longo das principais rodovias da região. Neste momento, apenas 2 municípios da região aparecem com incidência zero.

Na semana epidemiológica 21, é possível observar novamente o avanço dos casos nos municípios da região do Vale histórico (Areias, Arapeí, Bananal, Queluz e Silveiras). Ilhabela e Igaratá apresentaram as maiores incidências da região. Na semana 23, um novo padrão espacial começa a se esboçar, a incidência da Covid-19 aumenta nos municípios situados na região do médio vale, a exemplo de Roseira, com a estimativa de 10.642 habitantes, confirmou 56 casos, o que representa uma incidência de 256,2 casos para cada 100.000 habitantes.

A semana epidemiológica 24, é marcada pela confirmação de alta nos casos dos municípios da região do médio vale, como pode se constatar através de Canas, que com uma população estimada de 5.064 habitantes, teve 13 confirmações, representando uma incidência de 256,7 casos para cada 100.000 habitantes. Na semana epidemiológica 25 é possível observar que o padrão espacial dos altos valores de incidência na região do médio vale se desfaz, há uma diminuição no contágio dos municípios da região. Igaratá é o município com a maior incidência para o período, com 418,8 casos para cada 100.000 habitantes.

A semana epidemiológica 26 é marcada pelo aumento da incidência da Covid-19 na região de São José dos Campos. O município teve a confirmação de 1.467 casos, e isto pode ter contribuído ao aumento na incidência de Igaratá, que teve neste intervalo de tempo a confirmação de 102 casos, o que elevou sua incidência para 1.095,4 casos para cada 100.000 habitantes.

Figura 5 – Incidência por Covid-19 na RMVPLN, semana epidemiológica 18 (20/07/2020 a 26/07/2020) a semana epidemiológica 34 (09/11/2020 a 15/11/2020)



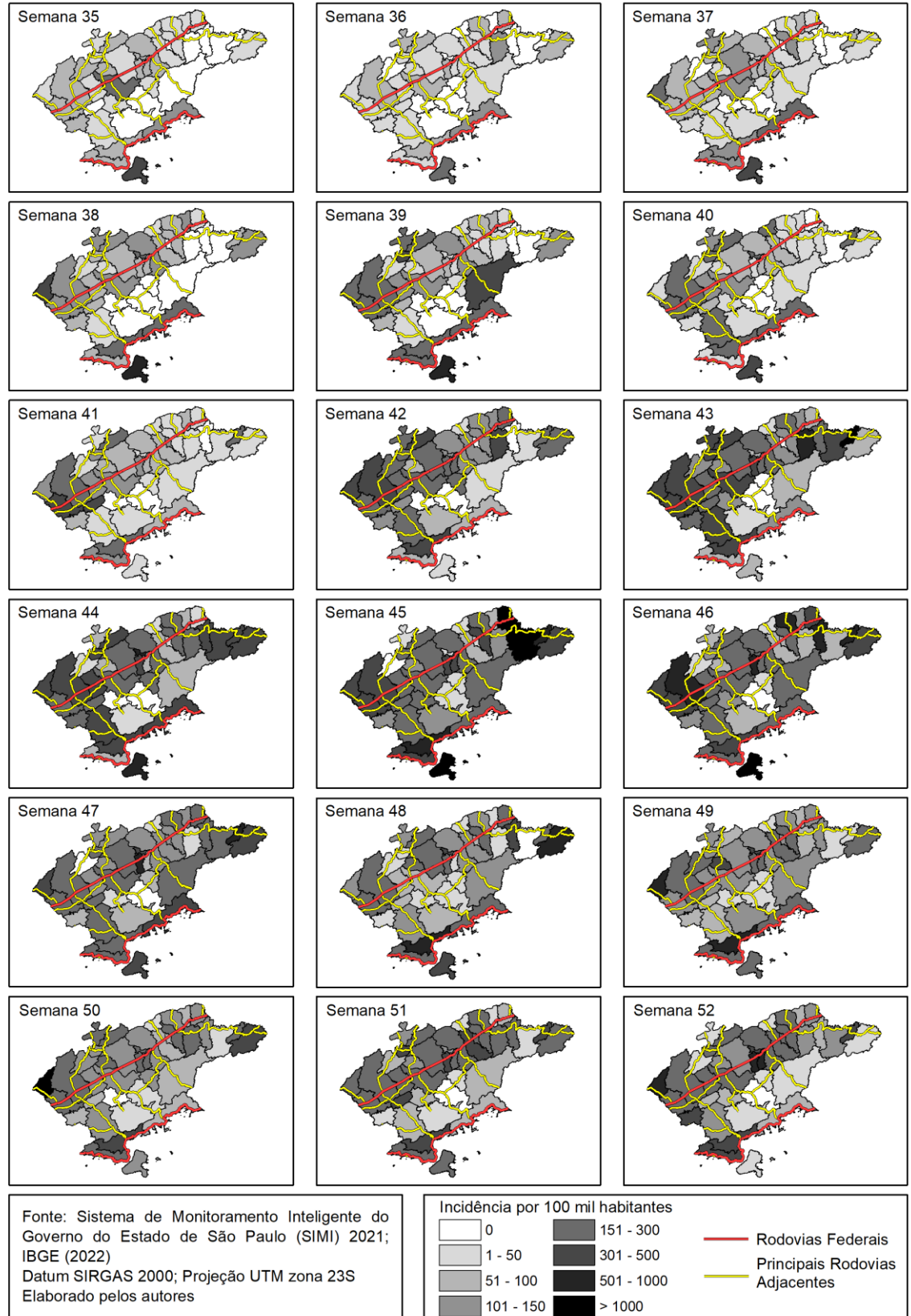
Na semana epidemiológica 30, ainda se observa queda nos contágios na RMVPLN, contudo, vale destacar que o município de Igaratá ainda mantém alta incidência. Há também um padrão espacial de incidências que oscilam entre 50 e 100 casos por 100.000 habitantes, no eixo entre Taubaté e Aparecida, e no Litoral Norte. Na semana 31, houve aumento de casos em alguns municípios, mas sem padrão espacial específico. Dos aumentos mais significativos, é possível destacar o município de São Sebastião, que com 155 novas confirmações, eleva sua incidência para 177,9 casos por 100 mil. Na semana 32 observa-se também um aumento nos municípios entre as rodovias federais.

