

ARTIGO ORIGINAL

# Análise da mortalidade e letalidade por COVID-19 em uma região de baixa renda: um estudo ecológico de série temporal no Tocantins, Amazônia Brasileira

## *Análise da mortalidade e letalidade por COVID-19 em uma região de baixa renda: um estudo ecológico de série temporal no Tocantins, Amazônia Brasileira*

Andre Evaristo Marcondes Cesar<sup>a</sup>, Blanca Elena Guerrero Daboin<sup>a</sup>, Tassiane Cristina Morais<sup>b,c</sup>, Isabella Portugal<sup>d</sup>, Jorge de Oliveira Echeimberg<sup>e</sup>, Luciano Miller Reis Rodrigues<sup>e</sup>, Lucas Cauê Jacintho<sup>f</sup>, Rodrigo Daminello Raimundo<sup>e</sup>, Khalifa Elmusharaf<sup>a</sup>, Carlos Eduardo Siqueira<sup>a,g</sup>

 Open access

<sup>a</sup>Master of Public Health Program, School of Medicine, University of Limerick, V94 T9PX, Limerick, Ireland.

<sup>b</sup>Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia (EMESCAM), 29045-402 Vitória, ES, Brazil.

<sup>c</sup>Departamento de Educação Integrada em Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, 29075-910 Vitória, ES, Brazil.

<sup>d</sup>Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 05403-000 São Paulo, SP, Brazil.

<sup>e</sup>Laboratório de Delineamento de Estudos e Escrita Científica, Centro Universitário FMABC, 09060-870 Santo André, SP, Brazil.

<sup>f</sup>Divisão de Imunologia e Alergia Clínica, Departamento de Medicina, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 05403-000 São Paulo, SP, Brazil.

<sup>g</sup>Department of Urban Planning and Community Development, School for the Environment, University of Massachusetts Boston, 100 Morrissey Boulevard, Boston, MA 02125.

**Autor correspondente**  
luizcarlos.deabreu@ul.ie

Manuscrito recebido: setembro 2021  
Manuscrito aceito: outubro 2021  
Versão online: novembro 2021

### Resumo

**Introdução:** inserido em vulnerável contexto da Amazônia Brasileira, o estado de Tocantins tem sofrido danos com a disseminação da COVID-19 em seu território; entretanto, escassas evidências têm sido publicadas sobre este estado.

**Objetivo:** e objetivo deste estudo é analisar a letalidade, mortalidade e incidência da COVID-19 em Tocantins.

**Método:** este é um estudo ecológico, de base populacional, com análises de séries temporais de casos e óbitos de COVID-19 no estado do Tocantins de março de 2020 a agosto de 2021.

**Resultados:** no período examinado foram registrados 219.031 casos de COVID-19 e 3.594 óbitos devido a doença. Foram caracterizadas nesta análise de série temporal a formação de duas possíveis ondas. Notavelmente, a segunda onda apresentou as maiores taxas de letalidade (3,02% - abril de 2021), mortalidade (39,81 óbitos por 100.000 habitantes - março de 2021) e incidência (1.938,88 casos por 100.000 habitantes - março de 2021). No final do período, a mortalidade, incidência e letalidade apresentaram tendências estacionárias, sugerindo um resultado positivo do programa de vacinação.

**Conclusão:** as ações de prevenção, vigilância e controle dos casos de COVID-19 no Estado do Tocantins têm sido direcionadas para mitigar os efeitos deletérios da pandemia. No entanto, esforços ainda são necessários para diminuir as tendências da letalidade, mortalidade e, em última instância, para alcançar o controle da pandemia de COVID-19 na região.

**Palavras-chave:** COVID-19, incidência, letalidade, mortalidade, tendências.

**Suggested citation:** Cesar AEM, Daboin BEG, Morais TC, Portugal I, Echeimberg JO, Rodrigues LMR, Jacintho LC, Raimundo RD, Elmusharaf K, Siqueira CE. Analysis of COVID-19 mortality and case-fatality in a low-income region: an ecological time-series study in Tocantins, Brazilian Amazon. *J Hum Growth Dev.* 2021; 31(3):496-506. DOI: 10.36311/jhgd.v31.12744

## Síntese dos autores

### Por que este estudo foi feito?

Este estudo foi realizado devido a lacunas na literatura científica sobre a evolução da COVID-19 no estado de Tocantins, norte do Brasil, em adição a necessidade de constante monitoramento de indicadores epidemiológicos de incidência, mortalidade e letalidade da COVID-19 em áreas inseridas em um contexto de vulnerabilidade, como é o caso de território pertencente à Amazonia Legal Brasileira.

