

## Distribuição da COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal: uma análise espacial

Distribution of COVID-19 cases and health resources in Brazil's Amazon region: a spatial analysis

Adriana Arruda Barbosa Rezende (<https://orcid.org/0000-0003-3642-3024>)<sup>1</sup>  
 Reijane Pinheiro da Silva (<https://orcid.org/0000-0002-0636-9795>)<sup>1</sup>  
 Nathália Lima Pedrosa (<https://orcid.org/0000-0002-5945-7297>)<sup>2</sup>  
 Rodolfo Alves da Luz (<https://orcid.org/0000-0002-6608-4898>)<sup>1</sup>  
 Adriano Nascimento da Paixão (<https://orcid.org/0000-0002-2717-3716>)<sup>1</sup>  
 Waldecy Rodrigues (<https://orcid.org/0000-0002-5584-6586>)<sup>1</sup>  
 Mônica Aparecida da Rocha Silva (<https://orcid.org/0000-0002-3323-7712>)<sup>1</sup>  
 Augusto de Rezende Campos (<https://orcid.org/0000-0003-4530-2945>)<sup>3</sup>

**Abstract** *Spatial analysis can help measure the spatial accessibility of health services with a view to improving the allocation of health care resources. The objective of this study was to analyze the spatial distribution of COVID-19 detection rates and health care resources in Brazil's Amazon region. We conducted an ecological study using data on COVID-19 cases and the availability of health care resources in 772 municipalities during two waves of the pandemic. Local and global Bayesian estimation were used to construct choropleth maps. Moran's I was calculated to detect the presence of spatial dependence and Moran maps were used to identify disease clusters. In both periods, Moran's I values indicate the presence of positive spatial autocorrelation in distributions and spatial dependence between municipalities, with only a slight difference between the two estimators. The findings also reveal that case rates were highest in the states of Amapá, Amazonas, and Roraima. The data suggest that health care resources were inefficiently allocated, with higher concentrations of ventilators and ICU beds being found in state capitals.*

**Key words** COVID-19, Spatial analysis, Ecological studies, Mechanical ventilators, Intensive care units

**Resumo** *O método de análise espacial permite mensurar a acessibilidade espacial dos serviços de saúde para alocação dos recursos de forma eficiente e eficaz. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar a distribuição espacial das taxas de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal. Estudo ecológico realizado com casos de COVID-19 e os recursos de saúde nos 772 municípios em dois picos da pandemia. Utilizou-se o método bayesiano global e local para elaboração de mapas coropléticos, com cálculo do índice de Moran para análise da dependência espacial e utilização do Moran map para identificação dos clusters da doença. Os índices de Moran calculados para os dois períodos demonstraram autocorrelação espacial positiva dessa distribuição e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos, sem muita diferença entre os dois estimadores. Evidenciaram-se maiores taxas da doença nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Em relação aos recursos de saúde, observou-se alocação de forma ineficiente, com maior concentração nas capitais.*

**Palavras-chave** COVID-19, Análise espacial, Estudos ecológicos, Ventiladores mecânicos, Unidades de terapia intensiva

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins. 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14, Plano Diretor Norte. 77001-090. Palmas TO Brasil. [drikas.arruda@gmail.com](mailto:drikas.arruda@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade de Brasília. Brasília DF Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Tocantins. Palmas TO Brasil.

## Introdução

O Brasil é o único país do mundo que possui um sistema de saúde universal, integral e gratuito para uma população superior a 100 milhões de habitantes<sup>1</sup>. Este sistema, que contribuiu por décadas para reduzir as desigualdades no acesso aos cuidados de saúde, foi sobrecarregado na pandemia em função de o Brasil ser um dos países mais atingidos pela COVID-19, levando a América Latina a ser declarada o epicentro da pandemia em maio e junho de 2020<sup>2</sup>.

Apesar da extensa rede da atenção primária, o Brasil enfrentou o maior colapso sanitário e hospitalar da história do país. As taxas de ocupação de leitos de unidade de terapia intensiva (UTI) de COVID-19 para adultos no Sistema Único de Saúde (SUS) em março de 2021 chegaram a números iguais ou superiores a 80% em 24 estados e no Distrito Federal, sendo 15 deles com taxas iguais ou superiores a 90%<sup>3</sup>.

De 17% a 35% dos pacientes hospitalizados com COVID-19 necessitam de uma UTI quando não vacinados, mais comumente devido à insuficiência respiratória hipoxêmica. Além do mais, de 29% a 91% das pessoas acometidas requerem suporte ventilatório invasivo<sup>4-6</sup>.

O vírus SARS-CoV-2 é altamente transmissível e com a maioria dos indivíduos suscetíveis a infecção<sup>7</sup>. A propagação desse vírus é um processo complexo, que envolve dados demográficos, mobilidade populacional e meio ambiente, com padrão de transmissibilidade muito heterogêneo nos diferentes países ou regiões e variabilidade ao longo do tempo<sup>5</sup>.

A Amazônia Legal, localizada ao norte do Brasil, possui baixa densidade populacional. Contudo, foi marcada pela alta concentração de casos da COVID-19<sup>8</sup>. É considerada uma região com cenário socioambiental heterogêneo e multifacetado, com presença de centros urbanos populosos em contraponto a cidades relativamente isoladas e populações tradicionais diversificadas que residem em áreas rurais remotas, como indígenas, comunidades ribeirinhas, pescadores e quilombolas, às vezes em territórios até inexpugnáveis. Além disso, caracteriza-se pela disparidade dos indicadores sociais, econômicos e sanitários, somados ao crescimento demográfico e econômico acelerado, com alta concentração de renda e condições de vida amplamente desfavoráveis para a maior parte da população<sup>9</sup>.

