










ANÁLISE ESPACIAL DA COVID-19 NO SUL DO BRASIL, 2020-2021: UM ESTUDO ECOLÓGICO

SPATIAL ANALYSIS OF COVID-19 IN SOUTHERN BRAZIL, 2020-2021: AN ECOLOGICAL STUDY

 Ariane Larissa Silva Mangold ^A
 Ivaneliza Simionato de Assis ^B
 Helder Ferreira ^B
 Oscar Kenji Nihei ^B
 Denise Rissato ^B
 Ricardo Alexandre Arcêncio ^C
 Reinaldo Antonio Silva-Sobrinho ^B
 Lúgia Angélica Radis Steinmetz ^B
 Marcos Augusto Moraes Arcoverde ^B

^A Faculdades Pequeno Príncipe (FPP), Curitiba, PR, Brasil

^B Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Foz do Iguaçu, PR, Brasil

^C Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em: 28/06/2023 | 20/01/2025 DOI: 10.12957/tamoios.2025.77292

Correspondência para: Ivaneliza Simionato de Assis (ivaneliza.assis@hotmail.com)

Resumo

A pandemia da COVID-19 afetou drasticamente a América Latina e seus efeitos têm sido visualizados no âmbito da saúde, da economia, da política e social, exigindo abordagens estratégicas para avaliar o impacto em diferentes territórios. Buscou-se analisar a distribuição espacial dos casos de COVID-19 em municípios brasileiros da região Sul do Brasil, dentro e fora da faixa de fronteira, no período de 2020 e 2021. Trata-se de um estudo ecológico, baseado em dados disponibilizados pelas Secretarias de Saúde dos estados do Sul do país, entre os anos de 2020-2021. Foram calculadas as taxas de incidência e mortalidade, as quais foram analisadas estatisticamente para comparação das taxas e construção de modelos de regressão. Analisou-se a dependência espacial aplicando-se o índice de associação espacial global (Moran I) e da estatística G_i^* para análise local. A análise espacial indicou autocorrelação espacial positiva, com altas taxas concentradas inicialmente em áreas litorâneas, deslocando-se posteriormente para o interior e para a região de fronteira em 2021. O estudo avança no conhecimento ao evidenciar o impacto da COVID-19 em uma região com grande circulação e mobilidade de pessoas, o que tornou a pandemia um grande desafio para municípios e áreas fronteiriças.

Palavras-chave: COVID-19; pandemia; área de fronteira; análise espacial; saúde na fronteira.

Abstract

The COVID-19 pandemic has had a drastic impact on Latin America, with its effects being observed in the realms of health, economy, politics, and society, necessitating strategic approaches to assess the extent of the impact on different territories. The aim was to analyze the spatial distribution of COVID-19 cases in Brazilian municipalities of the Southern region of Brazil, both within and outside the border strip, during the period of 2020 and 2021. It is an ecological study based on data provided by the Health Departments of the Southern states of the country from 2020 to 2021. Incidence and mortality rates were calculated and statistically analyzed to compare the rates and construct regression models. Spatial dependence was analyzed applying the global spatial association index (Moran I) and G_i^* for local analysis. The spatial analysis indicated positive spatial autocorrelation, with high rates initially concentrated in the coastal area, later moving to the interior and to the border regions in the year 2021. The study advances knowledge by highlighting the impact of COVID-19 in a region with high circulation and mobility of people, which made COVID-19 a major challenge for municipalities and border areas.

Keywords: COVID-19; pandemic; border area; spatial analysis; border health.

INTRODUÇÃO



Em 31 de dezembro de 2019, o vírus conhecido como SARS-CoV-2, responsável pela pandemia de COVID-19, foi identificado em Wuhan, na China. Em 9 de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) confirmou a presença do novo coronavírus em circulação (LANA et al., 2020).

Durante uma pandemia, como a de COVID-19, é fundamental que os governos nacionais forneçam à Organização Mundial da Saúde (OMS) um relatório epidemiológico preciso e detalhado sobre a situação em seu país. Esse relatório deve incluir, sempre que possível, definições de casos, resultados laboratoriais, fontes e tipos de risco, número de casos e óbitos, condições que afetam a propagação da doença, entre outras informações relevantes. Além disso, os gestores de saúde ou as autoridades nacionais devem comunicar as medidas de saúde adotadas, sejam elas de prevenção ou assistência, bem como as dificuldades enfrentadas. Eles também devem solicitar o apoio necessário para lidar com a emergência em saúde pública de importância internacional (SILVA; OLIVEIRA, 2020).

Na América Latina, os efeitos da COVID-19 foram verificados não somente no âmbito hospitalar (haja vista altas taxas de morbimortalidade), mas também em outras áreas da vida social, gerando importantes desafios no cenário político, econômico e social, que exigiram a intervenção imediata de todos os governos (MURILLO; OSPINA; RODRIGUES, 2020). Considerando o panorama latino-americano de emergência de saúde pública causado pela pandemia da COVID-19, torna-se oportuno resgatar o olhar para o eixo latino-americano, no intuito de contribuir com conhecimento sanitário atual para o controle e prevenção de doenças infecciosas de interesse público (MURILLO; OSPINA; RODRIGUES, 2020).

Nesse contexto, as preocupações com os impactos presentes e futuros na região transfronteiriça são acentuadas, estabelecendo uma relação simbiótica entre o espaço local e internacional, além da convergência de desigualdades territoriais, devido à sua peculiar situação geopolítica (NOGUEIRA, DA-CUNHA, 2020). Consequentemente, os municípios situados na faixa de fronteira enfrentam um dilema entre controle e integração, uma vez que o acesso e a circulação das pessoas estão ligados a relações de trabalho, turismo, consumo e uso dos serviços públicos de saúde e educação (SILVA-SOBRINHO et al., 2021; MAGALHÃES, RONCONI, ASSIS, 2021).

Como exemplo do cenário vivenciado nos municípios fronteiriços e como forma de reduzir os impactos da pandemia na saúde e na economia, o município de Foz do Iguaçu, situado na tríplice fronteira Argentina, Brasil e Paraguai, implantou um conjunto de medidas e barreiras sanitárias em pontos estratégicos (LEANDRO et al., 2020), tais como o fechamento das fronteiras, do aeroporto internacional e dos principais atrativos turísticos, com o propósito de reduzir drasticamente a circulação e a aglomeração de pessoas. Nos diversos estados do Brasil, durante os primeiros meses, as estratégias de controle adotadas foram intercaladas entre barreiras sanitárias e *lockdowns* (FERREIRA, 2020). Verifica-se que cada estado ou município, fronteiriço ou não, adotou estratégias específicas para suas realidades (SANTOS; LOPES, 2021).

No entanto, além da questão sanitária, outro grande desafio enfrentado pelos municípios fronteiriços foi encontrar alternativas para manter a renda familiar, a fim de evitar o agravamento da crise econômica e social gerada pela pandemia, visto que, em espaços



transfronteiriços, há grande dependência das relações comerciais e laborais entre os países (SILVA-SOBRINHO et al., 2021).

No âmbito da pesquisa, os estudos epidemiológicos desempenham um papel crucial na identificação de problemas, fornecendo informações técnicas que embasam as decisões políticas. Durante a fase de formulação de políticas, os conhecimentos da epidemiologia sobre o processo de saúde-doença e a eficácia e eficiência das intervenções, podem se unir a conhecimentos provenientes de outras áreas científicas. Esse conjunto de conhecimentos auxilia os formuladores de políticas na compreensão da complexidade do problema a ser abordado, assim como do seu contexto, e também na definição de objetivos, metas e estratégias de intervenção (SILVA; OLIVEIRA, 2020).

Ademais, outras ferramentas, como o geoprocessamento, tornam possível a realização de análises espaciais que ajudam no entendimento da complexidade do problema e contribuem na organização e leitura de aspectos socioespaciais. Essas análises auxiliam na tomada de decisão, na adoção de estratégias para a proteção de grupos sociais vulneráveis e na construção de cenários durante e após a crise sanitária decorrente da pandemia de COVID-19 (CARDOSO et al., 2020; MAGALHÃES, RONCONI, ASSIS, 2021).

Dessa forma, considerando os impactos políticos e sociais decorrentes da pandemia de COVID-19 no Sul do Brasil e com o intuito de discutir as regiões de fronteira, este estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial dos casos de COVID-19 em municípios brasileiros da Região Sul do Brasil, dentro e fora da faixa de fronteira, no período de 2020 e 2021.

METODOLOGIA

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo ecológico, tendo como unidade de análise os municípios dos estados do Sul do Brasil, com base em dados secundários sobre as notificações de COVID-19, disponibilizados pelas Secretarias de Saúde dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a partir dos boletins oficiais de cada estado, no período de 2020 e 2021.

