



VOLUME 2 NÚMERO 1, 2021

EXPEDIENTE

Corpo editorial

Profa. Dra. Ailma do Nascimento Silva – UESPI Prof. Dr. Franklin Oliveira Silva – UESPI
Prof. Dr. Pedro Pio Fontineles Filho – UESPI Prof. Dr. Antônio Luiz Martins Maia – UESPI
Profa. Me. Sammara Jericó Alves Feitosa – Comunicação Social/UESPI – CCECA

Presidente

Prof. Dr. Franklin Oliveira Silva – UESPI

Comitê Científico do Boletim do Observatório UESPI

Prof. Dr. Arnaldo Silva Brito – Matemática/UESPI – CCM
Prof. Dr. Carlos Rerisson Rocha da Costa – Geografia/UESPI – CCM
Prof. Dr. Fabrício Pires de Moura do Amaral – Farmacologia/UESPI – CCS
Prof. Me. Francisco de Paula S. de Araújo Júnior – Matemática UESPI/Parnaíba – PI Prof. Dr. Francisco Eugênio D. de Alexandria – Infectologista/HGV
Prof. Dr. José de Ribamar Martins Bringel Filho – Computação/UESPI – CTU Profa. Me. Kátia Regina Calixto Brasil – Administração/ UESPI – CCSA Profa. Me. Lucile de Souza Moura – Administração/ UESPI – CCSA
Profa. Dra. Norma Suely Campos Ramos – Linguística/UESPI – CCHL Profa. Dra. Sandra Marina Gonçalves Bezerra – Enfermagem/UESPI – CCS Prof. Me. Vinícius Alexandre da Silva Oliveira – Odontologia/UESPI – CCS Prof. Me. Jesus Antônio de Carvalho Abreu – Medicina/UESPI – CCS
Profa. Dra. Silvana da Silva Ribeiro – Letras Português/UESPI – CCHL Profa. Dra. Tatiana Araújo Maranhão – Enfermagem/UESPI – Parnaíba – PI Prof. Dr. Augusto Cezar A. de A. filho – Enfermagem/UESPI – Floriano – PI Prof. Me. William Mazza – Direito/ UESPI- CCM
Prof. Dr. Dario Brito Calçada – Ciências da Computação/UESPI – Parnaíba -PI Prof. Me. José Welliton Silva do Nascimento – Administração/UESPI – Uruçuí -PI Profa. Me. Joseane de Carvalho Leão – Administração/UESPI – CCSA
Profa. Dra. Mariluska Macedo Lôbo de Deus Oliveira – Enfermagem/UESPI – Picos – PI Prof. Dr. Thiago Assunção de Moraes – Administração/ UESPI – Picos – PI

EQUIPE TÉCNICA

Prof. Dr. Franklin Oliveira da Silva – Departamento de Pesquisa
Profa. Me. Sammara Jericó Alves Feitosa – Comunicação Social
Prof. Dario Brito Calçada – Ciências da Computação
Ademir do Nascimento Silva – Técnico Diagramador

Dinâmica espacial e temporal da incidência e mortalidade por Covid-19 no Piauí um ano após o início da pandemia no Estado

Autores:

Prof. Dr. Williame Parente Mazza
Direito/ UESPICCM
Prof. Dr. Dario Brito Calçada
Ciências da Computação/UESPI - Parnaíba -PI
Prof. Me. José Welliton Silva do Nascimento
Administração/UESPI - Uruçuí -PI
Profa. Me. Joseane de Carvalho Leão
Administração/UESPI – CCSA
Prof. Dr. Thiago Assunção de Moraes
Administração/UESPI - Picos - PI
Prof^a. Me. Kátia Regina Calixto Brasil
Administração/ UESPI – CCSA



DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DA INCIDÊNCIA E MORTALIDADE POR COVID-19 NO PIAUÍ UM ANO APÓS O INÍCIO DA PANDEMIA NO ESTADO

Maria Eduarda da Silva Xavier
Thatiana Araujo Maranhão
George Jó Bezerra Sousa
Augusto César Antunes de Araujo Filho
Sandra Marina Gonçalves Bezerra
Maria Lúcia Duarte Pereira

INTRODUÇÃO

No dia 31 de dezembro de 2019 a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre diversos casos de pneumonia na cidade de Wuhan, na China. No entanto, tratava-se na realidade de um novo tipo de coronavírus não identificado anteriormente em seres humanos. Uma semana depois, em 7 de janeiro de 2020, foi confirmada a identificação deste novo tipo de coronavírus que, posteriormente, recebeu o nome de SARS-CoV-2, responsável por causar a doença COVID-19 (OPAS, 2021).

Em 30 de janeiro, o surto do novo coronavírus foi declarado pela OMS como uma Emergência de

Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) e, no dia 11 de março de 2020, o Diretor Geral da OMS caracterizou a COVID-19 como uma pandemia (OPAS, 2021). Por sua vez, no Brasil o primeiro caso da doença foi registrado no dia 26 de fevereiro de 2020 e, um ano depois do primeiro registro, a incidência e a mortalidade pela doença, no país, já chegavam a 4.982,7 casos e 120,2 óbitos por 100.000 habitantes, respectivamente (BRASIL, 2021).

O Piauí, estado do Nordeste brasileiro, notificou seu primeiro caso em 19 de março de 2020 e o primeiro óbito no dia 27 deste mesmo mês. Um ano após esta data, a incidência e a mortalidade por COVID-19 no estado chegaram, respectivamente, a 6.296,8 casos e 126,1 óbitos por 100.000 habitantes. Com estes números, o Piauí se torna o estado com a quarta maior taxa de incidência e mortalidade da Região nordeste, sendo superado apenas pelo Ceará, Sergipe e Paraíba (BRASIL, 2021; PIAUÍ, 2021)

Mediante o exposto, faz-se necessário desenvolver uma análise espaço-temporal dos casos e óbitos por COVID-19 no estado do Piauí, com o objetivo de fornecer material para futuras pesquisas, assim como auxiliar no planejamento de meios de prevenção e controle da doença.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo epidemiológico do tipo ecológico que utilizou como unidade de análise os 224 municípios do Piauí, estado cuja população é de 3.281.480 habitantes, segundo dados do IBGE do ano de 2020. A principal fonte de dados foi o sítio eletrônico da Secretaria de Estado da Saúde do Piauí. Os dados coletados dizem respeito aos casos confirmados, bem como aos óbitos por COVID-19 ocorridos entre residentes dos municípios piauienses no período de 19 de março de 2020 a 31 de março de 2021.