### O que os pesquisadores fizeram e encontraram?

Os pesquisadores realizaram um estudo ecológico com análise temporal das taxas de incidência, mortalidade e letalidade da COVID-19 no Tocantins de março de 2020 a agosto de 2021. Os pesquisadores encontraram a formação características de duas possíveis ondas da COVID-19 em Tocantins; foi durante a segunda onda que o estado registrou as maiores taxas de incidência, letalidade e mortalidade. Entretanto, no final de agosto de 2021 as taxas de incidência, mortalidade e letalidade apresentaram tendências estacionárias, sugerindo um resultado positivo do programa de vacinação.

### O que essas descobertas significam?

Esforços ainda são necessários para reduzir as tendências de letalidade, mortalidade e incidência de modo a atingir o controle da Pandemia da COVID-19 no Tocantins.

## INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 afetou fortemente o Brasil, o qual ocupou o segundo lugar no ranking de óbitos mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América. Este país sul-americano vem enfrentando uma das mais complexas crises hospitalares e do sistema de saúde de sua história<sup>1</sup>. Desde o primeiro caso confirmado por COVID-19 relatado em 26 de fevereiro de 2020<sup>2</sup>, o Brasil apresentou circunstâncias epidemiológicas críticas em sua vasta dimensão territorial, variando em gravidade de região para região<sup>3</sup>.

Essas diferenças geográficas de densidade populacional, acesso aos serviços de saúde, idade e fatores socioeconômicos, têm acentuado as iniquidades afetando, principalmente, as regiões mais pobres do país, como a região Norte<sup>4</sup>. Esta região sofre desequilíbrios nos falhos sistemas de previdência social e nas escassas medidas de controles adequadas e integradas que agravam os índices de mortalidade e vulnerabilidade social<sup>5</sup>.

No contexto de vulnerabilidade do Nordeste do Brasil, o Tocantins detém a participação de aproximadamente 0,5% do Produto Interno Bruto Nacional, sendo um dos estados que menos contribui<sup>6</sup>. Além disso, 93% de sua população depende do Sistema Único de Saúde<sup>7</sup>.

Como outros estados da região amazônica, o Tocantins é uma área endêmica para outras doenças infecciosas clinicamente semelhantes à COVID-19, fato que corrobora para a necessidade de realização de diagnósticos diferenciais. Servindo de exemplo as evidências de coinfeções de SARS-CoV-2 com dengue<sup>8</sup>. Este contexto sindêmico dificulta a detecção e o tratamento da COVID-19 na região.

A taxa de mortalidade é uma das principais características que diferenciam o coronavírus dos surtos da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) e da Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS)<sup>9</sup>. Dadas as oscilações detectadas na incidência e letalidade da COVID-19, torna-se relevante estudar e compreender os fatores regionais que afetam o contágio e a disseminação desse novo vírus. Além disso, estudos de séries temporais são úteis para analisar as curvas de comportamento da pandemia<sup>10</sup>.

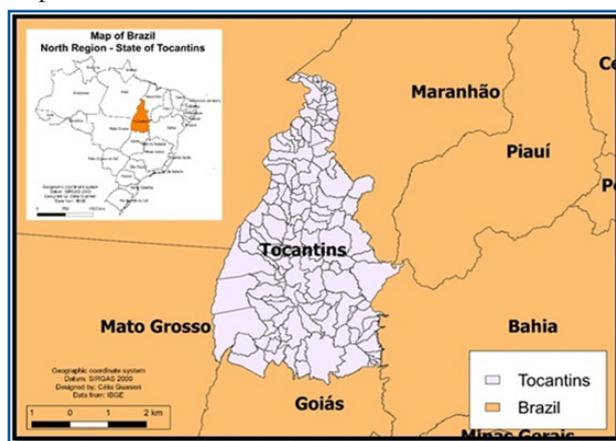
O primeiro caso confirmado da COVID-19 no Tocantins foi notificado na capital do estado, em 18 de