A semana epidemiológica 33 é marcada por ser o período com as menores incidências na RMVPLN desde o começo da pandemia. Aparecida aparece como o município com a maior incidência, considerando sua população estimada em 35.707 habitantes, a incidência foi de 64,4 casos por 100.000 mil após a confirmação de 23 casos em uma semana. Esse período marca o fim da primeira onda de contaminações na região, contudo a cadeia de transmissões não foi cessada. Apesar dos baixos índices, grande parte da região está com transmissões locais. Na semana epidemiológica 34, é possível perceber que alguns municípios voltam a registrar aumento nos casos confirmados de Covid-19. Ilhabela foi o município com a maior incidência. Com 101 casos novos, o município apresentou uma incidência de 301,8 casos para cada 100.000 habitantes.

Semana epidemiológica 35 a 52

Na semana epidemiológica 35, destaca-se ainda Ilhabela com alta incidência seguido por Taubaté. A semana 38 foi caracterizada pelo retorno do padrão espacial linear quanto aos municípios com as maiores incidências. O litoral norte ainda possui destaque pelo aumento no número de casos, mas os municípios que circundam a BR-116 também passaram a ter seus índices em destaque (Figura 6).

Figura 6 – Incidência por Covid-19 na RMVPLN, semana epidemiológica 35 (16/11/2020 a 22/11/2020) a semana epidemiológica 52 (15/03/2021 a 21/03/2021)



Na semana epidemiológica 39, foi possível observar que alguns municípios fora do eixo das rodovias federais, passaram a ter um incremento na incidência. Destaca-se Cunha, Bananal, e os municípios situados na Serra da Mantiqueira (Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí, e Santo Antônio do Pinhal). O município com a maior incidência foi Ilhabela com 276 casos, o que representa uma incidência de 824 casos para cada 100.000 habitantes. Na semana epidemiológica 40, foi possível notar que os maiores índices se concentraram nos entornos de São José dos Campos, Taubaté e Caraguatatuba, e novamente nos municípios da Serra da Mantiqueira.

Na semana epidemiológica 41, os municípios com as maiores incidências seguiu se concentrando nos arredores de São José dos Campos. Os municípios limítrofes de Jambuí e Jacareí aparecem com as maiores incidências para o período. Na semana epidemiológica 42, percebe-se que os casos confirmados avançam de forma generalizada pela região. O destaque foi São José dos Campos, que confirmou 2.976 casos, o que representou uma incidência de 418,8 casos por 100.000 habitantes. A concentração de casos nos eixos da BR-116 e BR-101 se evidenciam na semana epidemiológica 43, sendo o pico da segunda onda de Covid-19. Observou-se também um aumento nos municípios no eixo da rodovia dos Tamoios (SP-99), entre São José dos Campos e Caraguatatuba, e no eixo da rodovia dos Tropeiros (SP-068) nos municípios da região do Vale Histórico, entre Queluz e Bananal.