Nela ainda se localiza a cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, que foi surpreendida com o aumento repentino do número de ca-

sos e de mortes em abril de 2020<sup>10</sup>, ocasionando pressão sobre os serviços de saúde. Além disso, e especificamente na saúde, as barreiras geográficas da região da Amazônia Legal são utilizadas para justificar as dificuldades para prover ações interiorizadas e o acesso à saúde nos três níveis de complexidade<sup>11</sup>.

Dessa forma, mapear o padrão de distribuição da doença e dos recursos físicos da saúde possibilita compreender a atual dinâmica do acesso à assistência, com identificação de áreas de maior vulnerabilidade à pandemia. Essa compreensão pode oferecer suporte à implementação de medidas de controle da propagação do vírus, à prevenção de surtos locais e ao planejamento para alocação de recursos, favorecendo a acessibilidade de suporte intensivo a pacientes graves. Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial das taxas de detecção de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal.

## Material e método

Trata-se de um estudo ecológico com análise exploratória dos dados referentes à distribuição das taxas de detecção de COVID-19 e dos recursos de saúde (UTI-COVID-19 e ventiladores respiratórios) na Amazônia Legal.

O cenário analisado foi a Amazônia Legal, tendo como unidade de análise o município. Essa região é formada pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão, totalizando 772 municípios. Possui área aproximada de 5.015.067,75 km<sup>2</sup> (58,9% do território brasileiro) e baixa densidade populacional na maior parte do território<sup>12</sup>.

Foram utilizados dados de casos detectados de COVID-19 no período de 25 de fevereiro de 2020 (data do registro do primeiro caso) até 31 de março de 2021, sendo considerados os casos acumulados até julho de 2020 e até março de 2021. Tais períodos se justificam por terem ocorrido dois picos da pandemia no Brasil, conforme visualizado no gráfico de casos por semana epidemiológica no *site* da Organização Mundial de Saúde (OMS)<sup>13</sup>.

Os dados referentes aos casos de COVID-19 por município de residência foram extraídos do Painel Coronavírus do Ministério da Saúde no dia 10 de abril de 2021<sup>14</sup>. Ressalta-se que os dados são atualizados ou corrigidos constantemente, inclusive sobre o município de notificação nem

sempre ser o mesmo onde a pessoa notificada reside, havendo retificação após a conclusão do processo de investigação. Ao todo foram registrados 1.860.217 casos, sendo 559.349 até o primeiro pico da pandemia (julho de 2020).

Para o cálculo das taxas de detecção de casos por município, utilizou-se dados sobre a população residente por município correspondente às estimativas do IBGE para o ano de 2020<sup>15</sup>.

A partir dos dados coletados, foram calculadas as taxas brutas de detecção acumulada de casos por município (número de casos dividido pela população total, multiplicado por 100.000), bem como as taxas suavizadas pelo estimador bayesiano global, que calcula a média ponderada entre a taxa local e a de toda região e o estimador bayesiano local, que considera os efeitos espaciais das estimativas locais de municípios vizinhos geográficos<sup>16</sup>.

Esses estimadores reduzem a flutuação aleatória das taxas e podem indicar as áreas de prioridade para ações sanitárias (onde as taxas se destacam mesmo após a suavização), e no caso do estimador bayesiano local, pode gerar estimativas que levam em consideração o comportamento das áreas vizinhas. Com relação ao estimador bayesiano local, foi considerada a vizinhança de 1ª ordem, ou seja, apenas os vizinhos imediatos. A criação dos mapas coropléticos se deu para visualização da distribuição das taxas, com graduação dos valores por quebras naturais.

Calculou-se o índice de Moran para verificar a dependência espacial da distribuição das taxas bayesianas global e local. O índice varia de -1 a +1, sendo que os valores positivos indicam dependência espacial; valores negativos indicam correlação espacial negativa; valores próximos a zero assinalam ausência de autocorrelação espacial. Criou-se uma matriz de vizinhança de contiguidade e considerou-se o nível de significância de 5%.

Para evidenciar os regimes espaciais, utilizou-se o diagrama de espalhamento de Moran do coeficiente de detecção calculado pelo estimador bayesiano local. A visualização do mesmo se deu através do Moran *map*, a fim de identificar *clusters* estatisticamente significantes de áreas com altos valores e vizinhos em igual condição (Q1 – padrão Alto-Alto), áreas com baixos valores e com vizinhança também em igual condição (Q2 – padrão Baixo-Baixo), ou áreas em transição (Q3 – padrão Alto-Baixo e Q4 – padrão Baixo-Alto).

Os dados relativos aos ventiladores mecânicos e leitos de terapia intensiva para COVID-19

disponíveis nos dois períodos foram levantados do Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde – CNES<sup>17</sup>. O número de leitos de UTI-COVID-19 e de ventiladores mecânicos foi representado por meio de círculos de tamanhos proporcionais às quantidades indicadas no CNES e localizados nas sedes dos municípios. Essa informação foi sobreposta ao Moran *map* para permitir a comparação entre a quantidade de insumos e os *clusters* de casos da doença.

A manipulação dos dados, o georreferenciamento das informações, a realização da análise espacial e a confecção dos mapas se deram por meio dos programas Excel 2013, GeoDa 1.18.0 e QGIS 3.18.1. A análise descritiva e o teste de Pearson para verificar a correlação entre as variáveis nos dois períodos de referência ao nível de confiança de 95% foram efetuados utilizando o programa estatístico SPSS.

Por se tratar de um estudo empreendido exclusivamente com dados secundários de domínio público, não foi necessária a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

## Resultados

Um total de 1,99 casos de COVID-19/100.000 habitantes foram notificados até 31 de julho de 2020 na Amazônia Legal, passando para 6,62 casos/100.000 habitantes até 31 de março de 2021. A Tabela 1 apresenta os dados analisados nos dois períodos de referência da pesquisa.