Contexto

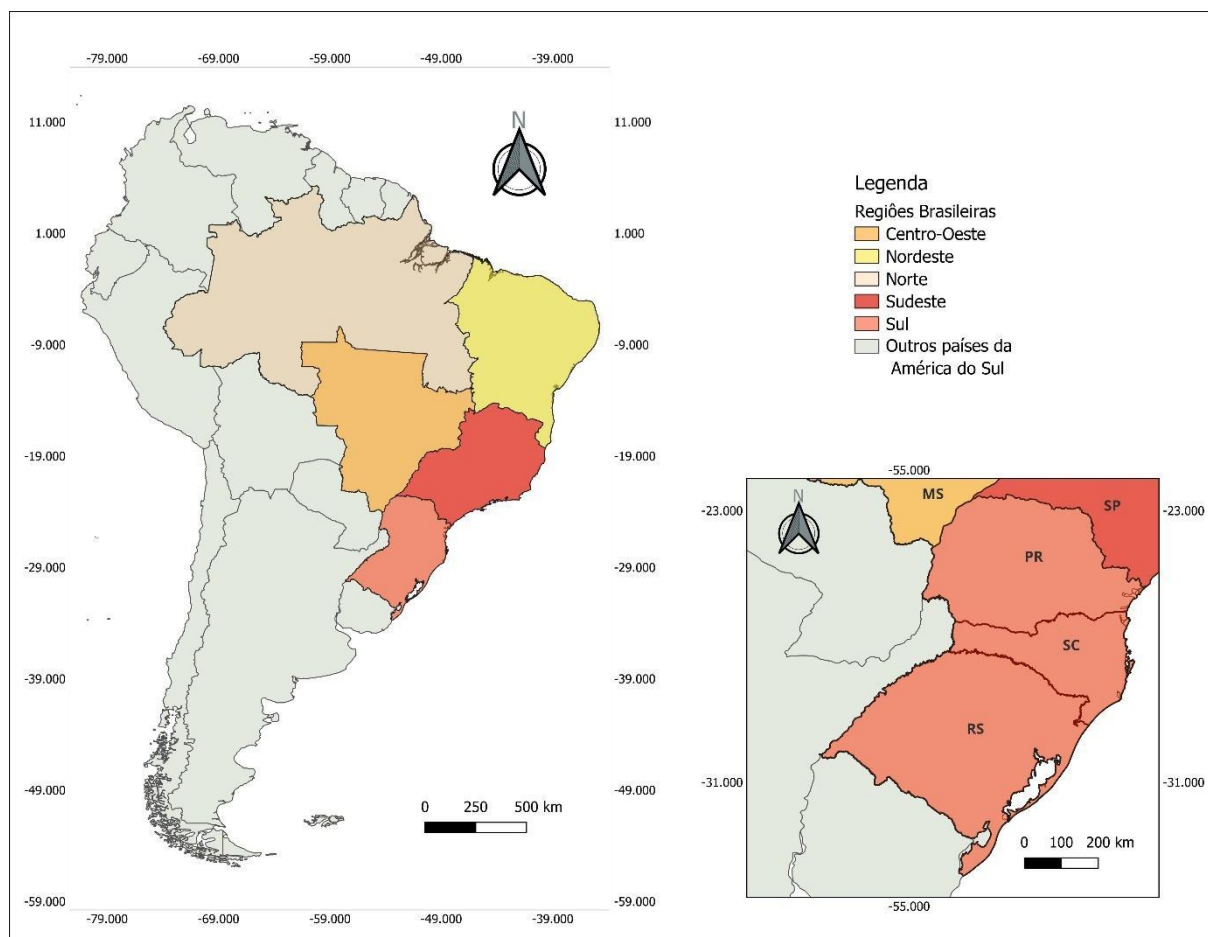
A área de estudo compreende a Região Sul do Brasil, composta pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com aproximadamente 564 mil km² de área territorial, correspondendo a cerca de 7% do território brasileiro (Figura 1). A população estimada dessa região é de 29.975.984 habitantes, com rendimento domiciliar *per capita* de, aproximadamente, 1.744,33 reais, densidade demográfica de 53,19 habitantes por km² e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio de 0,756 (IBGE, 2021).

Os conceitos de fronteira e faixa de fronteira foram definidos no Brasil por meio da Lei n° 6.634/1979, regulamentada posteriormente através do Decreto n° 85.064/1980. Esta legislação define a faixa de fronteira interna do Brasil com os países vizinhos como uma área de 150 km de largura, paralela à linha divisória terrestre do território nacional (IBGE, 2019).



A faixa territorial total da fronteira do Brasil com os países vizinhos é dividida em três arcos: Norte, Centro-Oeste e Sul. O Arco Sul é composto por 418 municípios e compreende os três estados da Região Sul. Apresenta fronteira com três países (Paraguai, Argentina e Uruguai), com um total de 3.694 km de extensão. Na faixa fronteiriça, o Paraná (PR) tem 139 municípios, Santa Catarina (SC) tem 82 e o Rio Grande do Sul (RS) tem 197. A população estimada dessa região é de 6,5 milhões de habitantes (3,1% da população total do Brasil e 60% da população fronteiriça). Dos 33 municípios gêmeos brasileiros, dezesseis estão localizadas nesse território, destacando-se Foz do Iguaçu (Brasil), Ciudad Del Este (Paraguai) e Puerto Iguazu (Argentina), que formam o maior arranjo fronteiriço e constituem a região de tríplice fronteira (PÊGO-FILHO et al., 2020). Para a análise deste estudo, os municípios pertencentes à linha de fronteira foram considerados como parte da faixa de fronteira.

Figura 1 – Localização dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Região Sul do Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores



Participantes e variáveis

A população deste estudo se configura nos casos de COVID-19 diagnosticados nos anos de 2020 e 2021, registrados nas Secretarias de Saúde dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e residentes nos municípios destes estados do Sul do Brasil.

As variáveis utilizadas neste estudo foram: ano de notificação (2020-2021), município de notificação, região de notificação e município de faixa de fronteira. Os indicadores municipais avaliados incluíram a incidência e o desfecho negativo (óbito). Foram consideradas variáveis dependentes as taxas de incidência e de mortalidade, e como variáveis independentes a situação de fronteira (dentro ou fora da faixa de fronteira) e os estados do Sul (PR, SC, RS).

Fonte de dados e mensuração

Os dados sobre a COVID-19 foram extraídos do sítio eletrônico das Secretarias de Saúde dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, abrangendo o período de 2020-2021. Os dados populacionais e municipais foram obtidos a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base nas informações do Censo 2010 e atualização de municípios de fronteira, versão 2019.

Para o cálculo da incidência, considerou-se o número de casos a serem analisados, dividido pela população total e multiplicado por cem mil. Para a taxa de mortalidade, considerou-se o número de óbitos por COVID-19 no município de residência, dividido pela população total e multiplicado por cem mil habitantes, conforme as seguintes fórmulas:

- Taxa de incidência = $(n.º \text{ de casos de residentes do município} / \text{População do município}) * 100.000$

- Mortalidade = $(n.º \text{ de óbitos por COVID-19 de residentes do município} / \text{População do município}) * 100.000$

A incidência e a mortalidade foram expressas em unidade por 100 mil.

Esses indicadores foram calculados para os municípios brasileiros de cada estado da Região Sul, independente de fazerem fronteira ou não com outros países, mediante utilização do *software* Excel da Microsoft 365®.

Métodos estatísticos

Os indicadores foram analisados estatisticamente no programa Jamovi 2.2.5. Foram calculados e analisados os seguintes parâmetros: média, mediana, desvio padrão, máxima, mínima, além dos testes de normalidade (Kormogorov Smirnov - KS) para todos os indicadores. Foram realizadas comparações das taxas destes municípios, considerando o estado e a pertença ou não à faixa de fronteira. Para auxiliar na análise das médias, realizou-se teste estatístico comparando as médias para as duas condições em relação à faixa de fronteira. Para tanto, aplicou-se o teste t de *Student* para indicadores que apresentassem ter distribuição normal e teste U de Mann-Whitney para indicadores que não demonstrassem ter distribuição normal no teste KS.



Para cada indicador analisado, um mapa temático (coroplético) foi gerado por meio do *software* QGIS versão 3.4. A técnica de análise espacial aplicada foi a dependência espacial pelo índice de associação espacial global (I Moran), e para a análise de associação local foi aplicado o G_i^* , ambas utilizando o *software* GeoDa 1.6.7.