março de 2020, por um viajante que voltava de Fortaleza, área urbana do Nordeste<sup>11</sup>. Um mês depois, as autoridades estaduais relataram sua primeira morte devido a esta doença<sup>12</sup>. A situação piorou significativamente, mesmo após um ano do registro do primeiro caso de COVID-19 no estado<sup>2</sup>; entretanto, poucas evidências são publicadas sobre esse estado, que é o mais novo das Unidades Federativas brasileiras e concentra apenas 0,7% da população total do país<sup>6</sup>.

Portanto, este estudo analisou a letalidade, mortalidade e incidência de COVID-19 no Tocantins, Brasil, no período de março de 2020 a agosto de 2021.

## MÉTODO

Trata-se de um estudo ecológico, de séries temporais que analisou casos e óbitos por COVID-19 no estado do Tocantins (figura 1). Este estudo faz parte de um projeto guarda-chuva de base populacional, no qual cada estado do Brasil foi analisado separadamente, seguindo um protocolo padrão para estudos ecológicos de séries temporais, conforme descrito por Abreu Elmusharaf e Siqueira<sup>10</sup>.



**Figura 1:** Mapa do Tocantins e sua localização no território brasileiro

Os dados foram obtidos diretamente no Banco de Dados Eletrônico do painel COVID-19 desenvolvido pela Secretaria de Saúde do Tocantins. É um banco de dados públicos que contém informações oficiais sobre os casos e óbitos causados pela COVID-19, sem a identificação do paciente<sup>13</sup>.

No período de março de 2020 a agosto de 2021, um total de 219.031 casos acumulados e 3.594 óbitos foram causados pela COVID-19. Foram incluídos no estudo todos os casos e óbitos por COVID-19 que tiveram confirmação laboratorial, clínica e/ou epidemiológica. Os casos foram classificados de acordo com a data do teste, enquanto os óbitos foram classificados de acordo com a data do óbito; aqueles sem informações de data foram excluídos.

Dois pesquisadores diferentes coletaram dados para evitar viés de coleta. Em seguida, as informações extraídas foram organizadas em planilha eletrônica Excel (Microsoft Corp., Redmond-WA, USA, 2021) para posterior análise. O banco de dados foi atualizado em 29 de setembro de 2021.

As taxas de incidência (1) e mortalidade (2) por 100.000 habitantes e a letalidade (3) (%) foram determinadas de acordo com as seguintes equações:

$$(1) \text{ Incidência} = \frac{\text{números de casos}}{\text{população}} \times 100,000$$

$$(2) \text{ Mortalidade} = \frac{\text{números de óbitos}}{\text{população}} \times 100,000$$

$$(3) \text{ Caso-fatalidade} = \frac{\text{números de óbitos}}{\text{números de casos}} \times 100$$

A população utilizada para os cálculos foi a população estimada pelo Tribunal de Contas da União (população TCU). Correspondeu à população residente no Tocantins e foi estimada em 1.572.866 habitantes para o ano de 2019<sup>14</sup>.

Para análise de tendências, o período foi dividido em duas ondas: a Primeira Onda (O1), de março a novembro de 2020, e a Segunda Onda (O2), de dezembro de 2020 a agosto de 2021. Destaca-se que a O1 encerrou com a menor taxa de mortalidade em novembro de 2020, de acordo com a análise da forma da curva.

O modelo de regressão de Prais-Winsten para taxas de mortalidade populacional foi usado para construir uma série temporal, bem como para determinar as tendências de incidência, letalidade e mortalidade<sup>15</sup>. A probabilidade (p) e o percentual de mudança diária (DPC – Daily Percent Change) foram estimados, considerando um nível de significância de 95%, de acordo com as equações (1), (2) e (3):

$$(1) \text{ DPC} = (10^{\beta} - 1) \times 100\%$$

$$(2) (IC95\%)_{ul} = (10^{\beta_{max}} - 1) \times 100\%$$

$$(3) (IC95\%)_{li} = (10^{\beta_{min}} - 1) \times 100\%$$

Nessas equações, consideramos  $\beta$  como o coeficiente angular da regressão linear, os índices  $ul$  como o limite superior e  $li$  como o limite inferior do nível de confiança.