Os índices de Moran calculados para os dois períodos pelo estimador bayesiano local foi de 0,44 ( $p = 0,001$ ) na primeira onda e de 0,46 ( $p = 0,001$ ) na segunda onda; pelo estimador bayesiano global, foi de 0,43 ( $p = 0,001$ ) na primeira onda e de 0,45 ( $p = 0,001$ ) na segunda onda. Os valores demonstraram autocorrelação espacial positiva dessa distribuição e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos, com pouca diferença entre os dois estimadores.

As figuras 1 e 2 apresentam a distribuição das taxas de detecção da COVID-19 acumulada bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesianos globais e locais até julho de 2020 e até março de 2021, respectivamente. Conforme observado nos mapas, tanto no primeiro pico da doença como no segundo houve uma variação muito pequena entre as taxas brutas quando comparadas às taxas padronizadas.

Até julho de 2020, os municípios com coeficiente de detecção superior a 3.000 casos/100.000 habitantes se concentraram nos estados do Ama-

**Tabela 1.** Dados de casos de COVID-19 e recursos físicos disponíveis para o enfrentamento da pandemia em julho de 2020 e março de 2021 na Amazônia Legal.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão
População	946	2.219.580	36.416,04	16.212	116.588,12
Casos até julho 2020	0	35.592	724,55	219	2.339,83
UTI até julho 2020	0	196	2,50	0	14,57
Ventiladores até julho 2020	0	1.040	9,84	0	65,4
Casos até março 2021	14	159.948	2.409,61	747,5	8.524,81
UTI até março 2021	0	360	3,84	0	22,93
Ventiladores até março 2021	0	1.179	11,51	0	73,49
Incidência acumulada na "1ª onda" por município	0	17.061,92	1.721,11	1.282,16	1.726,49
Incidência acumulada na "2ª onda" por município	167,02	34.473,57	6.244,91	5.554,73	4.068,64

Fonte: Autores.

pá, noroeste e centro-sul do Amazonas, leste e sul de Roraima e regiões esparsas no Pará. As menores taxas de detecção (inferiores a 1.000/100.000 habitantes) ocorreram majoritariamente no Mato Grosso, Tocantins, leste de Rondônia, norte e sudeste do Pará (Figura 1). Apenas o município de Mateiros, no Tocantins, não registrava casos da doença.

No mês de março de 2021, as taxas de detecção acumuladas de COVID-19 subiram expressivamente. Considerando os dados brutos, os coeficientes de detecção mais altos (superiores a 8.000 casos/100.000 habitantes) se concentraram no Amapá, sul e noroeste do Pará, norte e sudoeste do Amazonas. Os municípios do Maranhão e nordeste do Pará tiveram o menor coeficiente de detecção registrado (inferior a 4.000 casos/100.000 habitantes). Também é possível observar que todos os municípios já registravam casos da doença (Figura 2).

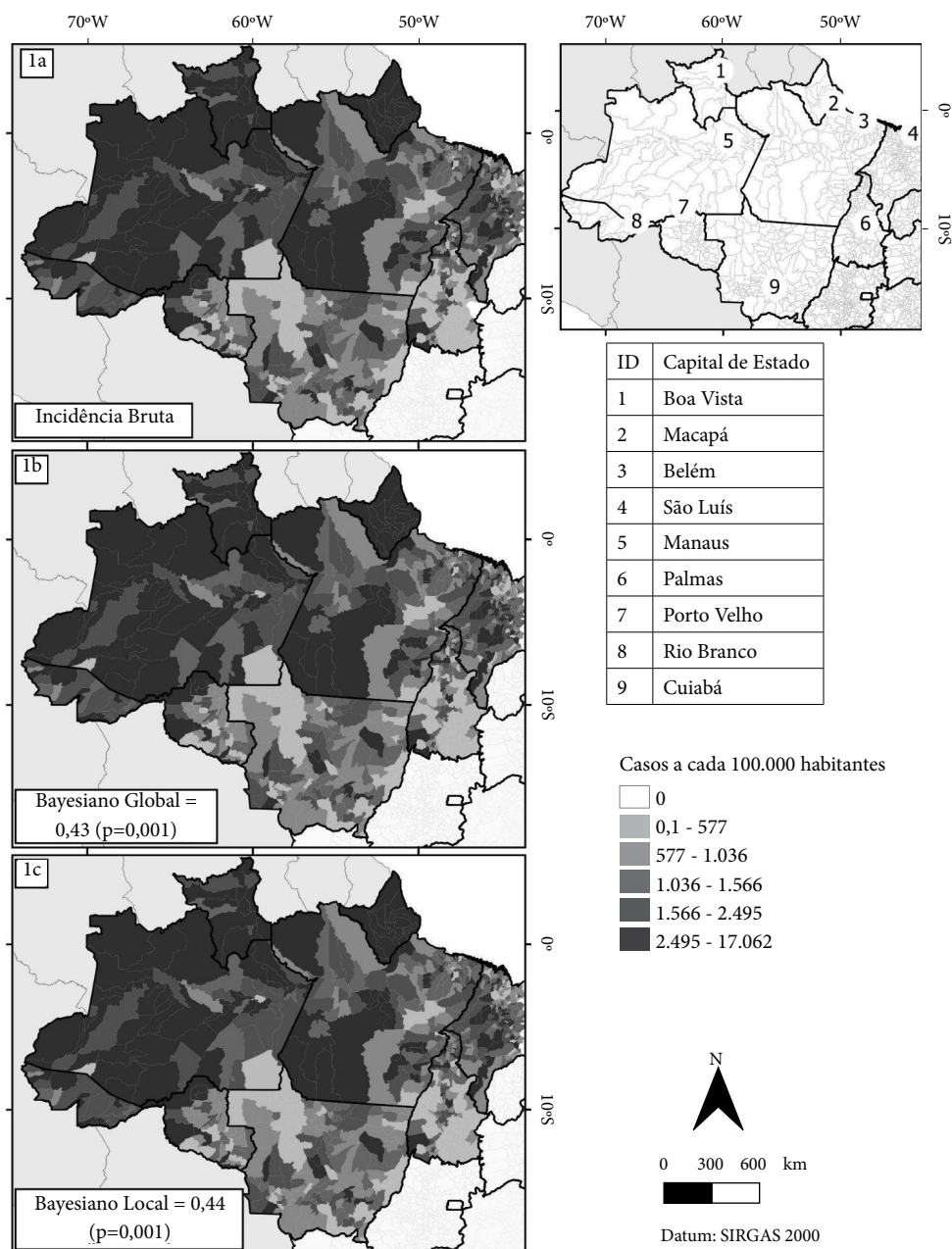
A Figura 3 mostra a distribuição dos ventiladores mecânicos nos municípios sobrepostos ao Moran *map* das taxas suavizadas pelo método bayesiano local no primeiro e no segundo pico da COVID-19. Em ambos os picos da doença, observa-se concentração deste equipamento de saúde nas capitais.