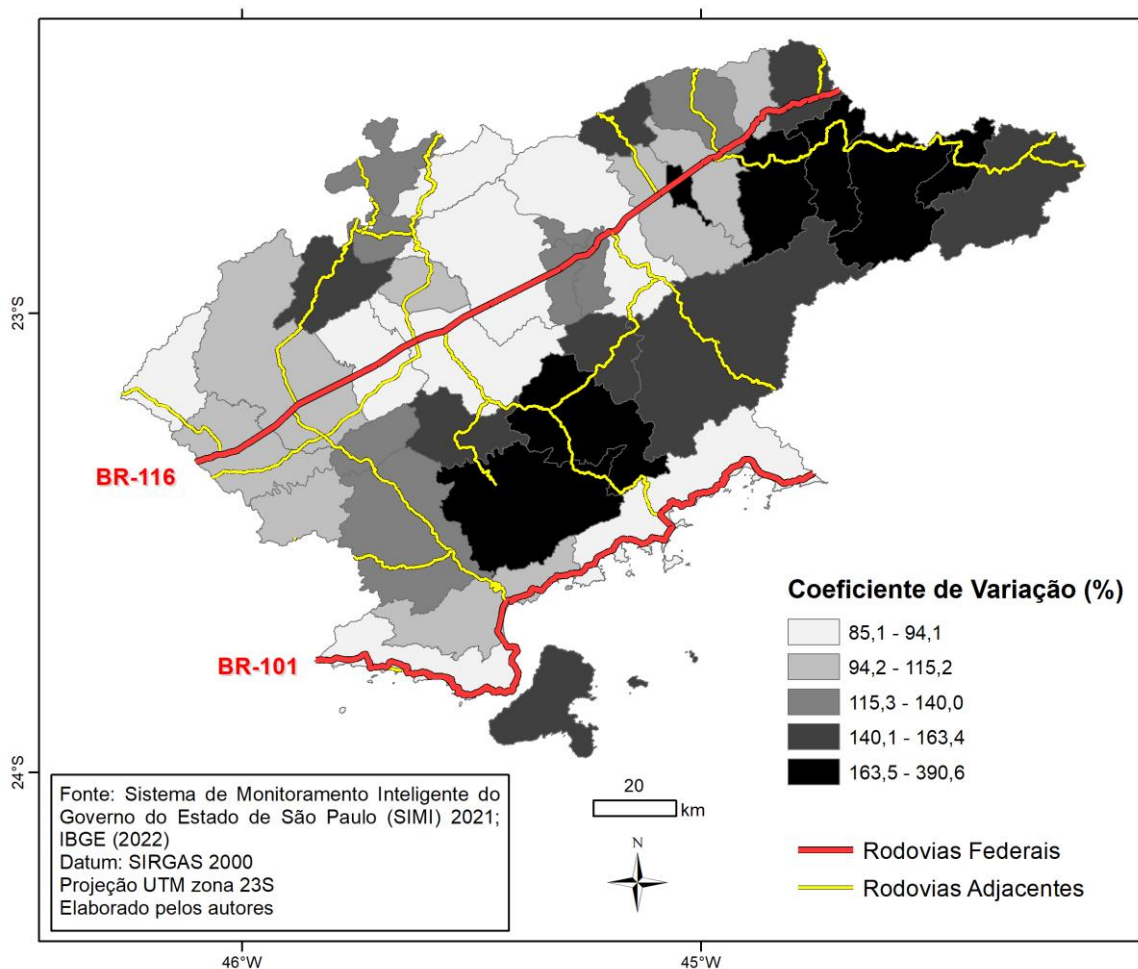
Na semana epidemiológica 44, foi possível constatar que houve uma aceleração nas confirmações dos municípios pequenos localizados fora dos eixos rodoviários federais, como Arapeí, Areias, Bananal. Na semana epidemiológica 51, nota-se novamente a organização do padrão espacial linear, seguindo as rodovias BR-116 e a BR-101. Os municípios situados entre os eixos rodoviários federais apresentaram queda nas infecções. Jambuí foi o município com a maior incidência com 450,6 infecções por 100.000 habitantes. Na última semana epidemiológica desta análise temporal (52), manteve-se o padrão linear com as maiores incidências sobre os eixos rodoviários federais (Figura 6).

