

Análise espacial da pandemia de Covid-19 nos municípios do estado de São Paulo

Aline Gobbi^{1*}; William Barbosa²

¹ Mestre em Ciências da Saúde. Rua Tamandaré, 464 – Liberdade; 01525-000, São Paulo, SP, Brasil.

² Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (PECEGE). Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Endereço: R. Alexandre Herculano, 120 - T6 - Vila Monteiro, Piracicaba - SP, 13418-445 Piracicaba, São Paulo, Brasil

*autor correspondente: gobbi.aline@hotmail.com

Análise espacial da pandemia de Covid-19 nos municípios do estado de São Paulo

Resumo

O SARS-CoV-2, foi identificado na China, em dezembro de 2019, despertando atenção mundial devido sua rápida disseminação global. A doença foi denominada Coronavírus Disease 2019 [COVID-19] que se alastrou por todos os continentes e foi declarada pela Organização Mundial da Saúde [OMS] como um caso de emergência de saúde pública de importância internacional. O Estado de São Paulo apresenta um total de 44,04 milhões de habitantes, há um total de 5.294.608 casos de COVID-19 com 167.651 óbitos confirmados, incidência de 11530,3 e mortalidade de 365,1 por 100.000 habitantes. Por se tratar de uma doença altamente transmissível, as análises dos dados são fundamentais para conhecimento da situação epidemiológica local. O objetivo do estudo foi caracterizar e analisar a distribuição espacial dos casos diagnosticados e dos óbitos ocorridos por COVID-19, no ano de 2020 e 2021, nos municípios do Estado de São Paulo, Brasil. Na análise espacial, as taxas de incidência e de mortalidade por município do estado, foram utilizadas para calcular o Índice de Moran Global, e constatar a autocorrelação espacial e em sequência foi avaliada a autocorrelação local, através do LISA [Local Indicators of Spatial Association]. Foi encontrado um valor significativo na análise do Índice de Moran Global para as análises realizadas ($p\text{-value} < 2.2e-16$), mostrando que há aleatoriedade espacial nos dados e houve uma diferença entre os padrões espaciais dos clusters HH e LL, ao comparar os casos confirmados de 2020 e 2021, e os óbitos confirmados de 2020 e 2021.

Palavras-chave: Coronavírus; Índice de Moran Global.

Introdução

Coronavírus é um grupo de vírus que causam doenças que envolvem principalmente o sistema respiratório. (Cheng & Shan, 2020), estes anualmente causavam baixa porcentagem de infecções respiratórias. Porém com a identificação do SARS-CoV [síndrome respiratória aguda grave] e do MERS-CoV [síndrome respiratória do Oriente Médio] e mais recentemente o novo Coronavírus, SARS-CoV-2, houve um aumento de infecções por coronavírus (Zumla et al., 2016; Channappanavar et al., 2014; Cheng et al., 2007).

Em dezembro de 2019, em Wuhan, na China, houve um aumento de casos de síndrome respiratória e foi identificado o SARS-CoV-2, provocando uma atenção mundial devido sua rápida disseminação (Huang et al., 2020; Thompson, 2020; Heymann & Shindo, 2020). A doença foi chamada de Coronavírus Disease 2019 [COVID-19], e causa lesão pulmonar aguda [LPA] e nos casos mais graves a síndrome do desconforto respiratório agudo [SDRA], uma das piores complicações da infecção (Gorbalênaya et al., 2020; Zhu et al., 2020).

A COVID-19 se alastrou por todos os continentes e foi declarada pela Organização Mundial da Saúde [OMS] como um caso de emergência de saúde pública de interesse internacional (WHO, 2020).

Globalmente há 493.392.853 casos confirmados de COVID-19, incluindo 6.165.833 óbitos, reportados a WHO, e um total de 11.250.782.214 doses de vacinas administradas. Em relação ao Brasil há 30.040.129 casos confirmados, com 660.528 óbitos e 399.149.461 doses de vacina administradas (WHO, 2022).

O Estado de São Paulo apresenta um total de 44,04 milhões de habitantes, há um total de 5.294.608 casos de COVID-19 com 167.651 óbitos confirmados, incidência de 11530,3 e mortalidade de 365,1 por 100.000 habitantes (Ministério da Saúde, 2022). Em relação a vacina foram administradas um total de 106.345.153 doses, sendo, primeira dose 41.954.875, segunda dose 38.611.112, dose única 1.236.731, dose adicional 24.542.435 (Governo do Estado de São Paulo, 2022). Por se tratar de uma doença altamente transmissível, as análises dos dados são fundamentais para conhecimento da situação epidemiológica local.