No primeiro pico, embora algumas capitais como Manaus (1.040), Cuiabá (847) e Belém (829) tenham apresentado alta concentração no número de ventiladores, observam-se regiões com padrão Alto-Alto estatisticamente significativa, ou seja, altas taxas de detecção com vizinhos também apresentando altos valores, porém com poucos dispositivos. Um exemplo deste pa-

drão é o estado do Pará, que apresentou o maior número de equipamentos em regiões que não tinham altas taxas de detecção da doença e poucos equipamentos em agrupamentos Alo-Alto (Novo Progresso/Itaituba e Parauapebas/Canaã dos Carajás). Assim, várias regiões críticas da doença enfrentaram escassez desse recurso (Figura 3), e nenhuma região com padrão Alto-Alto teve disponível número elevado de leitos de UTI (Figura 4).

Ainda sobre a primeira onda, as regiões com padrão Baixo-Baixo estatisticamente significantes, ou seja, com baixa taxa de detecção e vizinhos em iguais condições, concentram-se principalmente no Tocantins, que teve alocadas quantidades intermediárias de ventiladores e leitos de UTI, e na região noroeste e nordeste do Mato Grosso, onde os números de ventiladores e leitos de UTI também foram baixos (figuras 3 e 4).

Na segunda onda, o padrão Alto-Alto se manteve dominante no Amazonas e se expandiu para o sudoeste e nordeste do estado. O Amapá se manteve inalterado quanto ao padrão e à oferta de ventiladores, mas no Pará o cenário se modifica, com o padrão Alto-Alto agora na região noroeste e se mantendo no Sudoeste. Em Roraima, manteve-se o padrão Alto-Alto ao sul do estado e houve o incremento da região central. O Acre passou a ter os municípios de Feijó, Assis Brasil e Sena Madureira com padrão Alto-Alto, contudo, desses, apenas o último com ventiladores (2). Em Rondônia, o entorno da capital (Porto Velho) também apresentou o mesmo padrão, mas com alta concentração de ventiladores e leitos de UTI na região (figuras 3 e 4).



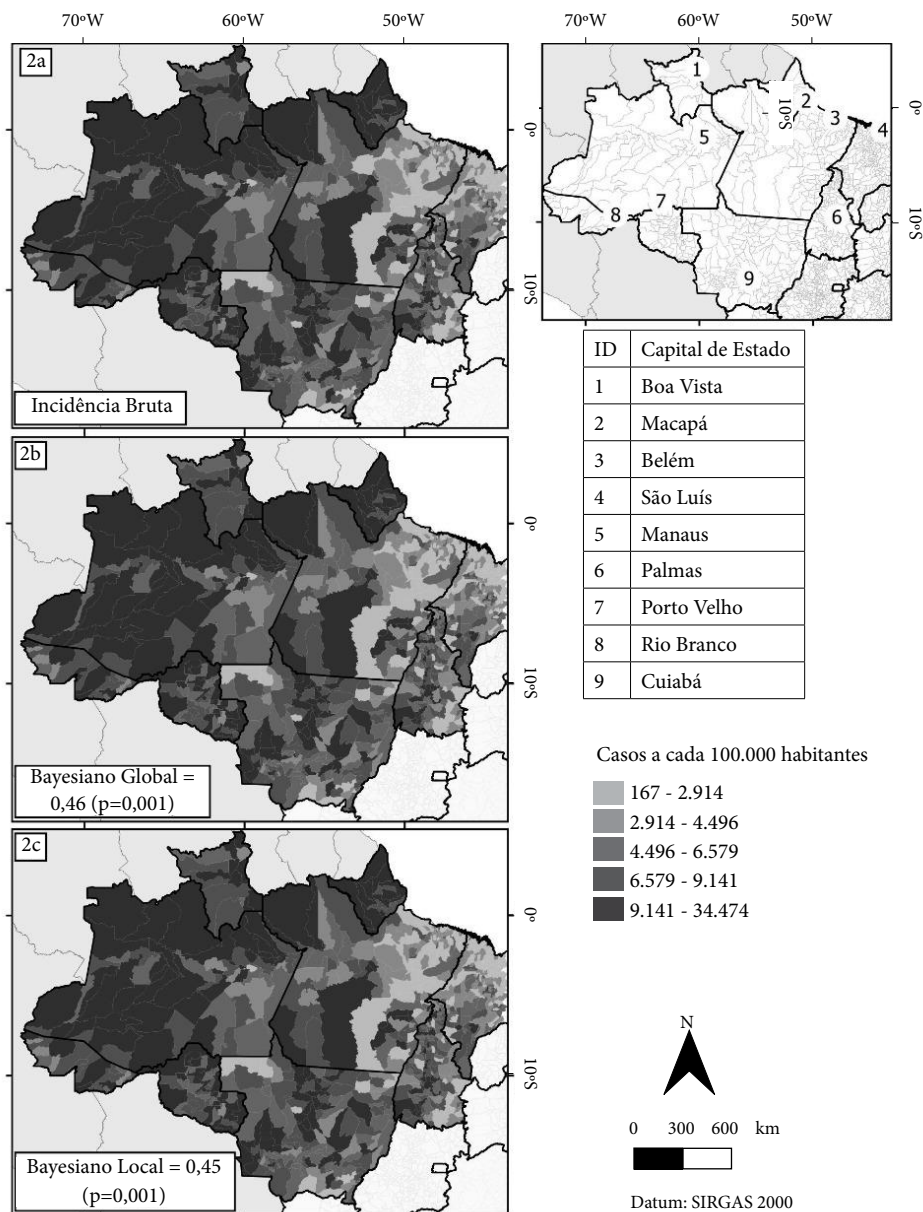
**Figura 1.** Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até julho de 2020 na Amazônia Legal, Brasil.