Coefficiente de Variação das incidências

O mapa a seguir apresenta a distribuição espacial dos coeficientes de variação das incidências dos municípios da RMVPLN no período analisado (Figura 7). A média e o desvio padrão das incidências de cada município foram consideradas para a obtenção destes dados. É possível observar que a maioria os municípios da região possuem um coeficiente acima de

100%, o que implica que houve significativas variações na incidência durante o período de coleta de dados. Nota-se que os municípios com os maiores valores são aqueles situados fora dos eixos rodoviários federais, e com baixa densidade demográfica, no entanto, existem exceções (Figura 7).

Figura 7: Coeficiente de Variação das incidências de Covid-19 na RMVPLN

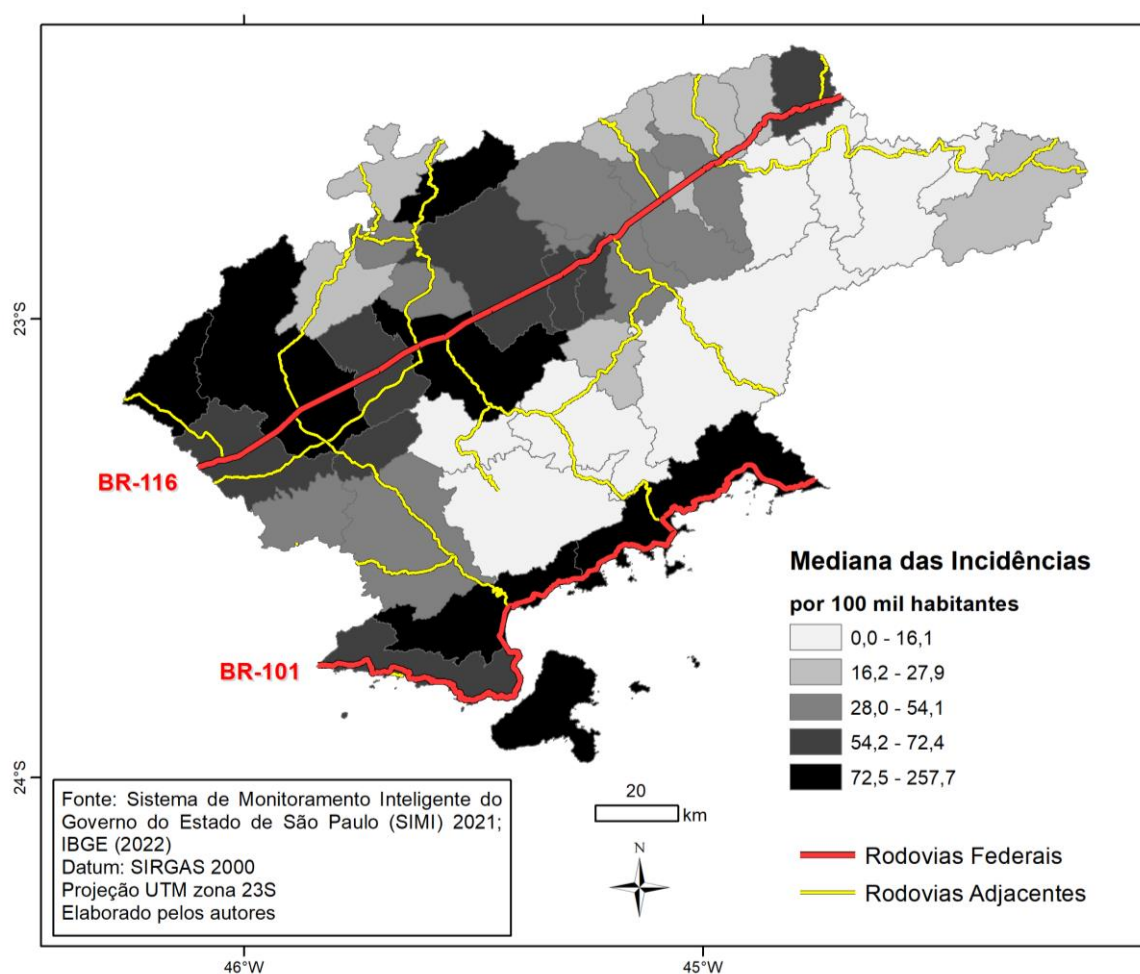


Medianas das incidências

A fim de representar os municípios que mantiveram os maiores valores de incidência ao longo do recorte temporal estudado, calculou-se a mediana da incidência de casos por município da região (Figura 8). Pelo fato de a maior parte dos municípios que formam o conjunto amostral das semanas epidemiológicas, caracterizarem-se por serem conjuntos assimétricos, a mediana foi a medida de tendência central que melhor expressa a oscilação das