Houve um aumento progressivo e considerável dos casos de COVID-19 e através de análises espaciais, é possível detectar conglomerados da doença, o que contribui para o planejamento de ações pelos serviços de saúde ao redor do mundo (Kang et al., 2020).

A análise espacial é um processo onde é realizada a interpretação de dados por meio de suas posições geográficas, e se tratando de uma doença pandêmica, considera-se a importância dessa ferramenta como suporte para implementação de medidas de controle (Belforte et al., 2020; Cardoso et al., 2020).

O objetivo do estudo foi caracterizar e analisar a distribuição espacial dos casos diagnosticados e dos óbitos ocorridos por COVID-19, no ano de 2020 e 2021, nos municípios do Estado de São Paulo, Brasil.

Material e Métodos

As variáveis epidemiológicas dos municípios (número de casos confirmados por 100 mil habitantes e número de óbitos por 100 mil habitantes) foram obtidas a partir de dados secundários, provenientes das notificações da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE], disponibilizados no painel epidemiológico COVID-19, da Secretária de Saúde do Estado de São Paulo (SEADE, 2021).

Foram incluídos no estudo os casos confirmados por 100 mil habitantes e os óbitos por 100 mil habitantes de COVID-19, que foram notificados no ano de 2020 e 2021, dos 643 municípios no estado de São Paulo. Os indivíduos com teste negativo para a infecção ou óbitos suspeitos que não tiveram a confirmação do diagnóstico da doença ou que não foram notificados até a data de finalização da coleta não foram incluídos no estudo.

O acesso a esta base de dados é gratuito, foi realizado o download da mesma, feita a filtragem das duas variáveis escolhidas para o estudo, e a filtragem de suas contagens totais por municípios no ano de 2020 e 2021.

Na análise espacial, as taxas de incidência e de mortalidade por município do estado, foram utilizadas para calcular o Índice de Moran Global [(1948) que anos depois foi apresentado de maneira mais robusta por Cliff e Ord (1973, 1981)], e constatar a autocorrelação espacial, Griffith (2003) traz que a autocorrelação espacial pode ser entendida como a medida da correlação existente entre os valores de uma única variável de interesse de forma geográfica.

Em sequência foi avaliada a autocorrelação local, através do LISA [Local Indicators of Spatial Association], que investiga as relações espaciais entre os dados, e divididos entre os seguintes quadrantes:

- Alto-Alto [HH]: Clusters espaciais formados por municípios que apresentam alta frequência da variável, perto de municípios com a mesma característica.
- Baixo-Baixo [LL]: Clusters espaciais formados por municípios que apresentam menor frequência da variável, perto de municípios com a mesma característica.
- Alto-Baixo [HL]: Outliers espaciais de municípios com alta frequência da variável, perto de municípios com baixa frequência da mesma.
- Baixo-Alto [LH]: Outliers espaciais de municípios com baixa frequência da variável, perto de municípios com alta frequência da mesma.
- Não significativa: Municípios que não apresentam valor estatístico significativo.

As mesmas foram realizadas através do software R versão 4.2.1.

Resultados e Discussão

Foram incluídos os dados de número de casos confirmados por 100 mil habitantes e número de óbitos por 100 mil habitantes dos 643 municípios do estado de São Paulo, separados pelos anos de 2020 e 2021. Os dados foram combinados com a base de dados do Shapefile do município de São Paulo, resultando nas Figuras 1, 2, 3, e 4 onde mostra a análise exploratória da distribuição dos dados coletados citados acima.