Inicialmente, foram realizados cálculos das taxas médias de incidência e mortalidade brutas e bayesianas de cada município do estado. Em seguida, foi verificada a existência de áreas com dinâmicas espaciais que demonstrassem um padrão espacial aparente, isto é, os chamados aglomerados espaciais. Para tanto, foram realizados testes de autocorrelação espacial pelo Índice de Moran Global e Local e análise de varredura pela estatística Scan puramente espacial, a qual também gerou mapas espaciais de risco relativo.

Uma vez constatada a autocorrelação espacial pelo Índice de Moran Global partiu-se para o cálculo do Índice de Moran Local que resultou em um mapa de aglomerados espaciais denominado Moran Map. Este mapa revela os municípios com altas taxas de COVID-19 próximos a municípios que também tem taxas altas e estes estão representados em vermelho. Já os municípios que possuem baixas taxas da doença, e rodeados por municípios que também possuem baixas taxas representados em verde. Por último, estão os locais de transição epidemiológica representados por municípios que apresentam taxas altas e baixas e que estão circundadas por aquelas que possuem taxas baixas e altas, respectivamente, sendo estes representados pelas cores amarelo e azul. Isso significa que se um município tem taxas baixas, mas está próximo a municípios com taxas altas, ele pode vir a apresentar taxas altas no futuro, por exemplo.

Por sua vez, a varredura Scan consiste em um outro método de detecção de aglomerados espaciais do problema em questão. Este método consiste em uma janela geográfica circular que percorre todo o território analisado aumentando e diminuindo a posição do seu centro de modo a detectar altas taxas

de incidência/mortalidade dentro deste círculo e baixas taxas fora dele. Também foi calculado o Risco Relativo (RR), o qual representa a intensidade da ocorrência de COVID-19 em uma área com relação a todas as regiões analisadas. Quando o $RR < 1$, significa que o risco relativo de uma determinada área é inferior ao risco da região como um todo. De forma contrária, quando se verifica $RR > 1$, o risco relativo de uma área específica é superior ao risco da totalidade da região analisada e quando os valores de ambos são iguais a 1, o risco também é igual para os dois. As análises espaciais foram realizadas nos softwares TerraView v.4.2.2[®] e SatScan v.9.6[®] e os mapas foram produzidos no software QuantumGis v.2.14.17[®].

Posteriormente, utilizou-se o software *Joinpoint Regression Program* versão 4.6.0.0[®] para realizar a análise da tendência e indicar o padrão temporal da incidência e mortalidade por COVID-19 no estado como um todo, na capital Teresina e nos municípios do interior. No programa, foi avaliado se uma linha com múltiplos segmentos descrevia os modelos temporais de maneira mais eficaz do que apenas uma reta. Devido a isso, a análise também é conhecida por regressão por pontos de inflexão, uma vez que cada ponto adicionado ao modelo representa uma mudança da tendência temporal da COVID-19. Seus resultados estimam a Mudança Percentual Mensal (do inglês *Monthly Percentage Change - MPC*) da tendência estudada, isto é, descrevem como a doença se comportou no primeiro ano da pandemia (de março de 2020 a março de 2021). Nos resultados temporais também constam os respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%) e a significância estatística considerada na análise ($p < 0,05$).

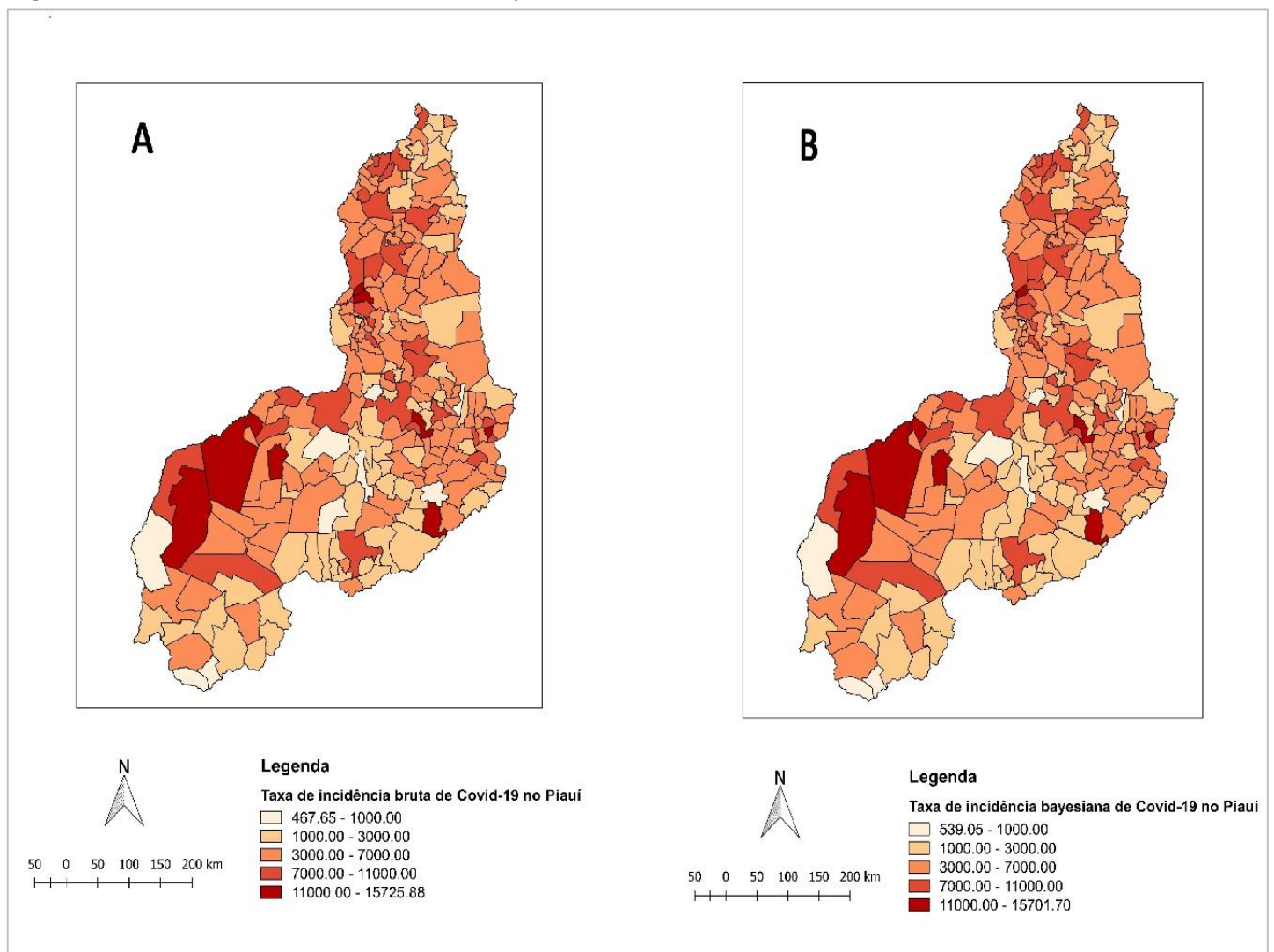
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA E MORTALIDADE POR COVID-19 NO PIAUÍ