Fonte: Autores.

Na segunda onda, houve modificação das regiões com padrão Baixo-Baixo, passando a se concentrar no nordeste do Pará e no Maranhão. Ambas as regiões apresentaram altas concentrações de ventiladores e leitos de UTI (figuras 3 e 4). Vale destacar que os ventiladores e leitos de

UTI atendem não apenas a municípios detentores dos mesmos, mas a municípios limítrofes e/ou aqueles que integram as regiões de saúde.

Considerando as regiões de saúde da Amazônia Legal, foram verificadas correlações de Pearson significativas entre as variações das ta-



**Figura 2.** Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até março de 2021 na Amazônia Legal, Brasil.

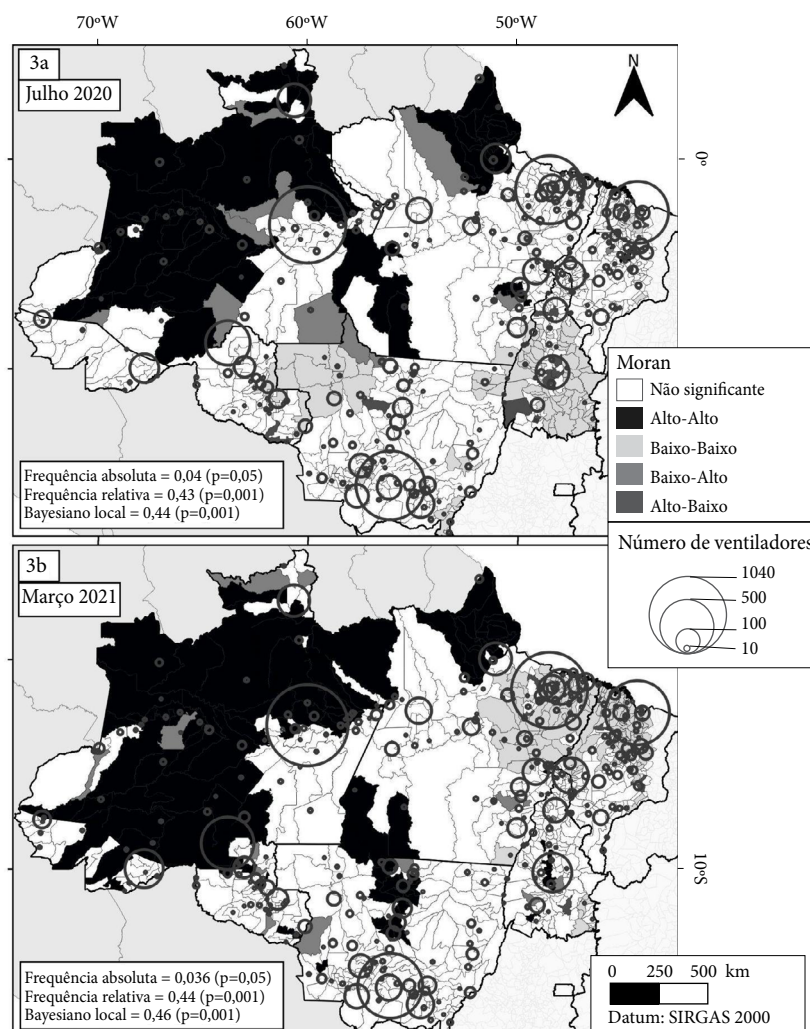
Fonte: Autores.

xas de detecção da COVID-19 e o número de ventiladores (0,267) e leitos de UTI (0,359). Isso demonstra estatisticamente que a alocação dos ventiladores mecânicos e leitos de UTI tiveram correlação positiva com o incremento da taxa de detecção ao comparar os dois períodos de referência ( $p < 0,05$ ).

## Discussão

Este estudo, ao comparar as duas ondas, evidenciou um incremento da taxa de detecção de casos em 332%, de ventiladores em 14,54% e de leitos de UTI em 35%, com dependência espacial dessa distribuição das taxas nos dois períodos. Municípios com padrão Alto-Alto de detecção





**Figura 3.** Moran *map* do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número de ventiladores mecânicos na Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021.

Fonte: Autores.