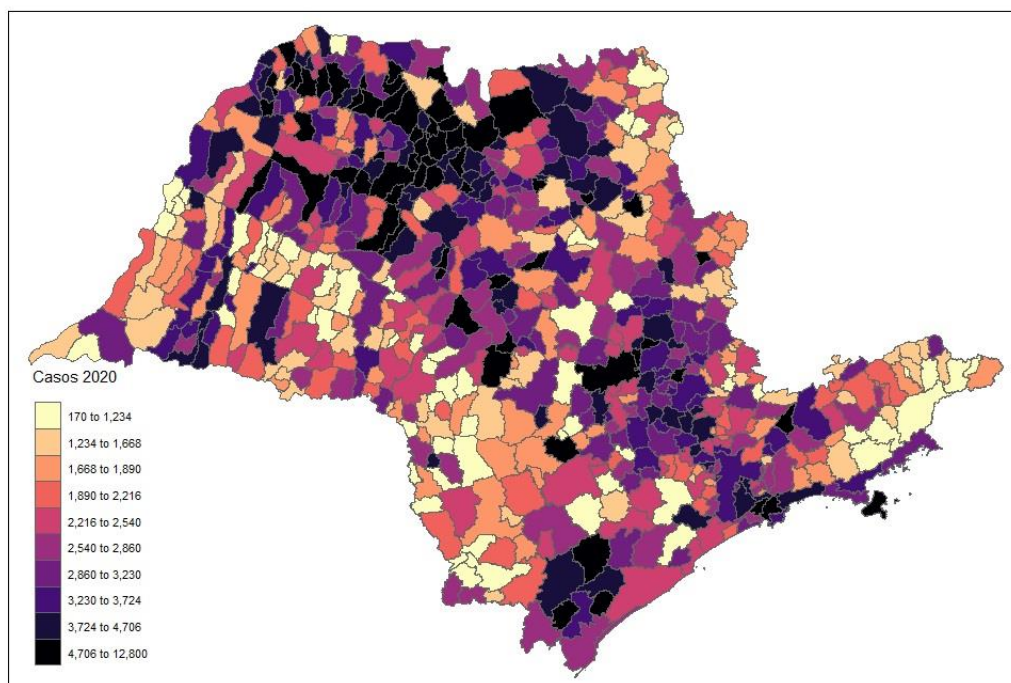


Figura 1. Número de casos confirmados por 100 mil habitantes no ano de 2020.

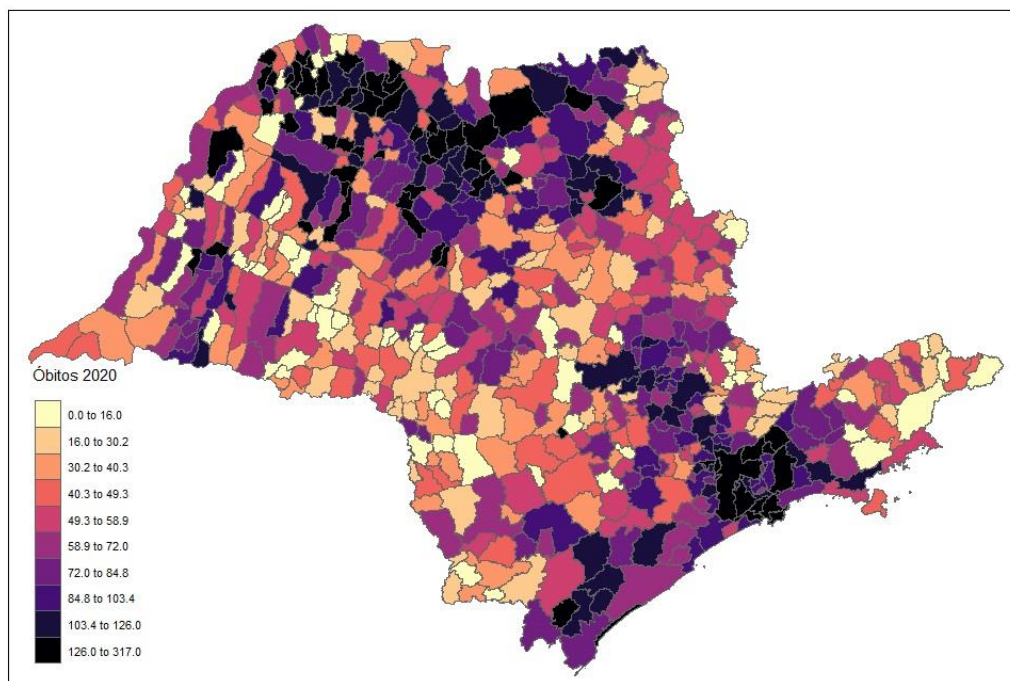


Figura 2. Número de óbitos confirmados por 100 mil habitantes no ano de 2020.