O I de Moran é representado por um escore que varia entre -1 a 1, e indica se há aglomerados entre os municípios, sendo as taxas baixas e/ou altas, formando grupos de municípios de alta incidência próximos a municípios de alta incidência, ou de baixa incidência, próximos a outros. Ou seja, quanto mais próximo de -1 ou 1, indica associação (aglomerado espacial) com baixos valores e altos valores, respectivamente. Por outro lado, quanto mais próximo de zero, indica que não há associação espacial, sugerindo que as taxas estariam distribuídas no espaço estudado de forma aleatória, sem identificação de aglomerados (CÂMARA et al., 2004).

Após a análise da associação espacial, realizou-se o estudo da associação das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 (variável dependente) com aspectos municipais (estado e situação fronteiriça) como variável independente. Buscou-se construir um modelo de regressão linear múltipla (*Ordinary Least Squares Regression* - OLS) por meio do *software* Jamovi. Construíram-se modelos para cada taxa e para cada ano, os quais foram analisados quanto aos parâmetros estatísticos (valor do intercepto, dos β , respectivos valores de p , R^2 , R^2 ajustado).

Para todos os testes, o erro tipo I foi fixado a 5% ($p \leq 0,05$) como estatisticamente significativo.

Aspectos éticos

Devido ao fato de a coleta de dados ocorrer em base de dados pública, não foi necessário a apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos, conforme a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram registrados 1.418.834 casos novos de COVID-19 na Região Sul do Brasil em 2020 e 2.929.447 casos em 2021, totalizando 4.352.538 casos notificados em dois anos de pandemia. O estado do Rio Grande do Sul apresentou o maior número de casos em 2020; todavia, o estado do Paraná foi o que apresentou o maior número de casos em relação aos dois anos de pandemia, com um total de 1.591.762 casos registrados. Embora o estado de Santa Catarina seja o menos populoso da Região Sul, apresentou taxas de incidência maiores, quando comparadas aos outros estados, liderando a taxa bruta de incidência em todo o período (Tabela 1).

Tabela 1- Síntese dos indicadores de casos de COVID-19 nos estados do Sul do Brasil, 2020 e 2021



Indicadores	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
Casos de COVID-19, em 2020	413.507	482.938	524.018
Casos de COVID-19, em 2021	1.178.112	762.205	991.754
População estimada em 2020	11.513.036	7.275.555	11.403.724
População estimada em 2021	11.593.615	7.361.342	11.447.630
Nº de óbitos por COVID-19, em 2020	7.912	5.270	10.516
Nº de óbitos por COVID-19, em 2021	32.753	14.945	26.036
Taxa Bruta de incidência, em 2020*	3.591,64	6.637,82	4.595,15
Taxa Bruta de incidência, em 2021*	10.161,73	10.354,16	8.663,40
Taxa Bruta de incidência acumulada para todo o período*	13.753,37	16.991,98	13.258,55
Taxa de mortalidade 2020*	68,72	72,43	92,21
Taxa de mortalidade 2021*	282,42	203,02	227,44

*Taxa bruta de incidência e taxa de mortalidade por 100.000 habitantes

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 2, ao analisar as taxas municipais em relação aos dois anos de pandemia, observa-se que em todos os municípios dos três estados da região Sul, houve casos de COVID-19, entretanto, alguns municípios tiveram zero mortalidade, o que pode ser verificado ao constatar que a taxa mínima para a mortalidade foi zero.

No mesmo período, o estado de Santa Catarina liderou em relação à média das taxas de incidência dos municípios. Mas em 2020, embora o estado seja o menor e o menos populoso da Região Sul, teve um número significativo de casos. Enquanto isso, em 2020, o estado do Rio Grande do Sul obteve a maior taxa de mortalidade; esse cenário mudou em 2021, quando o Paraná obteve a maior média de casos da doença, assim como a maior taxa de mortalidade (Tabela 2).

Quanto à média da mortalidade, em 2020, o Rio Grande do Sul liderava, mas em 2021, o Paraná assumiu a primeira posição. Também é possível observar que todas as taxas tiveram *outliers*, que trazem interferência na média, portanto, deve-se observar também as medianas das taxas para análises mais robustas (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise das taxas de incidência e mortalidade, por 100 mil habitantes, de COVID-19 na Região Sul do Brasil, 2020 e 2021

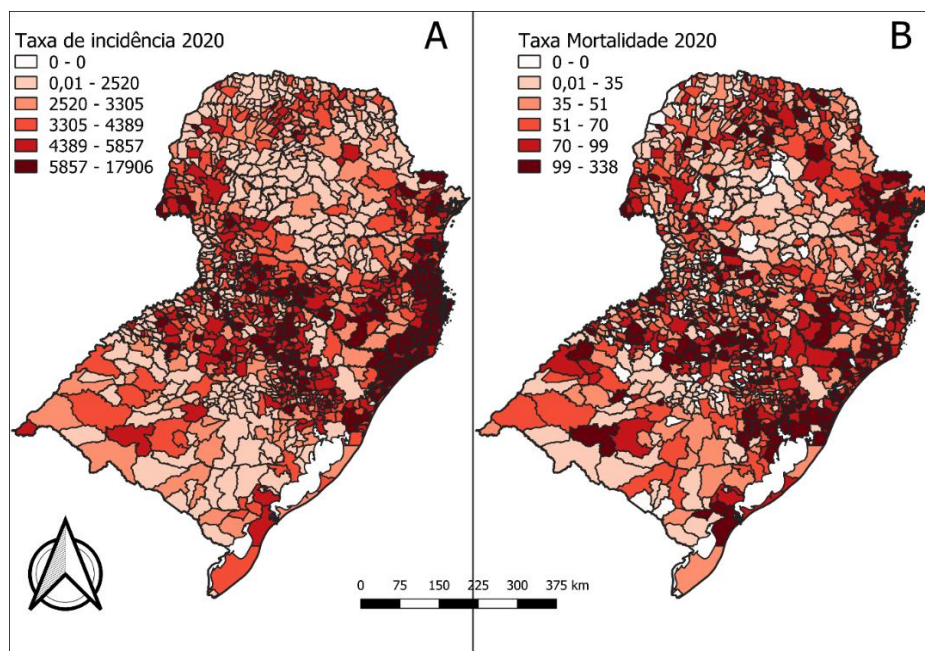


Parâmetros	Estados / Região	Taxa de Incidência 2020	Taxa de Mortalidade 2020	Taxa de Incidência 2021	Taxa de Mortalidade 2021
Média	PR	2790	49	10305	255
	RS	3749	64.5	8956	190
	SC	5381	59.7	9971	200
	Sul	3832	58.1	9659	214
Mediana	PR	2584	43	10365	249
	RS	3381	57.6	8696	178
	SC	5050	54.1	9797	187
	Sul	3306	50.8	9606	198
Desvio Padrão	PR	1591	36.2	2992	108
	RS	2129	50.8	3015	94.8
	SC	2757	41.8	3199	92.8
	Sul	2361	44.6	3112	103
Mínima	PR	276	0.00	315	27
	RS	139	0.00	987	0.00
	SC	330	0.00	1083	0.00
	Sul	139	0.00	315	000
Máxima	PR	17906	202	26101	770
	RS	17870	338	18086	635
	SC	13392	272	20536	705
	Sul	17906	33.8	26101	770

Fonte: Elaborados pelos autores

Em relação às taxas de incidência e mortalidade, todas as taxas apresentaram índice de aglomeração; no ano de 2020, as maiores taxas de incidência se concentraram na faixa litorânea (Figura 2). Em 2021, as maiores taxas migraram em alta para o interior dos estados (Figura 3).

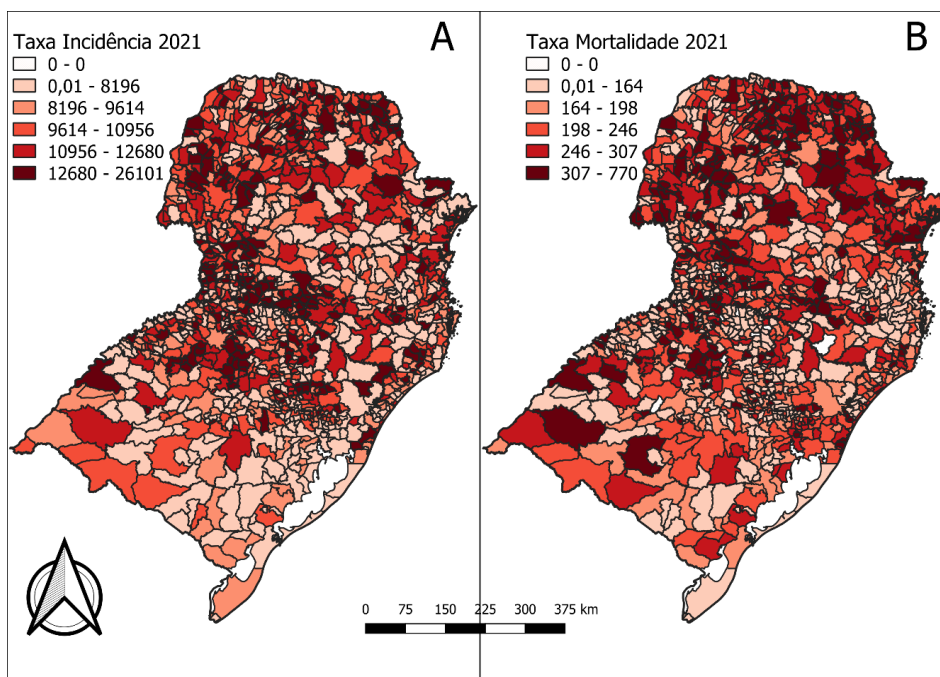
Figura 2 – Distribuição dos casos de COVID-19, segundo as taxas de incidência e mortalidade. Estado do Paraná (BR), Santa Catarina (BR), Rio Grande do Sul (BR) em 2020