A distribuição espacial das taxas médias de incidência bruta e bayesiana da COVID-19 no Piauí estão representadas na Figura 1. Pode-se observar que todos os municípios registraram pelo menos um caso, uma vez que nenhum apresentou taxa igual a zero, mesmo no mapa das taxas brutas.

Visto que o vírus não se limita às demarcações geográficas como os limites entre os municípios e estados, aplicou-se o método bayesiano empírico local para suavizar os dados brutos obtidos. Assim, o cálculo da taxa bayesiana de um município foi feito levando-se em consideração as taxas observadas nos municípios que fazem divisa com ele. Normalmente, mapas bayesianos costumam mostrar um padrão espacial mais aparente do evento, ao contrário dos mapas das taxas brutas que, na maioria das vezes, se assemelham a um mosaico. Contudo, observou-se neste estudo que os mapas dos dois tipos de taxas são muito semelhantes e que a estatística bayesiana pouco suavizou os dados brutos. Isso provavelmente deve-se ao fato do vírus estar completamente instalado no território piauiense, já tendo levado ao adoecimento parcela expressiva da sua população. Assim, pouco se verifica diferenças nas taxas entre a maioria dos municípios e dos seus vizinhos, uma vez que em todos eles é alta a quantidade de pessoas que adoeceram no primeiro ano da pandemia.

Nos dois mapas, alguns municípios se destacaram com taxas médias acima de 11.000 casos por 100.000 habitantes, tais como Antônio Almeida, Baixa Grande do Ribeiro, Bertolínia, Demerval Lobão, Francisco Macedo, Lagoa do Barro do Piauí, Santa Cruz do Piauí e Uruçuí.

Figura 1: Taxas de incidência bruta (A) e bayesiana (B) da COVID-19 no Piauí. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2021.