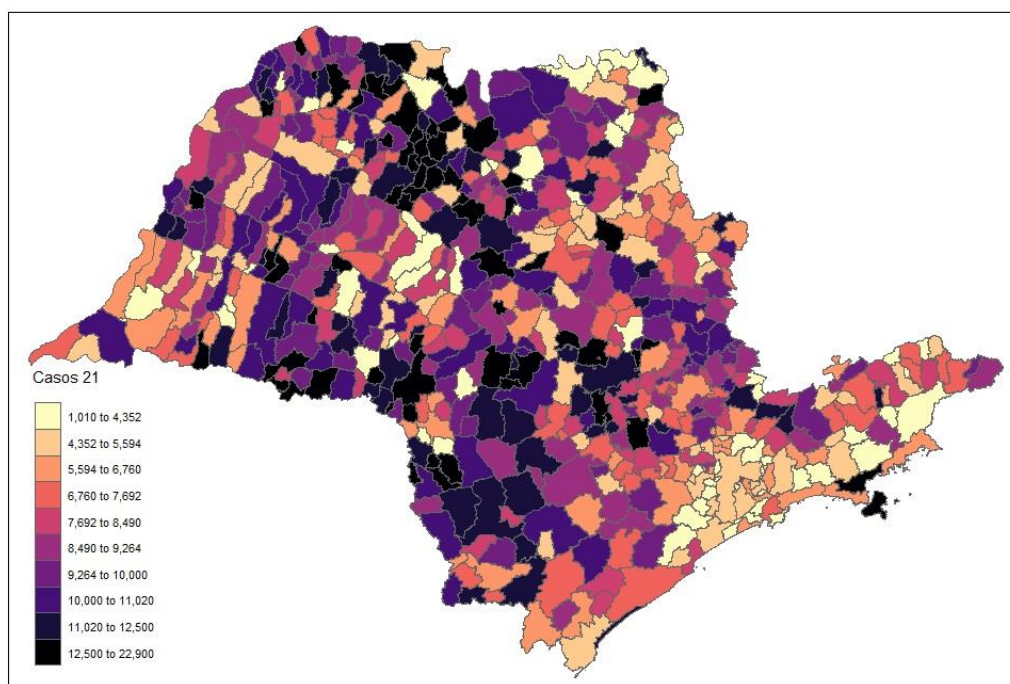


Figura 3. Número de casos confirmados por 100 mil habitantes no ano de 2021.

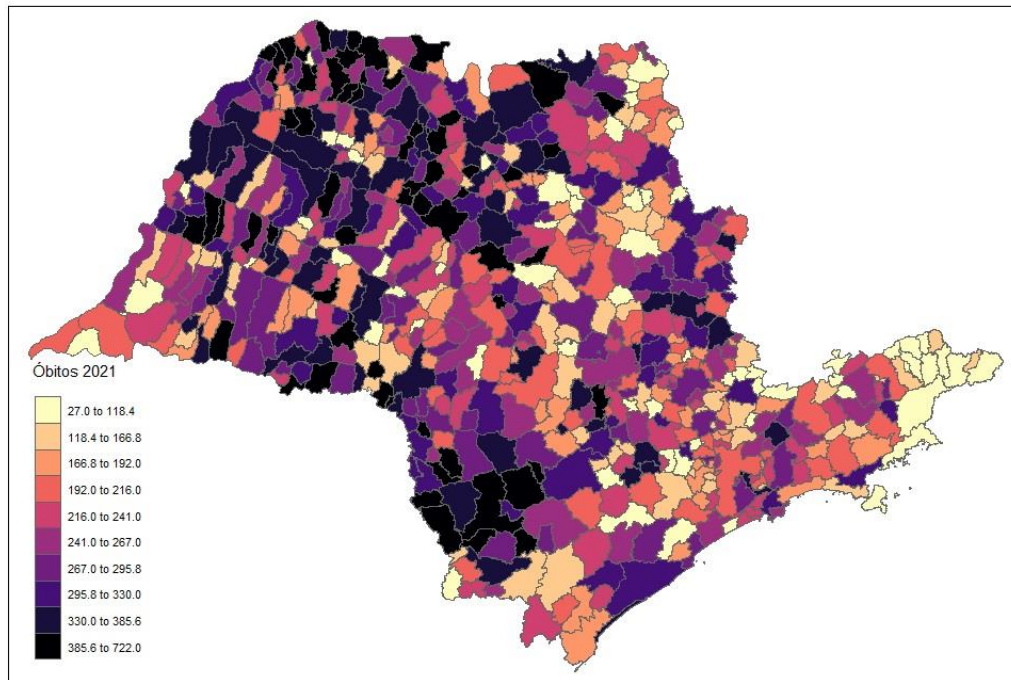


Figura 4. Número de óbitos confirmados por 100 mil habitantes no ano de 2021.