Legenda: Unidade/100 mil habitantes

Fonte: Elaborados pelos autores

Figura 3 – Distribuição dos casos de COVID-19, segundo as taxas de incidência e mortalidade. Estado do Paraná (BR), Santa Catarina (BR), Rio Grande do Sul (BR) em 2021



Legenda: Unidade/100 mil habitantes

Fonte: Elaborados pelos autores

Quanto à região de fronteira, verifica-se um padrão de mudança entre 2020 e 2021. Dos 1.191 municípios nos três estados, 429 pertencem à faixa de fronteira, o que corresponde a 36% do total. Assim, 759 municípios não pertencem a região de faixa de fronteira. Ao analisar a



comparação das taxas por região e período, verificou-se que, em 2020, a média e a mediana ficaram maiores nos municípios que não são fronteiras, tanto para incidência quanto para mortalidade.

Já em 2021, os valores de mediana e média para mortalidade se igualaram para incidência e mortalidade entre os municípios de fronteira e os não fronteiriços, mas os municípios de fronteira apresentaram maior média e mediana para incidência (Tabela 3). Isso indica que, no primeiro ano, as maiores taxas estavam mais concentradas em municípios não fronteiriços, enquanto no segundo ano da pandemia essa situação se inverteu, com as maiores taxas de incidência registradas nas regiões de fronteira.

Tabela 3 – Análise das taxas municipais de COVID-19, segundo região de fronteira, Sul do Brasil, 2020 e 2021

Parâmetros	Faixa_front	TxC_20	TM_20	TxC_21	TM_21
Média	Não	4095	63	9570	211
	Sim	3346	49.2	9941	221
Mediana	Não	3556	55.9	9424	198
	Sim	3064	42.1	9866	198
Desvio Padrão	Não	2552	46	3526	96.5
	Sim	1867	40.5	3068	114

Legenda: TxC = Taxa de incidência COVID; TM = Taxa de mortalidade; Faixa_front = Municípios em relação à faixa de fronteira. Taxas calculadas por 100 mil

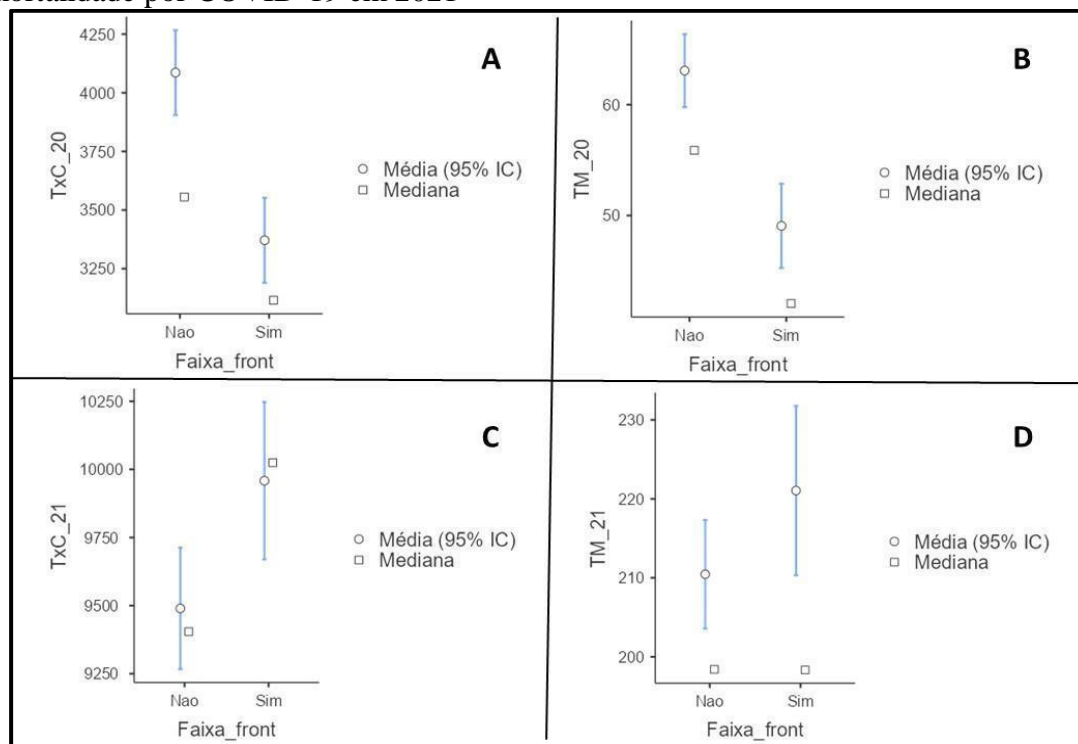
Fonte: Autores

Com a finalidade de melhorar a análise da comparação dos indicadores de incidência e mortalidade de COVID-19 no Sul do Brasil, foram realizados testes estatísticos e gráficos. A Tabela 4 demonstra os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov, apontando que, dentre os indicadores avaliados, apenas a incidência de COVID-19 em 2021 apresentou distribuição normal. E quanto à comparação das médias dos indicadores, apenas a mortalidade por COVID-19 em 2021 não obteve significância estatística na diferença apresentada. Essa análise demonstra que, no primeiro ano da pandemia, os dois indicadores foram mais elevados entre os municípios não pertencentes à faixa de fronteira, além de apresentarem significância para essa diferença (incidência: $p < 0,001$; mortalidade: $p < 0,001$). O cenário mudou em 2021, visto que a média dos indicadores dos municípios pertencentes à faixa de fronteira ultrapassou a média dos municípios fora da faixa. Em 2021, em relação à mortalidade por COVID-19, essa diferença não foi significativa, mas, em relação à taxa de incidência, a diferença foi significativa, o que corrobora com o entendimento de que existiu uma dinâmica diferente entre essas áreas e municípios relacionado ao processo de contágio. A Figura 4 reforça graficamente o que os testes indicaram na Tabela 4.

**Tabela 4** – Comparação de médias para incidência e mortalidade por COVID-19 no Sul do Brasil, considerando a condição de pertencer à faixa de fronteira, 2020 e 2021

Indicador avaliado	Médias (unidade/100.000 habitantes)		Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (valor de p)	Teste para comparação das médias (valor de p)	
	Faixa de fronteira	Fora da Faixa		t de Student	U de Mann-Whitney
Taxa de incidência 2020	3371	4086	0,0842 (< 0,001)	---	138970 (< 0,001)
Mortalidade 2020	49,1	63,1	0,0765 (< 0,001)	---	132366 (< 0,001)
Taxa de incidência 2021	9958	9490	0,0199 (0,735)	-2,50 (0,013)	147549 (0,007)
Mortalidade 2021	221	210	0,0619 (< 0,001)	---	158013 (0,399)

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 – Comparação de médias e medianas para os indicadores de incidência e mortalidade por COVID-19 nos municípios do Sul do Brasil, considerando a condição de pertencer à faixa de fronteira, 2020 e 2021: A) Taxa de incidência de COVID-19 em 2020; B) Taxa de mortalidade por COVID-19 em 2020; C) Taxa de incidência de COVID-19 em 2021; D) Taxa de mortalidade por COVID-19 em 2021