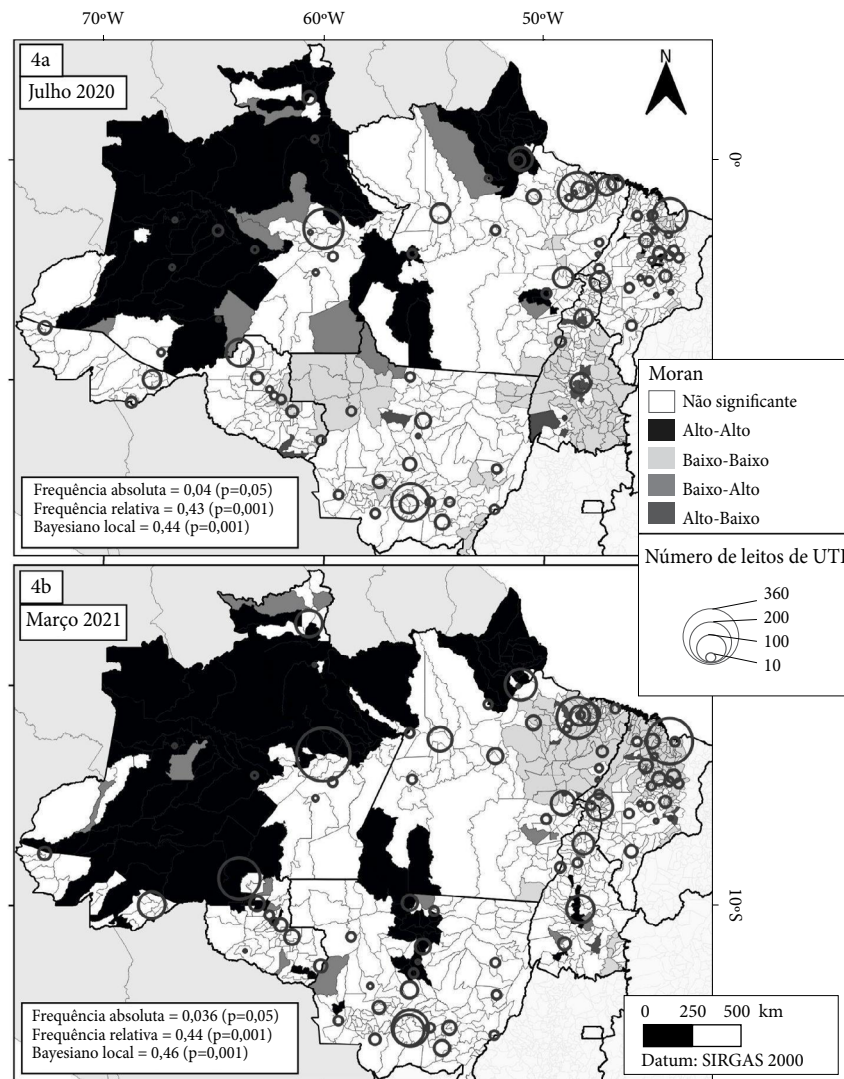
de COVID-19 foram recorrentes nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Ressalta-se que são estados fronteiriços.

A grande maioria dos países não tem testado o suficiente para garantir a qualidade dos indicadores de saúde relativos à COVID-19<sup>18</sup>. No Brasil, o acesso aos testes ocorreu de forma desigual, com menor capacidade de testagem em regiões mais pobres<sup>19</sup>, o que supostamente aconteceu na Amazônia Legal.

A propagação inicial e as mortes por COVID-19 no Brasil foram afetadas principalmente por padrões de vulnerabilidade socioeconômica, em vez da estrutura etária da população e da prevalência de fatores de risco à saúde pré-existen-

te<sup>20,21</sup>. A região Norte do país apresentou o maior grau de vulnerabilidade à exposição à COVID-19 no país<sup>22</sup>, e as altas taxas de detecção da COVID-19 na Amazônia Legal, com alto incremento em relação às ondas da doença, corroboram essa afirmação.

No estado do Amazonas, a propagação se deu pelos mecanismos de conexão de territórios e hierarquia urbana macrorregional. Somada a isso, a presença dos portos internacionais, do polo industrial da Zona Franca de Manaus (ZFM) e da rede fluvial, principal meio de mobilidade das populações amazônicas e de transportes de mercadorias. Esses elementos contribuíram para a interiorização da contaminação da COVID-19<sup>23</sup>,



**Figura 4.** Moran map do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número leitos de UTI, Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021.

Fonte: Autores.

o que pode justificar o padrão de distribuição dos casos observado neste artigo.

Outro estado que apresentou padrão Alto-Alto nos dois períodos de referência analisados foi o Amapá. Ao final de maio de 2020, o estado atingiu a terceira posição em percentual de casos de COVID-19 na região Norte, porém, pelo coeficiente de incidência, foi o primeiro do Brasil<sup>24</sup>. A fronteira com a Guiana Francesa pode ser uma explicação para esses números, uma vez que esse país apresentou a maior taxa de incidência acumulada, com 14.941,98 por 100 mil habitantes

em novembro de 2021<sup>25</sup>. A relação de casos entre a Guiana Francesa e o Amapá pode ser objeto de estudo futuro.

Em relação à disponibilidade de recursos de saúde na Amazônia Legal, é evidente a discrepância de regiões com padrão Alto-Alto e pouca quantidade de recursos físicos. Embora os serviços de saúde possam ser integrados entre localidades por meio das regiões de saúde, a grande demanda associada à acessibilidade geográfica pode resultar em acesso desigual aos níveis de atenção de maior complexidade. Esses dados



corroboram os achados de Bezerra *et al.* (2020)<sup>26</sup>, que observaram a heterogeneidade e a desigualdade de acesso ao atendimento no sistema de saúde da população brasileira.