Foi encontrado um valor significativo na análise do Índice de Moran Global para as quatro análises realizadas, número de casos confirmados em 2020 (p-value < 2.2e-16), número de casos confirmados em 2021 (p-value < 2.2e-16), número de óbitos confirmados em 2020 (p-value < 2.2e-16) e número de óbitos confirmados em 2021 (p-value < 2.2e-16), mostrando que há aleatoriedade espacial nos dados.

Em sequência para a definição dos clusters espaciais, foi realizada a autocorrelação local, através do LISA, o qual resultou nas figuras 5, 6, 7 e 8, com a seguinte clusterização:

- HH – vermelho escuro
- HL – vermelho claro
- LH – azul claro
- LL – azul escuro
- Não significativa – branco.

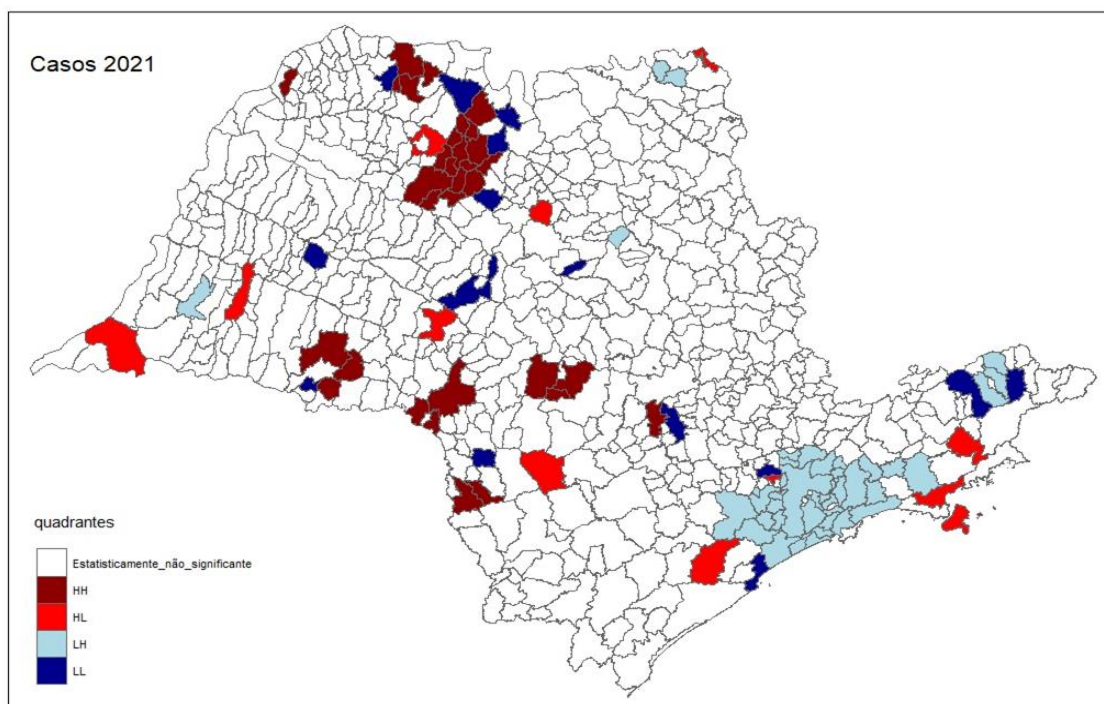


Figura 5. Autocorrelação local dos casos confirmados no ano de 2020.