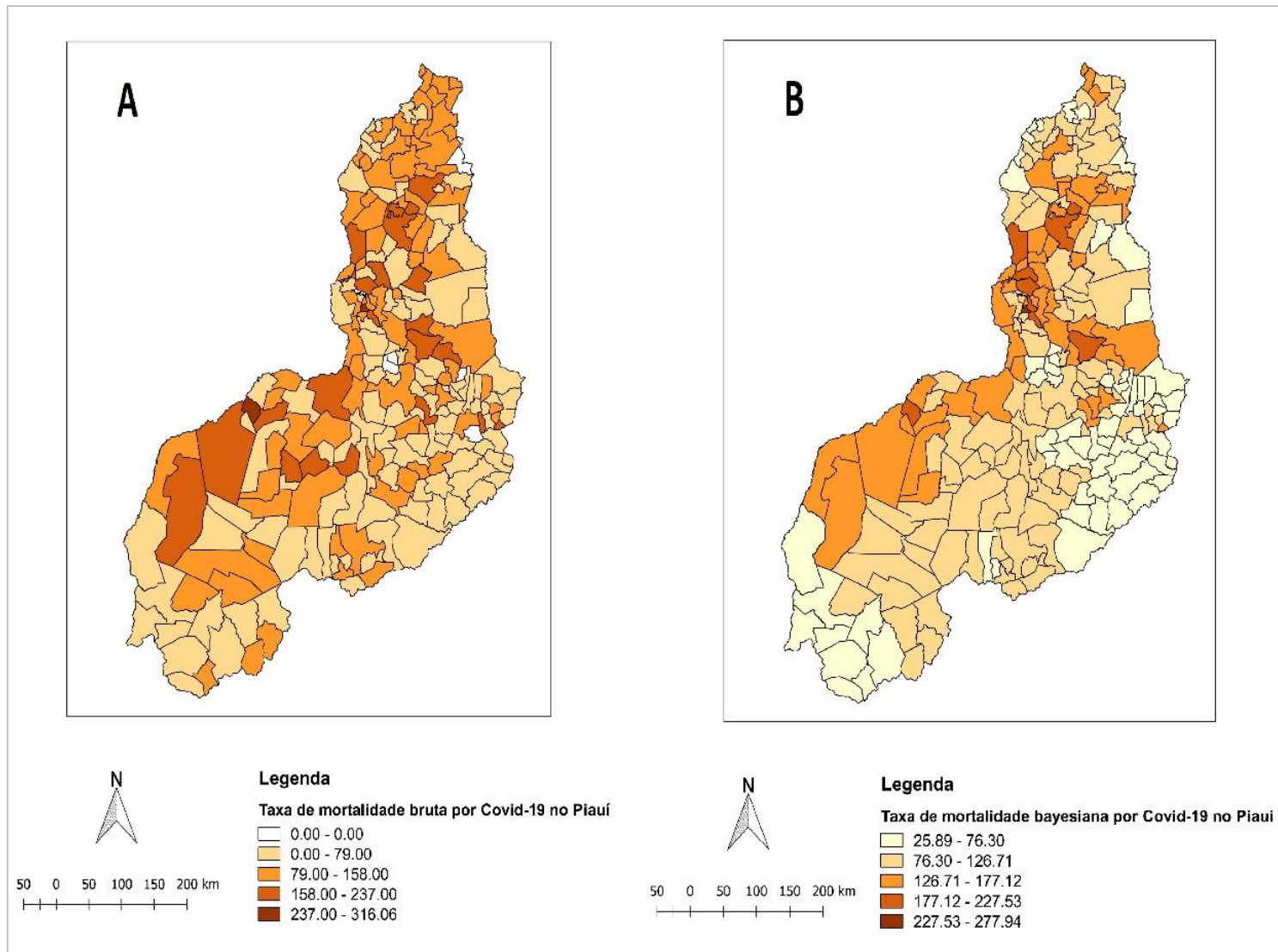


Fonte: Os próprios autores

A Figura 2 mostra os mapas que representam as taxas de mortalidade bruta e bayesiana por COVID-19 no Piauí. Como esperado na maioria das situações, não é possível ver um padrão espacial de óbitos no mapa das taxas brutas (Mapa A), porém, observa-se que após um ano da primeira morte no estado, se verifica que apenas seis municípios não notificaram óbitos pela doença e que, portanto, possuem taxa bruta igual a zero, são eles: São João da Fronteira, Tanque do Piauí, Várzea Grande, Miguel Leão, São Luís do Piauí e Massapê do Piauí.

Já o mapa da taxa de mortalidade bayesiana (Mapa B) apresenta um padrão mais claro da distribuição da mortalidade no estado. É possível notar maior proporção de municípios com taxas médias que variaram de 76,30 a 177,12 óbitos por 100.000 habitantes. Além disso, se verifica ainda que os municípios com taxas acima de 126,71 óbitos por 100.000 habitantes se localizam predominantemente próximo a fronteira com o estado do Maranhão, desde o Norte até o Sudoeste piauiense. Ressalta-se que Água Branca apresentou altas taxas de mortalidade tanto no mapa das taxas brutas (292,91 óbitos por 100.000 habitantes) como no mapa das taxas bayesianas (277,94 óbitos por 100.000 habitantes). Isso é um dado preocupante que implica na necessidade de uma atenção maior com relação ao controle do contágio neste município, pois, desde o início da pandemia, Água Branca tem sido o município piauiense com a maior taxa de mortalidade.

Figura 2: Taxas de mortalidade bruta (A) e bayesiana (B) da COVID-19 no Piauí. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2020.