Estudo realizado no Brasil constatou que a taxa de mortalidade padronizada da COVID-19 foi maior na região Norte, onde foi observada a maior escassez de recursos hospitalares<sup>21</sup>. As mortes por COVID-19 foram correlacionadas positivamente com vulnerabilidades socioeconômicas e negativamente com recursos hospitalares<sup>21</sup>. Os achados de Moreira (2020)<sup>27</sup> concluíram que as regiões de saúde que apresentaram as maiores médias de mortalidade estavam situadas em locais de escassez de leitos de UTI e de ventiladores.

Levantamento efetuado em abril de 2020 observou que os menores índices de infraestrutura de saúde foram registrados no Amapá e em Roraima. Em termos de *clusters* espaciais significativos com padrão Baixo-Baixo, o destaque foi para Amazonas e Pará, com possibilidade de fragilidade do serviço de saúde para atendimento à população, principalmente em situações de demanda elevada<sup>26</sup>.

Embora tenha grande extensão territorial, praticamente todas as UTIs do Amazonas estão localizadas na capital. Isso significa que o colapso do sistema de saúde em Manaus se traduz no colapso da saúde de todo o estado. O mesmo acontece no Amapá e em Roraima, levando os municípios da região a dependerem diretamente da infraestrutura de saúde da capital.

A inequidade no acesso à saúde no Amazonas é imposta pela dispersão demográfica e o vasto território, com extensas bacias hidrográficas, coberto pela floresta amazônica e com precariedade da rede de circulação<sup>28</sup>. Essas características impõem dificuldades aos pacientes com COVID-19 oriundos de localidades menores e longínquas, com dificuldade de deslocamento para as centralidades regionais onde estão disponíveis os serviços de média e alta complexidade<sup>23</sup>. Além disso, o incremento de ventiladores mecânicos (14,54%) e leitos de UTI adultos de COVID-19 (35%) da primeira onda para a segunda na Amazônia Legal não foi proporcional ao aumento da taxa de detecção (332%).

A perspectiva é que o Brasil possa enfrentar surtos recorrentes de COVID-19. A recomenda-

ção é que os países utilizem dados cada vez mais detalhados para ajustar e coordenar as respostas à COVID-19<sup>29</sup>. O uso de dados georreferenciados em sistemas de informações geográficas podem subsidiar as decisões, gerando mais velocidade e assertividade nas ações de saúde pública. Com isso, espera-se que este estudo contribua para o planejamento da distribuição de recursos de saúde, levando em conta as áreas de maior vulnerabilidade.

A presente investigação apresenta limitações de estudos ecológicos, como a impossibilidade de relacionar exposição e desfecho em nível individual. No Brasil, a testagem é feita preferencialmente em pessoas sintomáticas, havendo necessidade de cautela na análise da incidência de casos, diante da possibilidade de subnotificação, baixa testagem em regiões mais remotas e principalmente nas populações vulneráveis, em que o acesso ao serviço de saúde e informação são limitados. Apesar dos dados serem atualizados diariamente, é passivo de defasagem, pois as secretarias municipais e estaduais de Saúde têm autonomia para corrigir a informação do local de residência após a investigação da ocorrência da notificação e repassá-la ao Ministério da Saúde. Outro ponto é que o sistema de informação do governo federal foi atualizado diversas vezes durante a pandemia e foi implantado para fins de vigilância epidemiológica, sendo preenchidos por pessoas não vinculadas à pesquisa, ou seja, passível de erros. Contudo, a relevância da análise dos dados coletados permitiu o entendimento da distribuição da COVID-19 nas duas ondas.

## Conclusão

Os valores demonstraram autocorrelação espacial positiva da distribuição da COVID-19 e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos. Também se evidenciou maiores taxas da doença nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Em relação aos recursos de saúde, observou-se alocação de forma ineficiente, com maior concentração nas capitais.

O método de análise espacial permite assim mensurar a acessibilidade espacial dos serviços de saúde para subsidiar políticas públicas e alocação dos recursos de forma eficiente e eficaz.

## Colaboradores

AAB Rezende: concepção do projeto, extração dos dados, interpretação dos achados, redação e revisão da versão final do manuscrito. NL Pedrosa: interpretação dos achados e redação. RA Luz: análise dos dados, confecção dos mapas e revisão da redação. AR Campos, W Rodrigues e AN Paixão: tabulação dos dados, análise estatística e revisão do manuscrito. MAR Silva e RP Silva: revisão da redação e da versão final.