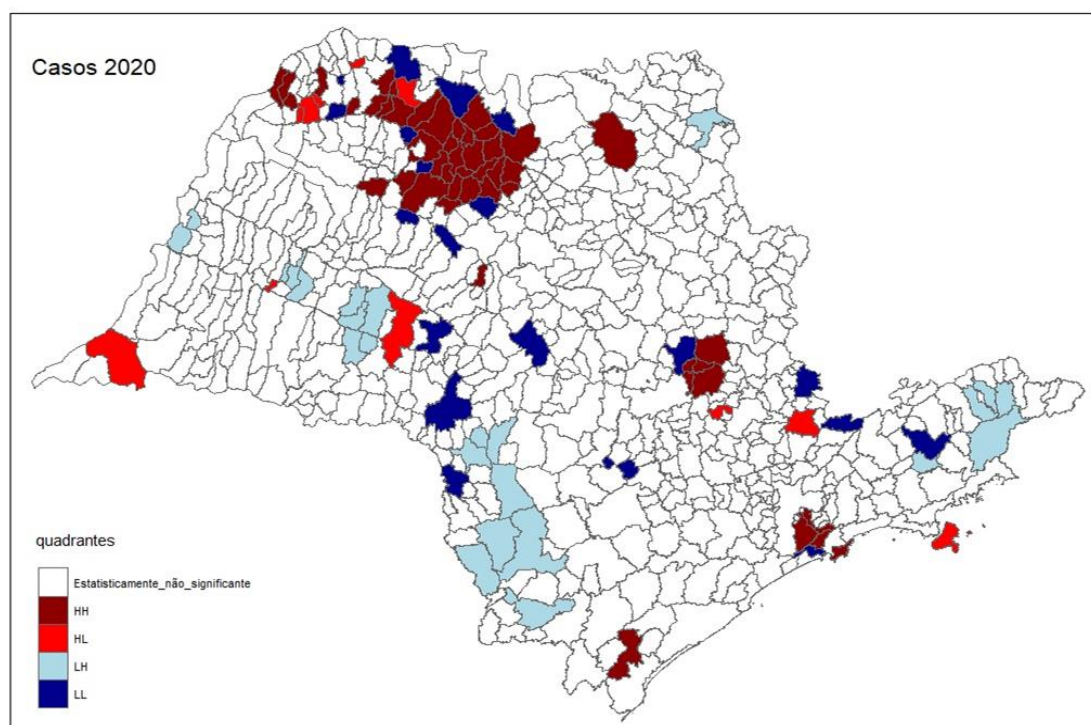


Figura 6. Autocorrelação local dos casos confirmados no ano de 2021.

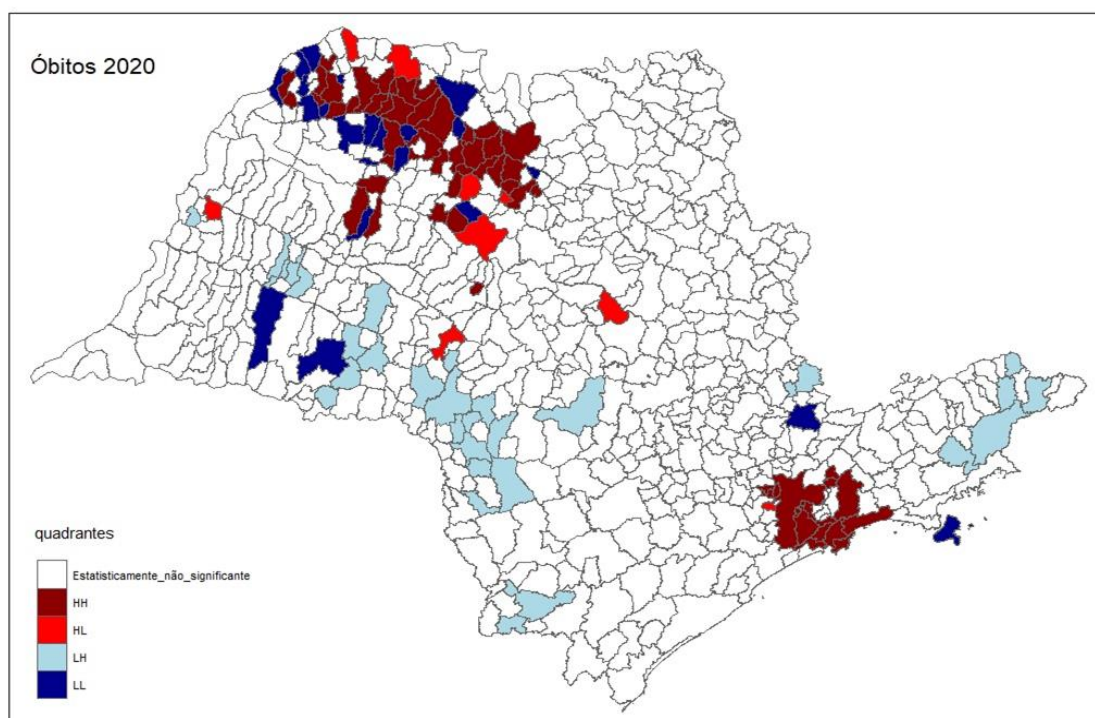


Figura 7. Autocorrelação local dos óbitos confirmados no ano de 2020.