Fonte: Elaborada pelos autores

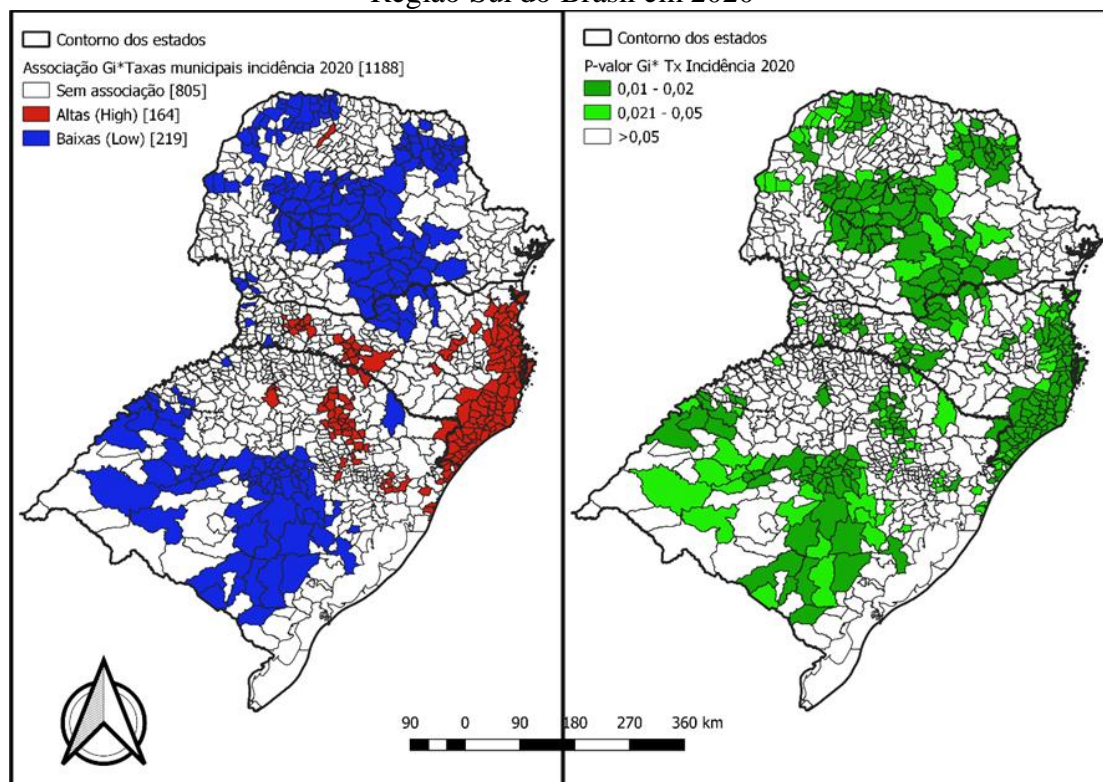


Quanto à análise espacial, usando o índice de associação espacial global (I Moran), as taxas de incidência e mortalidade em 2020 e 2021 na Região Sul do Brasil apresentaram associação espacial positiva. Para o ano de 2020, os valores de I Moran para as taxas de incidência e mortalidade foram 0,5132 e 0,2159, respectivamente. Já para o ano de 2021, foram 0,2270 para a taxa de incidência e 0,2302 para a taxa de mortalidade. Cabe destacar que todas as taxas avaliadas se apresentaram estatisticamente significantes ($p=0,001$). Portanto, ao longo do período, houve associação espacial entre as taxas das variáveis avaliadas.

As figuras 5 a 8 apresentam o detalhamento local da análise espacial do teste G_i^* . Nesta técnica de identificação da associação espacial, as áreas em azul representam municípios da Região Sul com baixa incidência e mortalidade próximos a outros também de baixa incidência e mortalidade, respectivamente, para COVID-19 em 2020-2021 (*Low-Low*). As áreas em vermelho, por sua vez, representam municípios com alta incidência e mortalidade próximos a outros com alta incidência e mortalidade (*High-High*). As áreas em branco representam os municípios que não apresentaram significância estatística em relação à associação espacial local. Os mapas com áreas em verde representam os valores de p .

Na Figura 5, os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul apresentaram predominantemente baixos índices de correlação local (*Low-Low*), destacados pela cor azul, diferente do observado em Santa Catarina. As regiões destacadas na cor vermelha (*High-High*) apresentam incidência alta, principalmente em faixa litorânea.

Figura 5 – Análise de associação espacial da taxa de incidência através do Teste G_i^* , na Região Sul do Brasil em 2020

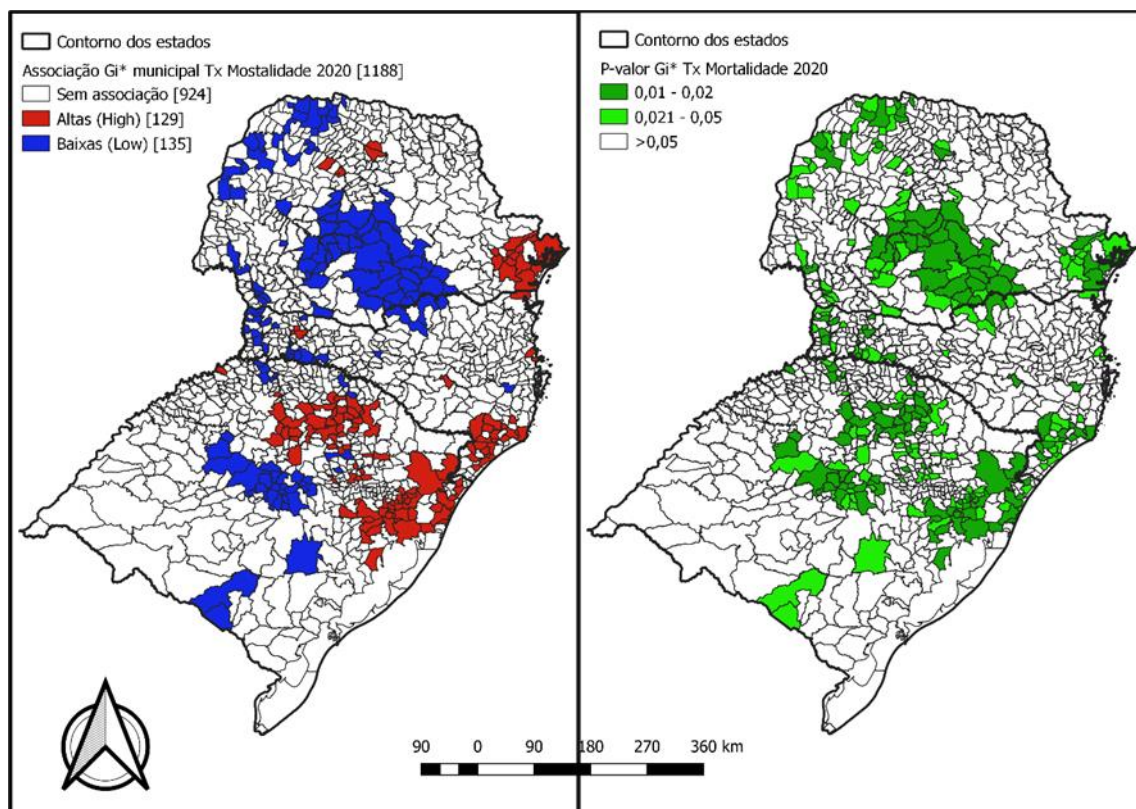


Fonte: Elaborado pelos autores



A Figura 6 apresenta a taxa de mortalidade no ano de 2020, indicando um maior número de regiões vermelhas (*High-High*) no estado do Rio Grande do Sul, com agrupamentos de municípios com valores altos de óbitos pela doença.

Figura 6 – Análise de associação espacial da taxa de mortalidade através do Teste GI*, na Região Sul do Brasil em 2020