## Referências

1. Castro MC, Massuda A, Almeida G, Menezes-Filho NA, Andrade MV, Souza Noronha KVM, Rocha R, Macinko J, Hone T, Tasca R, Giovanella L, Malik AM, Werneck H, Fachini LA, Atun R. Brazil's Unified Health System: the first 30 years and prospects for the future. *Lancet* 2019; 394(10195):345-356.
2. Castro MC, Kim S, Barberia L, Ribeiro AF, Gurzenda S, Ribeiro KB, Abbott E, Blossom J, Rache B, Singer BH. Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. *Science* 2021; 372(6544):821.
3. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). *Boletim Observatório COVID-19* 2021; 16 mar. [acessado 2021 set 21]. Disponível em: [https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim\\_extraordinario\\_2021-marco-16-red-red-red.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_extraordinario_2021-marco-16-red-red-red.pdf).
4. Myers LC, Parodi SM, Escobar GJ, Liu VX. Characteristics of hospitalized adults with COVID-19 in an integrated health care system in California. *JAMA* 2020; 323(21):2195-2198.
5. Yang X, Yu Y, Xu J, Shu H, Xia J, Liu H, Wu Y, Zhang L, Yu Z, Fang M, Yu T, Wang Y, Pan S, Zou X, Yuan S, Shang Y. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med* 2020; 8(5):475-481.
6. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, Antonelli M, Cabrini L, Castelli A, Cereda D, Coluccello A, Foti G, Fumagalli R, Iotti G, Latronico N, Lorini L, Merler S, Natalini G, Piatti A, Ranieri MV, Scandroglio AM, Storti E, Cecconi M, Pesenti A, COVID-19 Lombardy ICU Network. Baseline characteristics and outcomes of 1,591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA* 2020; 323(16):1574-1581.
7. Shi Y, Wang G, Cai XP, Deng JW, Zheng L, Zhu HH, Zheng M, Yang B, Chen Z. An overview of COVID-19. *J Zhejiang Univ Sci B* 2020; 21(5):343-360.
8. Mascarenhas ALS, Vidal MR. Estimativa da prevalência de infecção por COVID-19 na Amazônia Legal a partir da teoria corológica e da ciência da informação geográfica. *Rev Ensaios Geografia* 2020; 9(5):16-21.
9. Santos D, Mosaner M, Celentano D, Mouta R, Veríssimo A. *Índice de progresso social na Amazônia brasileira: IPS Amazônia 2018*. Belém: Imazon/Social Progress Imperative; 2018.
10. Orellana JDY, Cunha GMD, Marrero L, Horta BL, Leite IDC. Explosion in mortality in the Amazonian epicenter of the COVID-19 epidemic 19. *Cad Saude Publica* 2020; 36(7):e00120020.
11. Garnelo L, Sousa ABL, Silva COD. Health regionalization in Amazonas: progress and challenges. *Cien Saude Colet* 2017; 22(4):1225-1234.
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). IBGE atualiza mapa da Amazônia Legal [Internet]. 2020. [acessado 2021 jun 21]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28089-ibge-atualiza-mapa-da-amazonia-legal>

13. Organização Mundial de Saúde (OMS). Painel de emergência de saúde da OMS [Internet]. [acessado 2021 jun 18]. Disponível em: <https://covid19.who.int/region/amro/country/br>
14. Brasil. Secretarias Estaduais de Saúde. COVID-19. Painel de controle, 2020. [acessado 2021 maio 10]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>
15. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. População Residente. *Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade, Sexo 2000-2020*. [acessado 2021 jun 20]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popbr.def>
16. Becker JN, Nero MA. Avaliação da aplicação dos estimadores bayesianos empíricos na determinação das áreas de risco de transmissão da malária. In: *Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Recife; 2012. p. 1-10.
17. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Banco de dados do Sistema Único de Saúde. Recursos físicos-equipamentos-Tocantins. [acessado 2021 jun 10]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?cnes/cnv/equipobr.def>
18. Pileca FB, Coelho CG, Fernandes QHRE, Silveira IH, Pescarini JM, Ortelan N, Gabrielli L, Aquino EML, Barreto ML. O efeito da testagem laboratorial nos indicadores de acompanhamento da COVID-19: uma análise dos 50 países com maior número de casos. *Epidemiol Serv Saude* 2021; 30(2):e2020722.
19. Rafael RMR, Neto M, Depret DG, Gil AC, Fonseca MHS, Souza-Santos R. Efeito da renda sobre a incidência cumulativa do COVID-19: estudo ecológico. *Rev Lat Am Enfermagem* 2020; 26;28:e3344.
20. Raymundo CE, Oliveira MC, Eleuterio TA, André SR, da Silva MG, Queiroz ERDS, Medronho RA. Spatial analysis of COVID-19 incidence and the sociodemographic context in Brazil. *PLoS One* 2021; 16(3):e0247794.
21. Rocha R, Atun R, Massuda A, Rache B, Spinola P, Nunes L, Lago M, Castro MC. Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. *Lancet Glob Health* 2021; 9(6):e782-e792.
22. Tavares FF, Betti G. The pandemic of poverty, vulnerability, and COVID-19: evidence from a fuzzy multidimensional analysis of deprivations in Brazil. *World Dev* 2021; 139:105307.
23. Nunes MA. O papel das estruturas territoriais na propagação da COVID-19 na fronteira Amazônica. *Nota Técnica* 2021; 25:1-34. [acessado 2021 jul 29]. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10597/1/NT\\_25\\_Dirur\\_OPapel.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10597/1/NT_25_Dirur_OPapel.pdf)
24. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Superintendência de Vigilância em Saúde. Doença pelo novo coronavírus 2019 – COVID-19. *Boletim Epidemiológico*, nº 6. Amapá; 2020.
25. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde. Avaliação de risco no cenário da COVID-19 N44 SE 44. 2021. [acessado 2021 ago 1]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/avaliacao-de-risco-para-covid-19/avaliacao-de-risco-no-cenario-da-covid-19>
26. Bezerra ECD, Santos PSD, Lisbinski FC, Dias LC. Spatial analysis of Brazil's COVID-19 response capacity: a proposal for a Healthcare Infrastructure Index. *Cien Saude Colet* 2020; 25(12):4957-4967.
27. Moreira RDS. COVID-19: intensive care units, mechanical ventilators, and latent mortality profiles associated with case-fatality in Brazil. *Cad Saude Publica* 2020; 36(5):e00080020.
28. Gama ASM, Fernandes TG, Parente RCP, Secoli SR. Inquérito de saúde em comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. *Cad Saude Publica* 2018; 34(2):e00002817.
29. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Países devem se preparar para enfrentar surtos recorrentes de COVID-19 pelos próximos 2 anos. 2020. [acessado 21 dez 11]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/24-6-2020-paises-devem-se-preparar-para-enfrentar-surtos-recorrentes-covid-19-pelos>

Artigo apresentado em 30/03/2022

Aprovado em 05/08/2022

Versão final apresentada em 07/08/2022

Editores-chefes: Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva