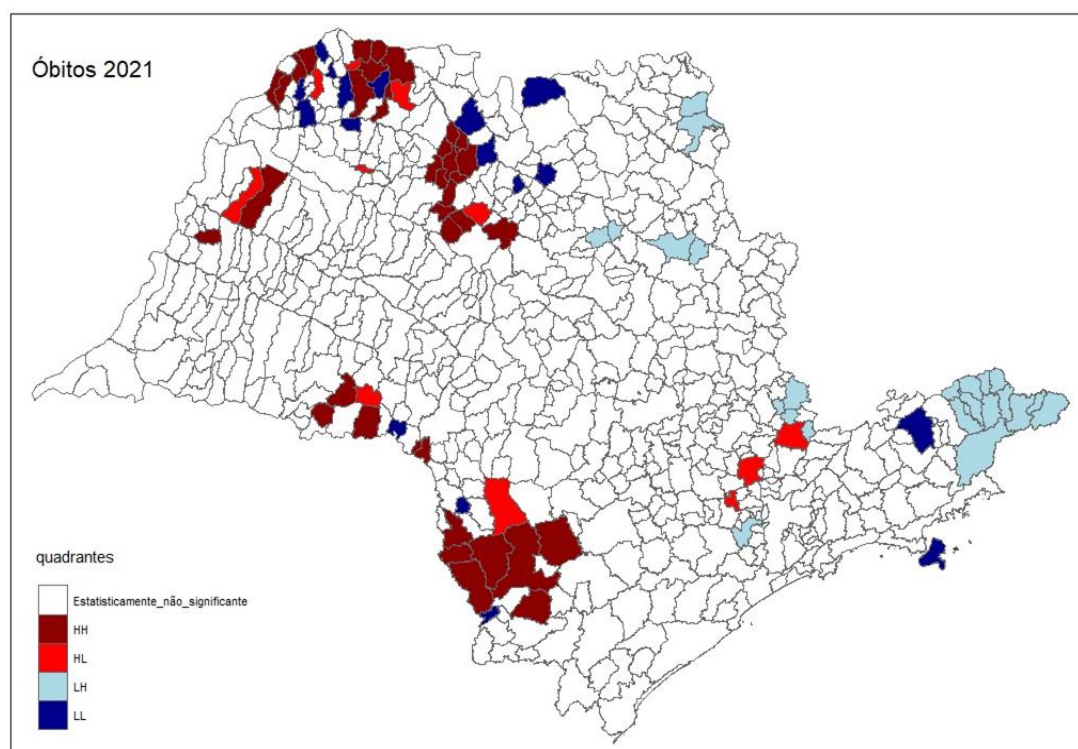


Figura 8. Autocorrelação local dos óbitos confirmados no ano de 2021.

Ao comparar a figura 1 com a figura 3 onde observamos a distribuição do número total de casos de covid-19 no estado de São Paulo, vemos uma concentração maior em 2020 (figura 1) ao norte do estado, o qual não se manteve no ano de 2021 (figura 3), em relação a comparação da distribuição do número total de óbitos, há uma concentração maior do mesmo ao norte e leste (região metropolitana da cidade de São Paulo) do estado em 2020 (figura 2), o qual aparece mais distribuído no ano de 2021 (figura 4) e há uma grande diminuição de mudança de temperatura na região leste.

Podemos notar que há diferença entre os padrões espaciais dos clusters HH e LL, ao comparar os mapas de casos confirmados de 2020 (figura 5) e 2021 (figura 6), e os mapas de óbitos confirmados de 2020 (figura 7) e 2021 (figura 8), apesar da mesma, a mesorregião de São José do Rio Preto permaneceu no cluster HH nos 2 anos em relação ao número de casos e número de óbitos.

Aparentemente há uma diminuição da concentração dos clusters espaciais entre os anos de 2020 e 2021, o cluster HH em relação ao número de óbitos em 2020 na mesorregião de São Paulo não se repete no ano de 2021, pode ser uma explicação o fato desta região ter apresentado rápida vacinação em relação as outras.