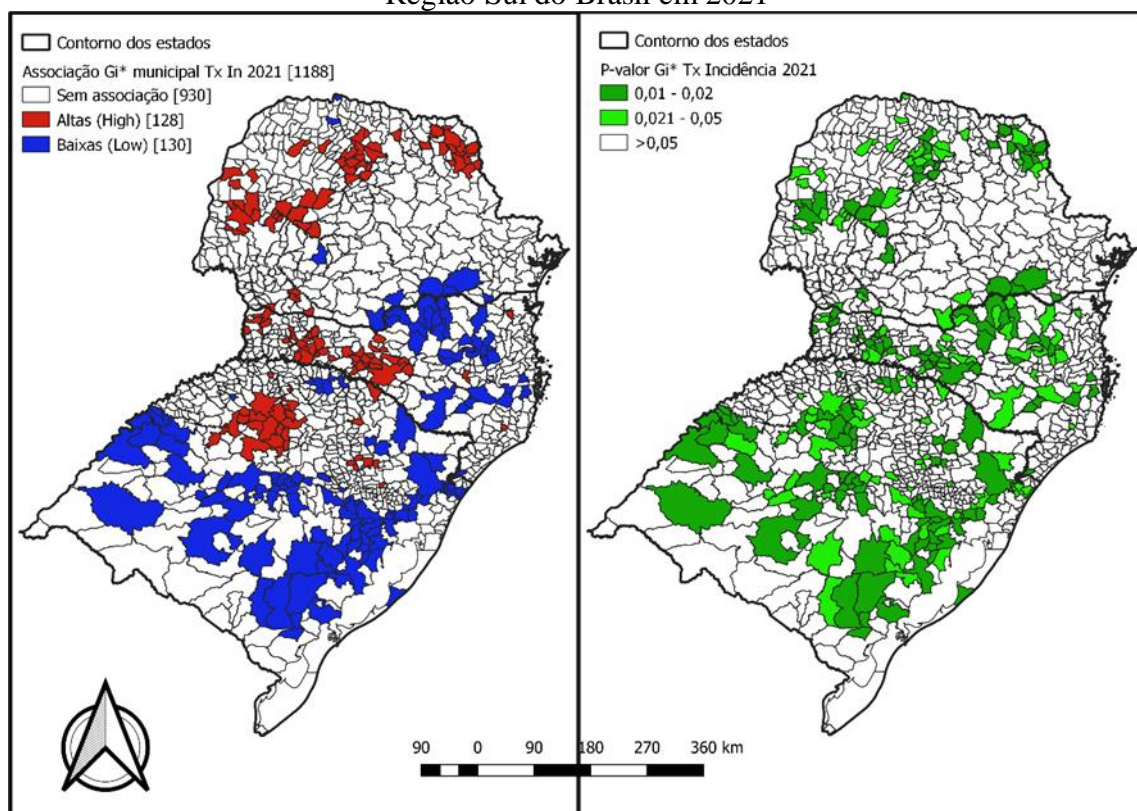


Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação ao ano de 2021, a Figura 7 indica a presença de municípios com taxas de incidência apresentando padrão *High-High* próximo à região de fronteira e no interior do estado. Além disso, observa-se um agrupamento bastante extenso com padrão *Low-Low* verificado em municípios do Rio Grande do Sul, ou seja, municípios com baixa incidência localizados próximos a outros municípios de baixa incidência.



Figura 7 – Análise de associação espacial da taxa de incidência através do Teste GI*, na Região Sul do Brasil em 2021

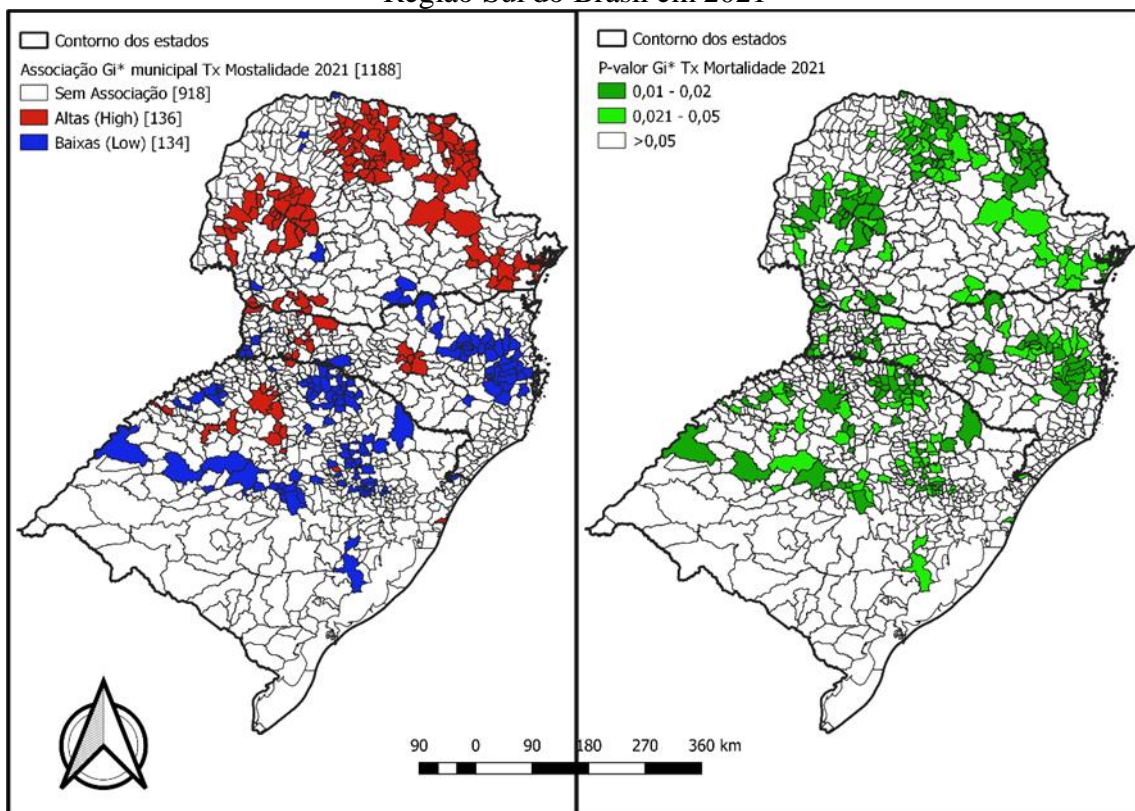


Fonte: Elaborado pelos autores

Contudo, em relação à taxa de mortalidade (Figura 8), o Paraná obteve um maior número de áreas em vermelho, indicando municípios com padrão *High-High* próximos a outros do mesmo padrão. Ainda que o número de pesquisas deste cunho seja escasso, essa associação merece atenção quando se trata de um evento epidemiológico da importância e características da COVID-19.



Figura 8 – Análise de associação espacial da taxa de mortalidade através do Teste GI*, na Região Sul do Brasil em 2021



Fonte: Elaborado pelos autores

Cabe destacar que essa movimentação da associação das altas taxas, verificadas nos mapas do GI*, demonstra que os clusters de altos valores migraram da região litorânea para o interior dos estados e, conseqüentemente, para a faixa de fronteira. Essa tendência também pode ser observada ao comparar as médias dos indicadores nos dois períodos distintos.

Em relação à construção dos modelos, foi aplicada a regressão múltipla linear para cada ano, tendo as taxas de incidência e de mortalidade dos anos 2020 e 2021 como variáveis dependentes, e o estado e a situação de fronteira como variáveis independentes. Como referências, para a variável estado, utilizou-se o Paraná; e para variável fronteira, a referência foi a situação de não ser fronteira. Essas escolhas justificam-se pelo fato de que o estado do Paraná e os municípios não fronteiriços terem, em 2020, os melhores índices.

Os resultados dos modelos estão apresentados na Tabela 5. Ao analisar os modelos, verifica-se que a combinação das variáveis independentes responde de 4,3% (incidência em 2021) a 19,5% (incidência 2020) dos valores das taxas analisadas. Todos os modelos foram estatisticamente significativos, assim como a maioria dos coeficientes. Mesmo nos casos em que alguns coeficientes foram considerados inadequados, o modelo permaneceu equilibrado, respondendo ao fator analisado. Isso foi observado nos indicadores de 2021.



Em relação à taxa de incidência de COVID-19 em 2020, os dados demonstram que, apenas pelo fato de o município ser do RS, havia um acréscimo de 1.027 casos/100.000 habitantes em relação a municípios do estado do Paraná, e sendo acrescido 2.625 casos/100.000 habitantes nos municípios de SC, quando comparados com o Paraná (PR). O acréscimo, em proporção diferenciada, também ocorreu em relação à taxa de mortalidade no mesmo ano. Já em 2021, as taxas municipais do estado do PR aumentaram sobremaneira, a ponto de ocorrer a inversão dos coeficientes, havendo decréscimo dos valores para os municípios dos outros estados (RS ou SC) quando comparados ao PR.

Em relação a pertencer à faixa de fronteira, em 2020, a associação com a taxa de incidência indicava que ser município fronteiriço significava ter redução de -597 casos/100.000 nesse indicador. O mesmo ocorreu com a taxa de mortalidade no mesmo ano. Já em 2021, ocorreu o contrário, sendo acrescido 558 casos/100.000 habitantes e 11,7 óbitos/100.000 habitantes para cada município, apenas pelo fato de pertencerem à faixa de fronteira.

Tabela 5 – Detalhamento dos modelos para cada taxa analisada, COVID-19 no Sul do Brasil, 2020 e 2021

Modelo para Taxa de Incidência de COVID-19 em 2020			
Preditores	Estimativa	Valor de p	Parâmetros dos modelos
Intercepto	2967	<0,001	R = 0,444;
Estados			R ² = 0,197;
RS – PR	1027	<0,001	R ² ajustado = 0,195;
SC – PR	2625	<0,001	valor p= <0,001
Faixa_front:			AIC = 21574
Sim – Não	-597	<0,001	Resíduos sem distribuição normal

Modelo para Taxa de Mortalidade por COVID-19 em 2020			
Preditores	Estimativa	Valor de p	Parâmetros dos modelos
Intercepto	54,02	< 0,001	R = 0,219
Estados			R ² = 0,048;
RS – PR	16,37	< 0,001	R ² ajustado = 0,045;
SC – PR	9,81	0,004	valor p= <0,001
Faixa_front:			AIC =12346
Sim – Não	-14,56	< 0,001	Resíduos sem distribuição normal

Modelo para Taxa de Incidência de COVID-19 em 2021			
Preditores	Estimativa	Valor de p	Parâmetros dos modelos
Intercepto	10096	< 0,001	R = 0,214
Estados			R ² = 0,046;
RS – PR	-1369	< 0,001	R ² ajustado = 0,043
SC – PR	-268	0,202	valor p= <0,001
Faixa_front:			AIC = 22434
Sim – Não	558	0,003	Resíduos com distribuição normal



Modelo para Taxa de Mortalidade por COVID-19 em 2021			
Preditores	Estimativa	Valor de p	Parâmetros dos modelos
Intercepto	250,6	< 0,001	R = 0,287
Estados			R ² = 0,083;
RS – PR	-65,2	< 0,001	R ² ajustado = 0,080
SC – PR	-53,3	< 0,001	valor p= <0,001
Faixa_front:			AIC = 14292
Sim – Não	11,7	0,050	Resíduos sem distribuição normal

Fonte: Elaborado pelos autores

Como não foram testados outros modelos para cada taxa, não podemos comparar ou escolher um melhor modelo. Contudo, esse resultado mostra o quanto as variáveis estado e fronteira pesaram sobre a infecção e a mortalidade da COVID-19 nos anos de 2020 e 2021 no Sul do Brasil.

Wang et al. (2021) e Barbosa et al. (2022) estudaram a variação-temporal da COVID-19 em Portugal e na China, investigando os fatores que contribuíram para a transmissão do vírus. O objetivo foi tornar significativa a reformulação de medidas públicas para conter a propagação da doença e promover a recuperação produtiva. Barbosa et al. (2022) afirmam que a mobilidade humana, as condições climáticas e a estrutura socioeconômica demográfica justificariam o impacto da COVID-19.

Nagamine et al. (2020) relatam que, no primeiro ano da pandemia (2020), ocorreu um grande número de casos na região litorânea do Brasil e que, dentre as peculiaridades dessa região, destacam-se a concentração, o adensamento, a multiplicidade e a multidirecionalidade de fluxos, com muitas pessoas (vetores) em movimento, além de situar infraestruturas de conectividade internas e externas ao país, como aeroportos de categoria internacional, portos organizados e uma densa rede de rodovias federais e estaduais, que foram pontos de entrada para a proliferação da doença.

Por outro lado, no ano seguinte, observou-se uma mudança na taxa de incidência, com maior concentração de casos no interior dos estados. Esse fato pode ser explicado devido ao fluxo intenso de pessoas em metrópoles, grande número de habitantes em áreas rurais e sua estrutura produtiva ligada às agroindustriais e frigoríficos, favorecendo a transmissão. Além disso, somaram-se a esses casos outras atividades profissionais de mais difícil precisão, realizadas em locais variados, bem como a contaminação intradomiciliar por parentes e a exposição de profissionais de saúde que atuavam no tratamento dos doentes, os quais por muitas vezes se deslocavam de regiões mais distantes para acompanhamento do paciente (NASCIMENTO; TOMBINI; RIPPLINGER, 2020).

No presente estudo, entre os três estados analisados, Santa Catarina teve um destaque, principalmente no ano de 2020, sendo o estado com menor número de população, mas que liderou a taxa bruta de contágio no período. Dentre os fatores associados ao pico de contágio, podem-se citar o frio catarinense, a relutância por parte da população em seguir os protocolos de distanciamento e a liberação precoce do transporte intermunicipal (MERÊNCIO, MONTEIRO, VIEIRA, 2021).



Em 2021, houve um aumento significativo nos casos de COVID-19 nos três estados, momento em que todas as taxas de incidência dispararam. Cabe destacar que, em janeiro de 2021, iniciou-se o processo de vacinação na população brasileira. Todavia, devido à quantidade de vacina não ser suficiente ao tamanho da população, a vacinação ocorreu gradualmente, conforme a idade e os grupos prioritários (SENHORAS, 2021). Além disso, houve a reabertura das fronteiras internacionais (G1, 2021), enquanto as empresas de transporte aéreo implementaram melhorias nos serviços para impulsionar as viagens (ROJAS, 2021). Nesse mesmo período, uma nova variante do SARS-CoV-2 emergiu (BUTANTAN, 2021), e houve atrasos por parte do governo na aquisição e distribuição das vacinas contra a COVID-19 (PEREIRA, 2021). Salienta-se ainda que o isolamento social, mantido por meses em 2020, além de outras medidas, foi relaxado pelos governantes e por parte da população. Esses são alguns dos fatores que contribuíram para o aumento das taxas de incidência e mortalidade da COVID-19 em 2021.

Sendo assim, sabendo da alta taxa de transmissão por via respiratória, o presente estudo demonstra a proporção da doença em todas as regiões, principalmente na região de fronteira. Esta caracterizada pelo grande fluxo de pessoas decorrente de várias relações, como as de natureza econômica, social e de saúde (SILVA-SOBRINHO et al., 2021).

É importante lembrar que regiões de fronteira se associam com a ideia de ligação entre territórios e, para compreendê-las, devemos considerar todo o conjunto territorial de ambos os países. Consequentemente, trata-se de outra territorialidade, indo além das visões dos sujeitos – neste caso, brasileiros, paraguaios e argentinos – com identidades diferenciadas e também dos riscos relacionados a esse convívio constante entre os países, pois há um aumento de contaminação devido à migração (OLIVEIRA et al., 2019).

A autocorrelação espacial da COVID-19 no Sul do Brasil, através da análise global de Moran (I), revelou que houve uma autocorrelação espacial positiva na região para todas as taxas e períodos avaliados ($p=0,001$), o que confirma a dependência espacial dos eventos estudados, significando que não ocorrem aleatoriamente no espaço e no tempo.

A estatística I da Global Moran revela que a distribuição das infecções por COVID-19 não foi aleatória na maioria dos períodos estudados e o agrupamento espacial foi detectado. Essa realidade também foi verificada em Helsinque, na Finlândia (SILJANDER et al., 2022).

Entre as limitações do estudo, destaca-se a utilização de dados secundários para a análise por meio do estudo ecológico, e os resultados devem ser interpretados de maneira a se evitar a falácia ecológica. Além disso, deve-se considerar também a demora na notificação dos casos e óbitos no portal do DATASUS. Por este motivo, recorreu-se aos registros de dados diretamente nas Secretarias de Saúde de cada estado do Sul do país. Ademais, ressalta-se a utilização dos dados populacionais a partir das estimativas municipais do Censo de 2010, pois devido à pandemia, o governo federal não pôde realizar o Censo em 2020.

Não obstante, os resultados do presente estudo, obtidos através das técnicas de análise espacial, demonstram a aplicabilidade dessas técnicas para o mapeamento e monitoramento de agravos à saúde, com o intuito de fornecer informações para os gestores, que auxiliam no enfrentamento da pandemia, bem como contribuir para o planejamento de ações que visem à redução da cadeia de transmissão e contaminação do vírus da COVID-19.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o estudo apontou que, no período analisado, a epidemia da COVID-19 na região Sul do Brasil apresentou alta endemicidade, transmissão ativa, com aglomeração de altas taxas, inicialmente em áreas litorâneas e posteriormente, no interior, seguindo para a fronteira do país. Os fatores que contribuíram para essas altas taxas estão possivelmente relacionados à resistência da população em adotar medidas de proteção, bem como à má gestão de recursos por parte das autoridades públicas e governamentais no combate à doença. Esses fatores, juntamente com a presença de municípios em região de fronteira internacional, aumentaram a relevância da COVID-19 como um problema de saúde pública no Brasil.

O estudo evidenciou a importância da análise espacial como uma ferramenta indispensável para a compreensão da dinâmica de contágio e controle da COVID-19, especialmente em contextos de fronteira, onde as interações transfronteiriças intensas e a mobilidade populacional geram desafios adicionais para o controle epidemiológico. A identificação de clusters espaciais de alta incidência permitiu destacar áreas prioritárias para intervenção e planejamento de políticas públicas de saúde, com foco na redução das desigualdades de acesso à saúde e na prevenção de surtos futuros.

As descobertas também apontam para a necessidade de atenção diferenciada às regiões de fronteira, considerando suas especificidades geográficas e a alta circulação de pessoas entre os municípios e os países vizinhos. Este fator foi determinante para a interiorização do vírus e a formação de clusters nas áreas limítrofes. A atuação das autoridades sanitárias nas regiões de fronteira requer estratégias de cooperação internacional e integração das políticas de vigilância epidemiológica.

Ademais, apontamos que, para o enfrentamento de crises sanitárias futuras, é fundamental a adoção de políticas públicas proativas e integradas, que levem em consideração as diferenças regionais e as especificidades das áreas de fronteira. O aprimoramento de sistemas de vigilância epidemiológica, o fortalecimento das medidas de contenção e a integração de sistemas de saúde regionais podem mitigar o impacto de futuras pandemias. Nesse sentido, as ferramentas de geoprocessamento e análise espacial se apresentam como fundamentais para a identificação precoce de áreas de risco, contribuindo para a tomada de decisões mais eficazes e ágeis.

Destaca-se, ainda, a necessidade de futuros estudos que investiguem o impacto das medidas de controle implementadas nas regiões de fronteira, assim como o papel das variantes virais na dinâmica espacial de disseminação do vírus. Essa abordagem permitirá a proposição de novas estratégias de enfrentamento e mitigação dos efeitos de pandemias, especialmente em áreas de alta mobilidade e interação internacional.

Por fim, o presente estudo reforça a importância de uma perspectiva geográfica para a compreensão das dinâmicas espaciais de doenças infecciosas, especialmente em áreas de fronteira, onde as interações humanas são intensas e complexas. A análise dos padrões de



incidência e mortalidade da COVID-19 no Sul do Brasil oferece subsídios para o fortalecimento das políticas de controle epidemiológico, contribuindo para a formulação de ações mais eficazes e equitativas no enfrentamento de futuras emergências de saúde pública.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pela bolsa concedida para a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, B.; SILVA, M.; CAPINHA, C.; GARCIA, R. A. C.; ROCHA, J. Spatial correlates of COVID-19 first wave across continental Portugal. *Geospatial Health*, Itália, v. 17, Supl. 1, 2022.
- BUTANTAN, Instituto. Retrospectiva 2021: segundo ano da pandemia é marcado pelo avanço da vacinação contra COVID-19 no Brasil. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://butantan.gov.br/noticias/retrospectiva-2021-segundo-ano-da-pandemia-e-marcado-pelo-avanco-da-vacinacao-contra-covid-19-no-brasil>.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: Druck, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, EMBRAPA, 2004.
- CARDOSO, P. V.; SEABRA, V. S.; BASTOS, I. B.; COSTA, E. C. P. A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de COVID-19. *Rev. Tamoios*, São Gonçalo, v. 16, n. 1, p. 125-137, 2020.
- FERREIRA, S. C. Sobre a eficiência de barreiras sanitárias restritivas para conter o avanço da COVID-19: uma modelagem matemática simples. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cbpf/pt-br/inct-sc/artigos-e-seminarios-sobre-a-covid-19-feitos-por-pesquisadores-do-inct-sc/sobre-a-eficiencia-de-barreiras-sanitarias-restritivas.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.
- G1. Portal de Notícias Globo. Foz do Iguaçu comemora reabertura da Fronteira com a Argentina. **G1**, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/especial-publicitario/taroba-hotel/noticia/2021/10/21/foz-do-iguacu-comemora-reabertura-da-fronteira-com-a-argentina.ghtml>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE divulga a relação dos municípios na faixa de fronteira. Agência IBGE notícias. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/24071-ibge-divulga-a-relacao-dos-municipios-na-faixa-de-fronteira>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- LANA, R. M.; COELHO, F. C.; GOMES, M. F. C.; CRUZ, O. G.; BASTOS, L. S. et al. Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, e00019620, 2020.
- LEANDRO, G. D. P.; LUZ, L. D. P.; ARENHART, C. G. M.; ISUKA, A. D. L.; DONDAN, R. V. et al. Intervenções não farmacológicas como medidas de enfrentamento à pandemia de COVID-19 em municípios de fronteira. *R. Saúde Públ. Paraná*, Curitiba, v. 3, Supl. 1, 2020.
- MAGALHÃES, L. P. M., RONCONI, L., ASSIS, G. O. A gestão pública da COVID-19 nas fronteiras brasileiras. O caso do município de Foz do Iguaçu. *Simbiótica*, Vitória, v. 8, n. 2, p. 67-91, 2021.
- MERÊNCIO, I., MONTEIRO, G. M., VIEIRA, C. A. O. Aglomerados ativos de COVID-19 em Santa Catarina, Brasil, e tendência de mobilidade dos locais de trabalho. *Cad. Saúde Pública*, v. 37, n. 6, 2021.
- MURILLO, R. S. G., OSPINA, L. L. L., RODRÍGUEZ, A. D. P. T. Epidemiological profile of COVID-19 in the countries of Continental Central America: retrospective analysis of the first half of 2020. *InterAm J Med Health*, Campinas, v. 3, e202003063, 2020.
- NAGAMINE, L.; FERREIRA, G.; KRÜGER, C.; MOURA, R. Disseminação da covid-19 nas faixas de fronteiras terrestre e litorânea do Brasil. *Revista Tempo do Mundo*, Brasília, n. 23, p. 203-234, ago. 2020.
- NASCIMENTO, E., TOMBINI, L. H. T., RIPPLINGER, F. Espacialização da COVID-19 no Sul do Brasil: a interiorização da doença e o caso da Mesorregião Grande Fronteira do MERCOSUL. *Finisterra*, Portugal, v. 55, n. 115, p. 27-35, 2020.
- NOGUEIRA, V. M. R.; DA-CUNHA, F. R. La pandemia del COVID-19 en regiones transfronterizas: primeras aproximaciones. *Revista MERCOSUR de Políticas Sociales*, Paraguai, v. 4, p. 14-28, 2020.



- OLIVEIRA, K. S., ARCOVERDE, M. A. M., DESCHUTTER, J. H., SILVA, A. J., ZILLY, A., SILVA-SOBRINHO, R. A. Hanseníase em países fronteiriços na América do Sul: um estudo ecológico. *Cogitare enferm.*, Curitiba, v. 24, e64917, 2019.
- PÊGO-FILHO, B.; MOURA, R.; NUNES, M.; KRUGUER, C.; MOREIRA, P. G. et al. Pandemia e Fronteiras Brasileiras: análise da evolução da COVID-19 e proposições. IPEA: Nota Técnica, n. 16, maio, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10039>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- PEREIRA, M. S. A responsabilidade civil do Estado pelo atraso na compra de vacinas contra COVID-19. 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, Brasília, 2021. Disponível em: <http://191.232.186.80/handle/123456789/3447>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- ROJAS, P. F. Impactos do COVID-19 nas principais companhias aéreas brasileiras. 2021. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/13560/1/Paulo%20Ferreira%20Rojas%20v3%20Tcc%20Unisul.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.
- SANTOS, A. O.; LOPES, L. T. (org.). Planejamento e gestão. Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Saúde, 2021. v. 2.
- SENHORAS, E. M. O campo de poder das vacinas na pandemia da COVID-19. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, Boa Vista, v. 6, n. 18, p. 110-21, 2021.
- SILJANDER, M.; UUSITALO, R.; PELLIKKA, P.; ISOSOMPPPI, S.; VAPALAHTI, O. Spatiotemporal clustering patterns and sociodemographic determinants of COVID-19 (SARS-CoV-2) infections in Helsinki, Finland. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, Flórida, v. 41, 100493, 2022.
- SILVA, D. F., OLIVEIRA, M. L. C. Epidemiologia da COVID-19: comparação entre boletins epidemiológicos. *Comun. Ciênc. Saúde*, Brasília, v. 31, Suppl 1, p. 61-74, 2020.
- SILVA-SOBRINHO, R. A., ZILLY, A., SILVA, R. M. M., ARCOVERDE, M. A. M., DESCHUTTER, E. J., PALHA, P. F., BERNARDI, A. S. Enfrentamento da COVID-19 em região de fronteira internacional: saúde e economia. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 29, e3398, 2021.
- WANG, Q.; DONG, W.; YANG, K.; REN, R.; HUANG, D. et al. Temporal and spatial analysis of COVID-19 transmission in China and its influencing factors. *International Journal of Infectious Diseases*, Amsterdam, v. 105, p. 675-685, 2021.

COMO CITAR ESTE TRABALHO

MANGOLD, Ariane Larissa Silva; ASSIS, Ivaneliza Simionato de; FERREIRA, Helder; NIHEI, Oscar Kenji; RISSATO, Denise; ARCÊNCIO, Ricardo Alexandre; SILVA-SOBRINHO, Reinaldo Antonio; STEINMET, Lígia Angélica Radis; ARCOVERDE, Marcos Augusto Moraes. Análise espacial da COVID-19 no sul do Brasil, 2020-2021: um estudo ecológico. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, v. 21, n. 1, p. 370-390, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/tamoios.2025.77292>. Acesso em: DD MMM. AAAA.