incidências. A representação desta medida, apresenta um padrão espacial que contrasta com o padrão observado no mapa do coeficiente de variação das incidências (Figura 7). Neste caso, os municípios com as maiores medianas de incidência, estão situados no eixo das rodovias federais, contudo, também existem exceções. No caso da rodovia BR-116, municípios próximos a São José dos Campos apresentaram maiores valores e diminuem gradualmente no sentido nordeste.

Figura 8: Mediana das incidências de Covid-19 na RMVPLN.



O padrão geográfico de disseminação da Covid-19 na RMVPLN identificado no presente estudo, ou seja, a partir de áreas densamente povoadas seguindo os eixos rodoviários, também foi relatado em outras regiões metropolitanas, como da Grande Vitória no estado do Espírito Santo (Miranda et al., 2021) e na Região Metropolitana de Porto Alegre no Rio Grande do Sul (Faccin et al., 2022). Padrão semelhante também foi observado nos estados brasileiros e respectivas capitais como no Rio de Janeiro (Ribeiro et al., 2021), Minas Gerais

(Batella & Miyazaki, 2020), Rio Grande do Sul (Cocco et al., 2020), Ceará (Júnior et al., 2020), Pernambuco (Quinino et al., 2021). Houveram exceções como o caso do estado de Mato Grosso (Lima et al., 2020) e do Amazonas (Aleixo et al., 2020).

Considerações finais

- O presente trabalho, buscou analisar a dinâmica do espalhamento da Covid-19 na rede de municípios da RMVPLN, levando em consideração os dados de incidência por semana epidemiológica. Foi possível confirmar a hipótese de que a Covid-19 se disseminou inicialmente nos municípios com maior densidade demográfica, seguindo o eixo principal das rodovias federais (BR-116 e BR-101). Cabe um destaque para o comportamento epidemiológico de Igaratá, o município de pequeno porte populacional manteve altos valores de incidência na maioria das semanas epidemiológicas, e levanta hipóteses a serem investigadas em estudos futuros, como por exemplo: Qual foi o peso da cobertura vacinal e das medidas restritivas da quarentena? Houve influência das Regiões Metropolitanas adjacentes de São Paulo e de Campinas? Vale ressaltar que Igaratá situa-se entre as rodovias Presidente Dutra e a Fernão Dias.
- O que os agentes públicos podem fazer em situações de disseminação de doenças como a Covid-19 é analisar cautelosamente a organização espacial da rede de municípios de interesse, e juntamente à uma equipe técnica especializada, voltar os esforços para a quebra na cadeia de contágios, levando em consideração que os municípios atravessados por grandes rodovias, tendem a ser mais vulneráveis à incidência da Covid-19.

Referências

- ABREU, J. R. (2015). *Região Metropolitana: Desafios da Gestão Regional. Um estudo de caso da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte* Universidade do Vale do Paraíba]. São José dos Campos.
- Agência_Brasil. (2020). *Covid-19: governo declara transmissão comunitária em todo o país*. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-03/covid-19-governo-declara-transmissao-comunitaria-em-todo-o-pais>