São Paulo foi considerada e “capital mundial” da vacinação, sendo um modelo para o mundo da rápida vacinação. Através do acesso ao site vacina já, onde há o vacinômetro do estado de São Paulo, temos acesso ao fato de que a porcentagem de população total vacinada na Grande região de São Paulo é maior que na Grande região de São José do Rio Preto.

A distribuição de doses de vacina iniciou no dia 17 de janeiro de 2021 no estado de São Paulo, e até outubro do 2021 a mesma causou uma redução de 96,44% do número de mortes causadas pela doença no Brasil (Araujo e Fernandes, 2022), globalmente impediram 14,4 milhões de mortes em 185 países (Watson et al, 2022).

Conclusão

A transparência dos dados advindos do site da SEADE, possibilitou a análise realizada, evidenciando mudança no padrão espacial dos casos e óbitos de COVID-19, onde houve diminuição da concentração dos mesmos ao norte do estado e a saída do cluster HH da mesorregião de São Paulo após o início da vacinação, ao comparar o ano de 2020 com 2021.

Referências

- Araujo FHA, Fernandes LHS. 2022. Lighting the populational impact of COVID-19 vaccines in Brazil. *Fractals* (30)3.
- Belforte LCM, Reis RDSP, da Silva GP, de Aguiar Cavalcante MM. 2020. Leitura geográfica no contexto da covid-19 em Rondônia ao norte do Brasil. *Revista Tamoios* 16(1).
- Cardoso PV, da Silva Seabra V, Bastos IB, Costa EDCP. 2020. A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de COVID-19. *Revista Tamoios* 16(1).
- Channappanavar R, Zhao J, Perlman S. 2014. T cell-mediated immune response to respiratory coronaviruses. *Immunologic research* 59(1), 118-128.
- Cheng VC, Lau SK, Woo PC, Yuen KY. 2007. Severe acute respiratory syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection. *Clinical microbiology reviews* 20(4), 660-694.
- Cheng ZJ, Shan J. 2020. 2019 Novel coronavirus: where we are and what we know. *Infection* Apr;48(2):155-163.
- Cliff, A. D., & Ord, J. K. 1973. Classics in Human Geography Revisited. *Progress in Human Geography*, 19(2), 245-249.
- Cliff, A. D., & Ord, J. K. 1981. *Spatial Processes Models and Applications*. London: Pion.
- dos Santos FDA, Mendes LMS. 2020. 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.
- Gorbalenya AE, Baker SC, Baric R, Groot RJD, Drosten C, Gulyaeva AA, et al. 2020. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: The species and its viruses—a statement of the Coronavirus Study Group.
- Governo do Estado de São Paulo. Vacinômetro COVID-19. <https://vacinaja.sp.gov.br/vacinometro/> (08 de Abril de 2022, último acesso).
- Griffith, D. A. 2003. *Spatial Autocorrelation and Spatial Filtering: Gaining Understanding Through Theory and Scientific Visualization (Advances in Spatial Science)*. London: Springer.
- Heymann DL, Shindo N. 2020. COVID-19: what is next for public health?. *The Lancet* 395(10224), 542-545.
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. 2020. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The lancet* 395(10223), 497-506.

Kang D, Choi H, Kim JH, Choi J. 2020. Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases* 94, 96-102.

Ministério da Saúde. COVID-19 NO BRASIL. <https://covid.saude.gov.br/> (08 de Abril de 2022, último acesso).

Thompson RN. 2020. Novel coronavirus outbreak in Wuhan, China, 2020: intense surveillance is vital for preventing sustained transmission in new locations. *Journal of clinical medicine* 9(2), 498.

Watson OJ, Barnsley G, Toor J, Hogan AB, Winskill P, Ghani AC. 2022. Global impact of the first year of COVID-19 vaccination: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis* Sep;22(9):1293-1302.

World Health Organization. Situation report-81: coronavirus disease 2019 (COVID-19) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>

World Health Organization. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard; 2022. <https://covid19.who.int/> (08 de Abril de 2022, último acesso).

Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. 2020. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England journal of medicine*.

Zumla A, Chan JF, Azhar EI, Hui DS, Yuen KY. 2016. Coronaviruses—drug discovery and therapeutic options. *Nature reviews Drug Discovery*. 15(5), 327-347.