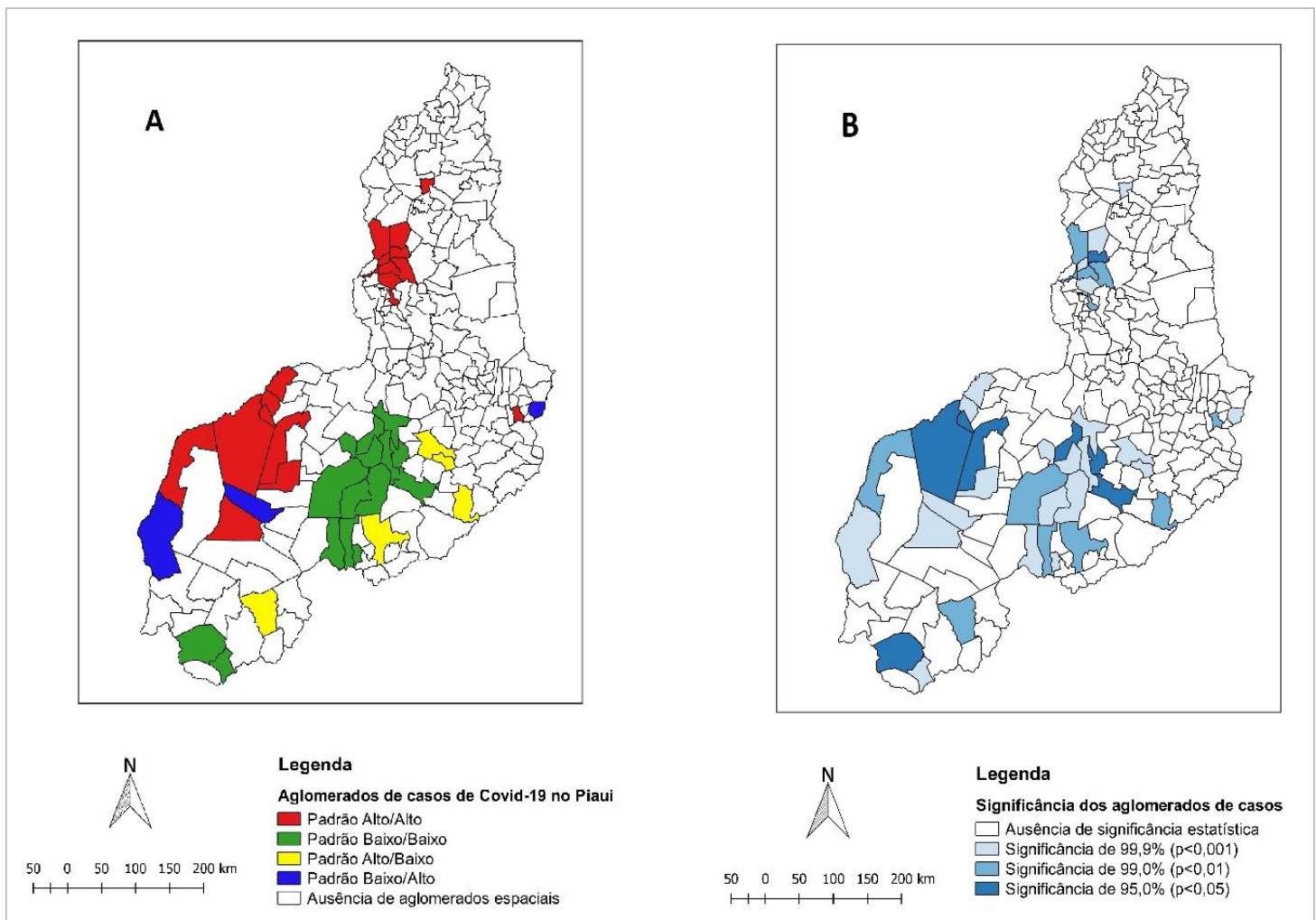
Fonte: Os próprios autores

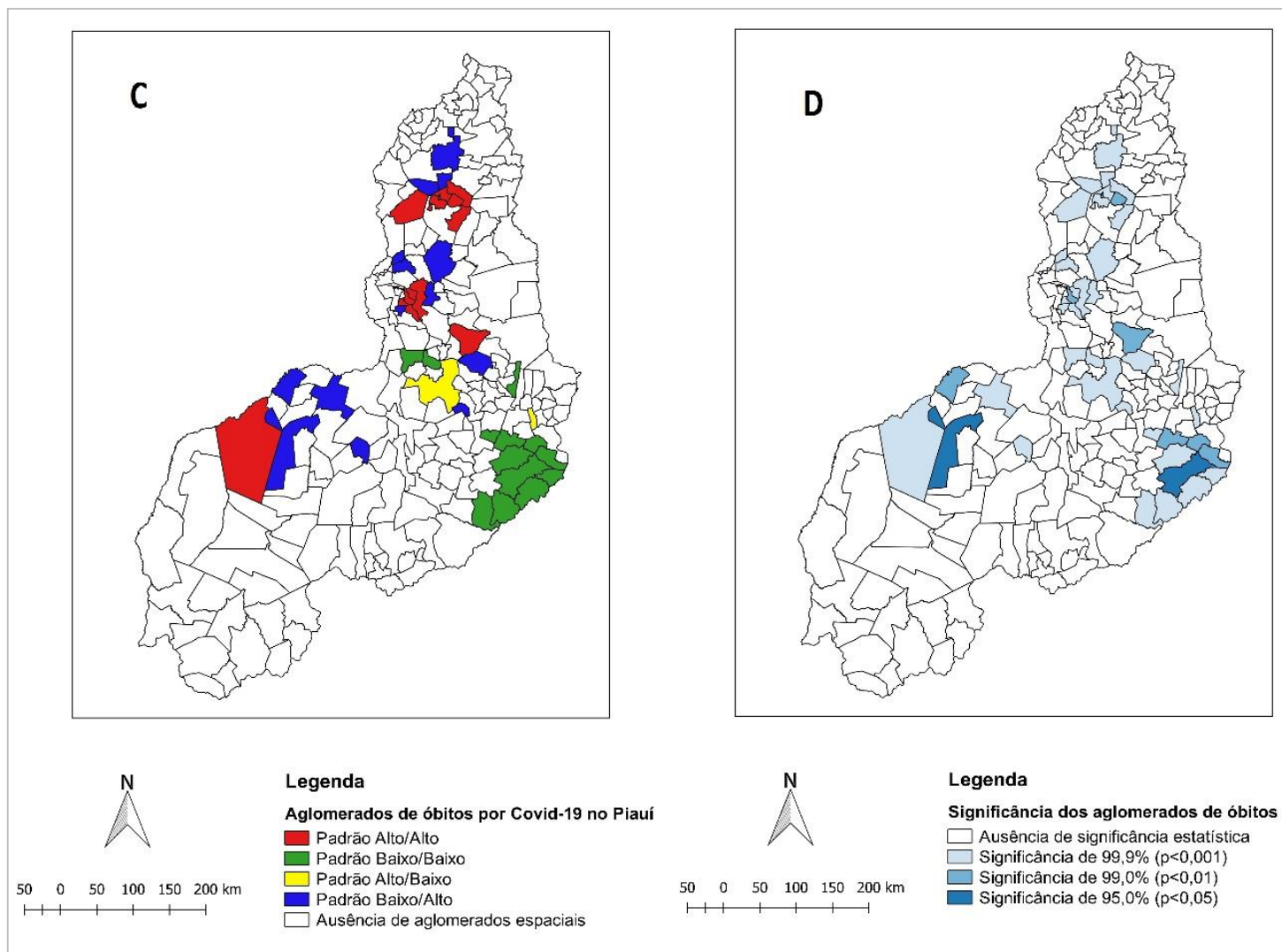
DINÂMICA ESPACIAL DOS AGLOMERADOS DE CASOS E ÓBITOS POR COVID-19 NO PIAUÍ

A Figura 3 mostra os resultados obtidos no teste de autocorrelação espacial, calculado por meio dos Índices de Moran Global e Local. Inicialmente, procedeu-se ao cálculo do Índice de Moran Global para identificar a presença de autocorrelação espacial em todo o território analisado (estado do Piauí). Assim, uma vez constatada a dependência espacial tanto no mapa dos casos ($I = 0,19416$; $p = 0,001$), como no mapa dos óbitos ($I = 0,153817$; $p = 0,001$), partiu-se para o cálculo do Índice de Moran local com o objetivo de identificar aglomerados espaciais de altas taxas de incidência e mortalidade por COVID-19 nos municípios piauienses.

Foram observados dois aglomerados principais de municípios com padrão espacial Alto/Alto de distribuição da doença na fronteira com o estado do Maranhão (Mapa 3A). Estes aglomerados englobam cidades da região metropolitana da capital Teresina, bem como municípios situados no Sul do estado, tais como Uruçuí e Ribeiro Gonçalves (em vermelho). Por sua vez, no mapa 3B se verifica especialmente um aglomerado de óbitos com padrão espacial Alto/Alto em Uruçuí, em José de Freitas e em Água Branca e municípios localizados em seu entorno como Passagem Franca, Hugo Napoleão e Barro Duro (em vermelho). Por fim, os mapas 3B e 3D mostram a intensidade da significância estatística ($p < 0,05$) nos diferentes municípios apontados pelos mapas de aglomerados espaciais.

Figura 3: Aglomerados de casos de Covid-19 no Piauí (A); Significância dos aglomerados de casos (B); Aglomerados de óbitos por Covid-19 no Piauí (C) Significância dos aglomerados de óbitos (D). Parnaíba, Piauí, Brasil, 2020.



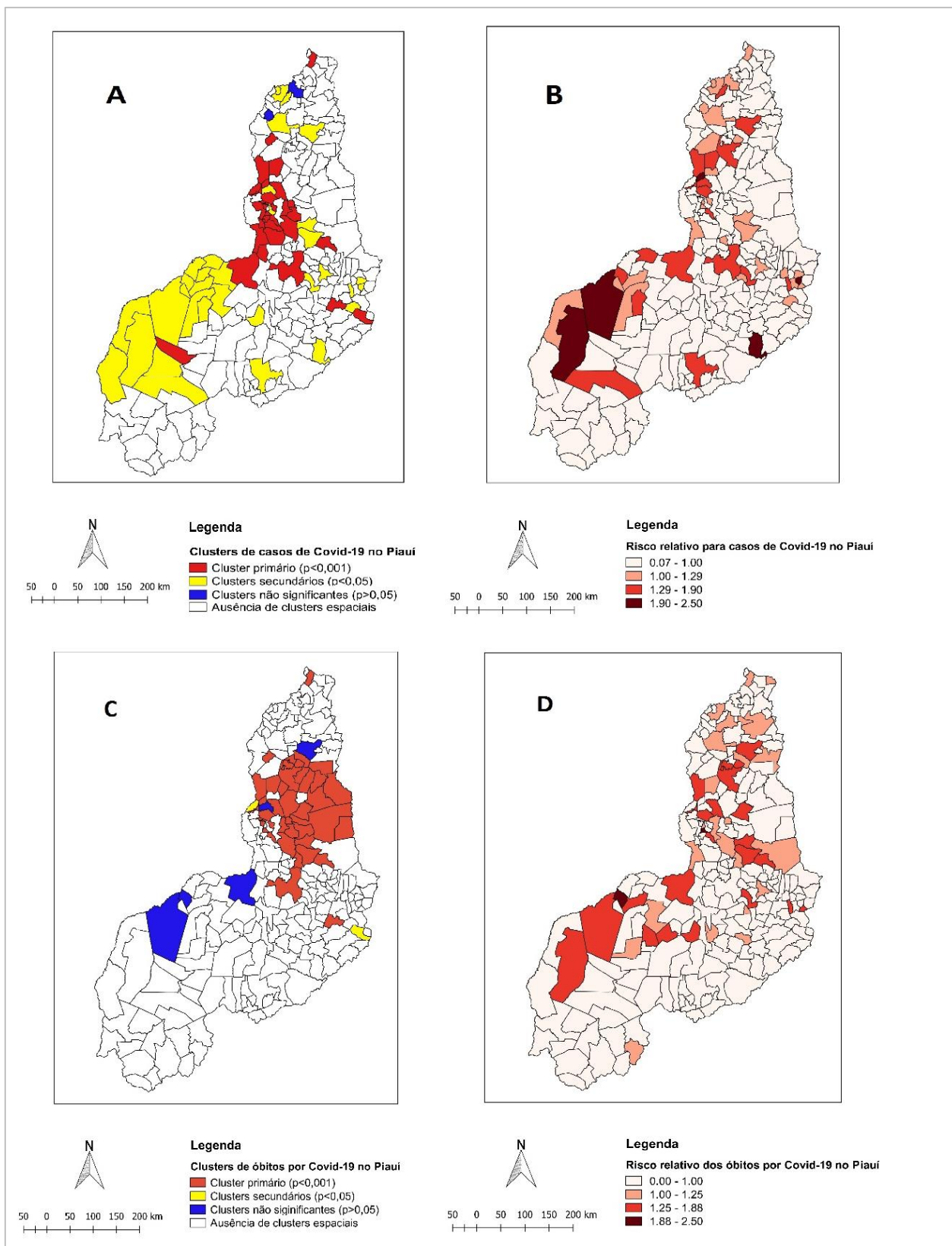


Fonte: Os próprios autores

A Figura 4 apresentam os mapas de *clusters* (aglomerados) espaciais e do risco relativo (RR) dos casos e óbitos por COVID-19 definidos pela técnica estatística de varredura Scan. O Mapa A mostra que o *cluster* primário de casos, isto é, aquele que tem a menor probabilidade de ter ocorrido ao acaso (em vermelho) se situa prioritariamente em municípios da mesorregião Centro-norte piauiense próximos à capital Teresina e à divisa com o estado do Maranhão. É importante destacar que grandes cidades como Oeiras, Parnaíba, Floriano e a capital do estado fazem parte desse aglomerado principal. Já o Mapa C aponta para um grande aglomerado de óbitos (em vermelho) nos Municípios do Centro-norte piauiense que cortam o estado de Leste a Oeste.

Os mapas do risco relativo (Mapa B e D) mostram que a população dos municípios de Baixa Grande do Ribeiro, Demerval Lobão, Francisco Macedo, Lagoa do Barro do Piauí e Uruçuí apresentam de 1,90 a 2,50 vezes mais risco de ser infectada pelo vírus da COVID-19 em comparação à totalidade da população do estado. Por sua vez, a população dos municípios de Antônio Almeida e Água Branca possuem risco de 1,88 a 2,50 vezes maior de morrer em decorrência da COVID-19 em relação a população dos demais municípios piauienses.

Figura 4: Clusters de casos de COVID-19 (A); Risco relativo da COVID-19 (B); Clusters de óbitos por COVID-19 (C) e Risco relativo dos óbitos por COVID-19 (D). Parnaíba, Piauí, Brasil, 2021.



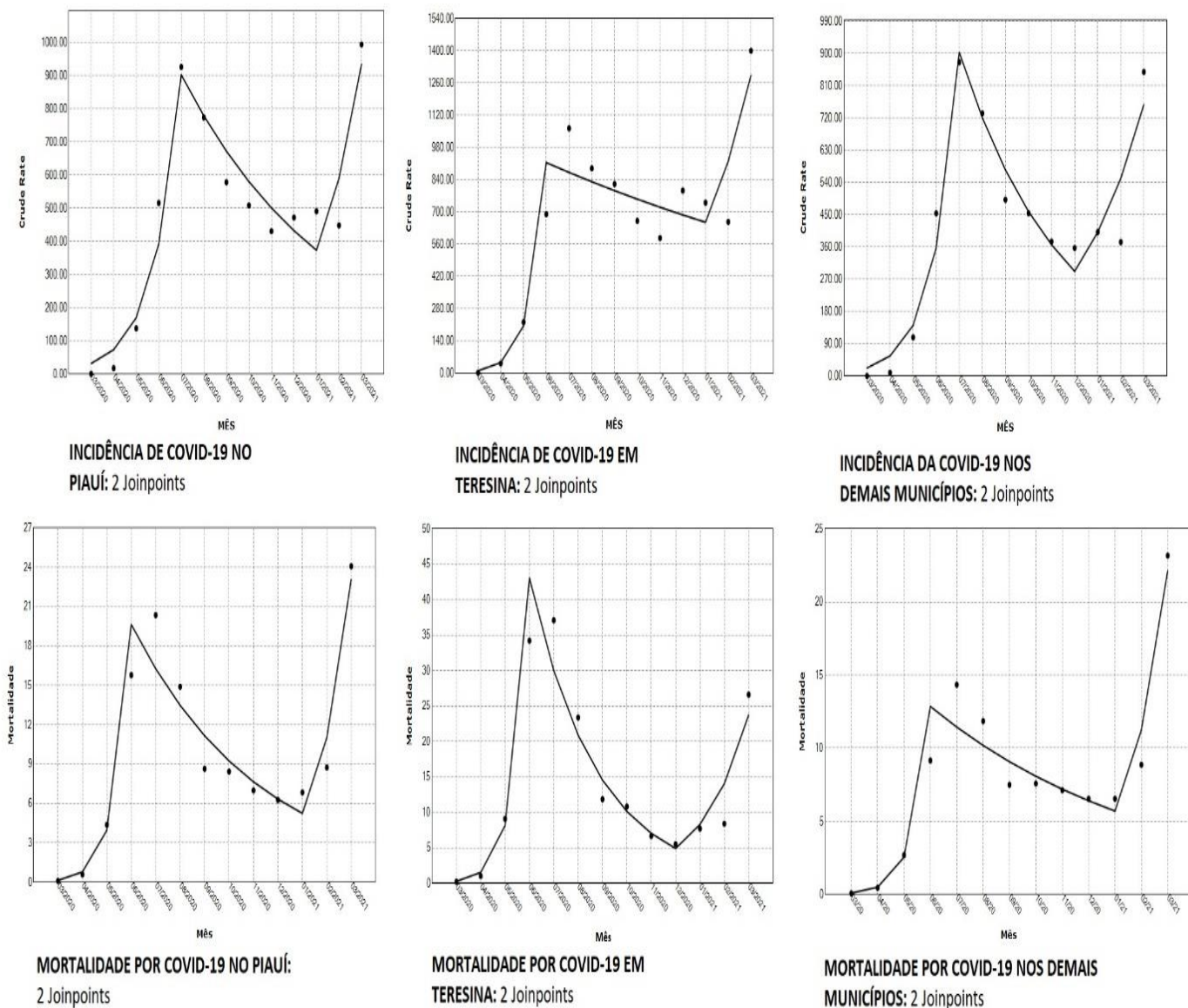
Fonte: Os próprios autores.

EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS CASOS E ÓBITOS POR COVID-19 NO PIAUÍ

A evolução temporal das taxas de incidência e mortalidade por COVID-19 de março de 2020 a março de 2021 está representada nos gráficos da Figura 5 para os seguintes territórios: Piauí, capital Teresina e demais municípios do interior do estado.

Verificou-se a presença de dois pontos de inflexão em cada um dos seis gráficos, o que implica dizer que a variação da COVID-19 é bastante dinâmica no território piauiense, levando a mudanças na tendência da mortalidade e da incidência da doença ao longo do período analisado. Para os dois desfechos observou-se, inicialmente, um aumento na incidência e mortalidade, seguido de um decréscimo e, após isso, novo aumento nos primeiros meses de 2021.

FIGURA 5 - Análise JoinPoint da incidência e mortalidade por COVID-19 no Piauí no período de março de 2020 a março de 2021. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2021.



Fonte: Os próprios autores.

A Tabela 1 mostra as informações detalhadas sobre a evolução temporal da incidência e mortalidade por COVID-19 com sua Variação Percentual Mensal. Verificou-se que no interior do estado houve um aumento na incidência de COVID-19 de 153,0% no período de março a julho de 2020, seguido de decréscimo mais discreto e estatisticamente significativo (MPC: -20,2%; p=0,03) até meados de dezembro de 2020. Contudo, na capital Teresina o aumento da incidência nos primeiros três meses da pandemia foi de 345,6%, isto é, mais que o dobro do verificado nos municípios do interior. Além disso, ao mesmo tempo em que a incidência decrescia no interior do estado no segundo semestre de 2020, na capital a tendência foi considerada estacionária, ou seja, houve um período de estabilização na incidência a partir do mês de junho de 2020 que perdurou até março de 2021.