- Aleixo, N. C. R., Neto, J. C. A. d. S., Pereira, H. d. S., Barbosa, D. E. S., & Lorenzi, B. C. (2020). Pelos caminhos das águas: a mobilidade e evolução da COVID-19 no estado do Amazonas. *Confins*, 45. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/confins.30072>
- Batella, W., & Miyazaki, V. K. (2020). Relações entre rede urbana e COVID-19 em Minas Gerais. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 0(0), 102 -110. <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054622>
- Brasil._Ministério_da_Saúde._Secretaria_de_Vigilância_em_Saúde.
- Fundação_Oswaldo_Cruz., SM, S., & C, B. (2006). *Abordagens espaciais na saúde pública* (Vol. 1). Ministério da Saúde.
- Ciotti, M., Angeletti, S., Minieri, M., Giovannetti, M., Benvenuto, D., Pascarella, S., . . . Ciccozzi, M. (2019). COVID-19 Outbreak: An Overview. *Chemotherapy*, 64(5-6), 215-223. <https://doi.org/10.1159/000507423>
- Cocco, R. G., Collishonn, E., & Meurer, M. (2020). RELAÇÕES ENTRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COVID-19 E A DINÂMICA DAS INTERAÇÕES ESPACIAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 0(0), 183 - 192. <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054406>
- Faccin, C. R., Rorato, G. Z., Campos, H. Á., Libera, L. T. D., Lenhart, T., & Bernardi, M. P. (2022). Um Ano de Pandemia: Evolução e Dispersão Territorial da Covid-19 na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 14.
- Fortaleza, C. M. C. B., Guimarães, R. B., Catão, R. C., Ferreira, C. P., Berg de Almeida, G., Nogueira Vilches, T., & Pugliesi, E. (2021). The use of health geography modeling to understand early dispersion of COVID-19 in São Paulo, Brazil. *PLoS One*, 16(1), e0245051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245051>
- Fortaleza, C. M. C. B., Guimarães, R. B., de Almeida, G. B., Pronunciate, M., & Ferreira, C. P. (2020). Taking the inner route: spatial and demographic factors affecting vulnerability to COVID-19 among 604 cities from inner São Paulo State, Brazil. *Epidemiology & Infection*, 148, e118, Article e118. <https://doi.org/10.1017/S095026882000134X>
- IBGE. (2023). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. <https://www.ibge.gov.br>
- Júnior, E. A. P., Sampaio, J. E. H., & Gomes, R. B. (2020). A Covid-19 e sua dinâmica de propagação na rede urbana do Ceará, Brasil. *Ateliê Geográfico*, 14(3), 35-56. <https://doi.org/10.5216/ag.v14i3.66373>

- Lima, D. M. D. F., Silva, M. A. S. d., & Santos, E. S. d. (2020). FASE INICIAL DA PANDEMIA DA COVID-19 EM MATO GROSSO: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AVALIAÇÃO. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 0(0), 312 - 320. <https://doi.org/10.14393/Hygeia0054634>
- Martinelli, M., & Machado-Hess, E. d. S. (2014). Mapas estáticos e dinâmicos, tanto analíticos como de síntese, nos atlas geográficos escolares: a viabilidade metodológica. *Revista Brasileira de Cartografia*, 66(4), 22. <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44690>
- Miranda, C. L., Silva, L. T., Campos, M. M., Paula, V. L. d. P. L., & Arthur, T. R. (2021). A covid-19, a Cidade e as periferias da Região Metropolitana da Grande Vitória | COVID-19, the city and the outskirts of metropolitan region of Greater Vitória. *Oculum Ensaios*, 18(0), 1-18. <https://doi.org/10.24220/2318-0919v18e2021a5147>
- OPAS. (2020). *Organização Pan-Americana da Saúde. Brasil confirma primeiro caso de infecção pelo novo coronavírus.* <https://www.paho.org/pt/node/69303>
- Quinino, L. R. d. M., Vasconcellos, F. H. M., Diniz, I. S., Aguiar, L. R., Ramos, Y. T. d. M., & Bastiani, F. D. (2021). Aspectos espacial e temporal e fatores associados à interiorização da Covid-19 em Pernambuco, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26.
- Ribeiro, D. d. A., Braga, A. F. D., & Teixeira, L. (2021). Desigualdade socioespacial e o impacto da Covid-19 na população do Rio de Janeiro: análises e reflexões. *Cadernos Metrópole*, 23(52), 20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/2236-9996.2021-5205>
- Rothman, K. J., Greenland, S., & Lash, T. L. (2011). *Epidemiologia Moderna*. Artmed. <http://books.google.com.br/books?id=PkZ8tgAACAAJ>
- São_Paulo. (2020). *Governo de SP determina quarentena em todo o Estado.* <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/ao-vivo-governo-de-sp-anuncia-novas-medidas-para-combate-ao-coronavirus-no-estado>
- SEADE. (2021). *Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Perfil dos Municípios Paulistas.* <https://perfil.seade.gov.br>
- SIMI. (2021). *Sistema de Monitoramento Inteligente do Governo do Estado de São Paulo* <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/>
- Spinelli, A., & Pellino, G. (2020). COVID-19 pandemic: perspectives on an unfolding crisis. *Br J Surg*, 107(7), 785-787. <https://doi.org/10.1002/bjs.11627>