A tendência temporal da mortalidade por COVID-19 aponta para o alto percentual de crescimento dos óbitos até o mês de junho de 2020 em todo o território piauiense (394,6%), em Teresina (427,5%) e no interior do estado (403,5%). A partir daí, observou-se um período de decréscimo mais discreto na mortalidade na capital e no interior que foi interrompido por um novo período de aumento a partir de dezembro de 2020 em Teresina e um pouco mais, tardiamente, (janeiro de 2021) nos municípios do interior do estado (Tabela 1).

A nova tendência de crescimento significativo da incidência (58,2%) e da mortalidade (109,5%) no Piauí a partir de janeiro de 2021 pode estar relacionada com as eleições municipais que ocorreram no mês de novembro de 2020, bem como a não adesão às recomendações de distanciamento social, afrouxamento de decretos mais rígidos e à demora das autoridades governamentais em garantir vacina para a população desde que estas foram disponibilizadas, culminando em uma segunda onda de casos e mortes.

Tabela 1 – Variação percentual mensal da incidência e mortalidade por COVID-19 no Piauí de março de 2020 a março de 2021. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2021.

Desfecho	Local	Período	MPC*	IC95%**	Valor de p	Tendência
	Piauí	03/20 – 07/20	130,4	39,6 – 280,4	0,001	Crescente
		07/20 – 01/21	-13,7	-20,7 – -6,0	0,001	Decrescente
		01/21 – 03/21	58,2	9,3 – 128,9	0,02	Crescente
		03/20 – 03/21	32,5	15,2 – 52,3	<0,001	Crescente
Incidência de COVID-19	Teresina	03/20 – 06/20	345,6	-5,7 – 2006,5	0,05	Crescente
		06/20 – 01/21	-4,6	-12,1 – 3,5	0,20	Estacionária
		01/21 – 03/21	40,5	-12,6 – 125,8	0,12	Estacionária
		03/20 – 03/21	49,6	10,3 – 102,8	0,01	Crescente
	Interior	03/20 – 07/20	153,0	0,8 – 535,0	0,049	Crescente
		07/20 – 12/20	-20,2	-34,4 – -3,0	0,03	Decrescente
		12/20 – 03/21	37,4	2,2 – 84,7	0,04	Crescente
		03/20 – 03/21	34,3	4,7 – 72,1	0,02	Crescente
Piauí	03/20 – 06/20	394,6	55,6 – 1742,6	0,016	Crescente	
	06/20 – 01/21	-17,2	-23,7 – -10,0	0,002	Decrescente	
	01/21 – 03/21	109,5	34,1 – 227,4	0,008	Crescente	
	03/20 – 03/21	51,2	20,0 – 90,4	<0,001	Crescente	
Mortalidade por COVID-19	Teresina	03/20 – 06/20	427,5	27,0 – 2091,4	0,03	Crescente
		06/20 – 12/20	-30,3	-40,3 – 18,8	0,002	Decrescente
		12/20 – 03/21	69,0	16,9 – 144,3	0,015	Crescente
		03/20 – 03/21	44,2	8,3 – 92,1	0,012	Crescente
	Interior	03/20 – 06/20	403,5	57,7 – 1507,4	0,016	Crescente
		06/20 – 01/21	-10,9	-17,3 – -4,1	0,010	Decrescente
		01/21 – 03/21	96,9	35,4 – 186,4	0,006	Crescente
		03/20 – 03/21	56,7	24,7 – 97,0	<0,001	Crescente

Fonte: Os próprios autores.

*MPC: *Monthly Percentage Change* (Variação Percentual Mensal)

**IC95%: Índice de confiança de 95%

CONCLUSÃO

Notou-se uma possível relação de contaminação por meio de contatos interestaduais, uma vez que municípios que fazem divisa com o Maranhão se mostraram com taxas mais altas de mortalidade e incidência, bem como com riscos relativos superiores ao risco observado em todo o território analisado. Assim, infere-se que tem se mantido um quadro similar ao início da pandemia, pois a maioria dos municípios que apresentaram taxas preocupantes agora já haviam sido apontados no primeiro estudo realizado com dados dos três primeiros meses do registro do primeiro caso e do primeiro óbito no estado.

Na análise temporal, foi observada a existência de dois pontos de inflexão em todos os gráficos, revelando um padrão de duas ondas de altas taxas de incidência e mortalidade no estado. Desse modo, sugere-se uma fiscalização mais intensa nas regiões de divisa por meio da implantação de medidas como o uso de aplicativos de controle das Barreiras Sanitárias 24 horas por dia. Além disso, a realização de testes rápidos de pessoas procedentes do Maranhão também pode ser eficaz, especialmente nesse momento em que a nova cepa indiana (B.1617), variante mais transmissível que a cepa original, foi detectada no estado vizinho no dia 20 de maio de 2021.

A razão pela qual se faz necessária a representação destes dados através da análise espaço-temporal é contribuir com a visualização de um modo geral da situação da área estudada, permitindo assim mais possibilidades e eficácia na tomada de decisões com relação aos métodos de prevenção e de controle da doença.

REFERÊNCIAS

BRASIL. COVID-19 - **Painel Coronavírus, 2021**. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/> . Acesso em: 31 de mar. de 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Folha Informativa – COVID-19, 2021**. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_con

<tent&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875>. Acesso em 02 de mar. de 2021.

PIAUÍ. Governo do Estado do Piauí. **Painel COVID19 Piauí, 2021**. Disponível em: <https://datastudio.google.com/reporting/a6dc07e9-4161-4b5a-9f2a-6f9be486e8f9/page/2itOB>>. Acesso em 31 de mar de 2020.