As análises estatísticas foram realizadas usando o software STATA 14.0 (College Station, TX, U.S. 2013). O número reprodutivo efetivo (Rt) foi estimado usando o software R studio EpiEstim package<sup>16</sup>, versão 2.2.4,

utilizou-se um número de reprodução variável no tempo para epidemias conforme o desenvolvido por Thompson e colaboradores<sup>17</sup>. Foi utilizado um intervalo seriado médio de 2,97 dias, com desvio padrão de 3,29 dias, conforme descrito em estudos anteriores<sup>18,19</sup>. Em seguida, realizamos uma análise de correlação de Spearman entre Rt e casos novos diários, Rt e mortes diárias, e Rt e letalidade.

## RESULTADOS

Entre os estados amazônicos o Tocantins é provavelmente um dos menos conhecidos do Brasil e do exterior. A tabela 1 descreve algumas das características sociodemográficas e informações inerentes à infraestrutura do sistema hospitalar do Estado do Tocantins.

**Tabela 1:** Características sociodemográficas do estado do Tocantins, Brasil

Características Sociodemográficas	Descrição
Região*	Sudeste
Número de municípios*	139 municípios
Capital do Estado*	Palmas
Extensão territorial*(2020)	277.423,630 km <sup>2</sup>
População**	1.572.866 habitantes
Densidade demográfica*(segundo o último censo, 2010)	4,9 habitantes/km <sup>2</sup>
Renda familiar mensal per capita*	1.060 reais
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)*(segundo o último censo, 2010)	0,699
Número médio de pessoas por domicílio+(2019)	3 pessoas
Número de Unidades Básicas de Saúde#	427 unidades
Total de leitos hospitalares##(31 de Agosto de 2021)	
Leitos Clínicos - COVID-19 – Público	57 leitos clínicos
Leitos Clínicos - COVID-19 – Privado	14 leitos clínicos
Leitos COVID-19 – de UTI - Público	83 leitos de UTI
Leitos COVID-19 – de UTI - Privado	15 leitos de UTI
Vacinação (número de doses aplicadas)##(31 de Agosto de 2021)	1.164.822 doses

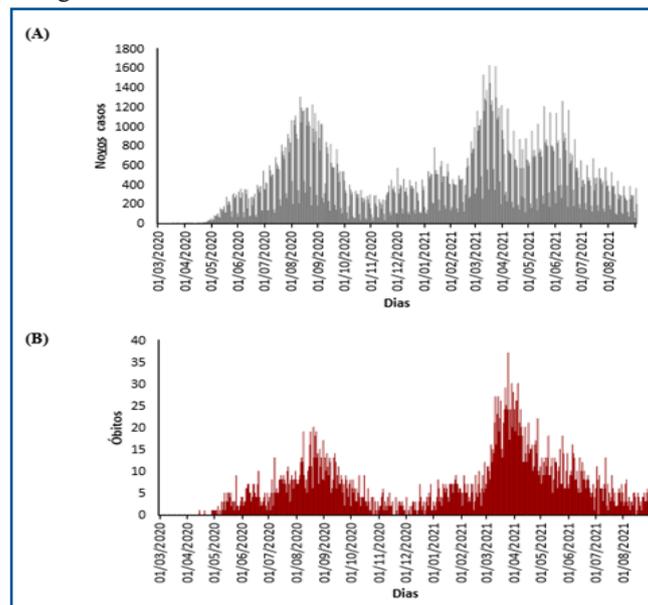
Fonte: \*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística<sup>6</sup>.

\*\*Datusus - Estimativa da população residente 2019 - Tribunal de Contas da União (TCU)<sup>14</sup>. +Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA<sup>20</sup>. #Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNESNet)<sup>21</sup>. ##Secretaria de Saúde do Estado de Tocantins<sup>13</sup>.

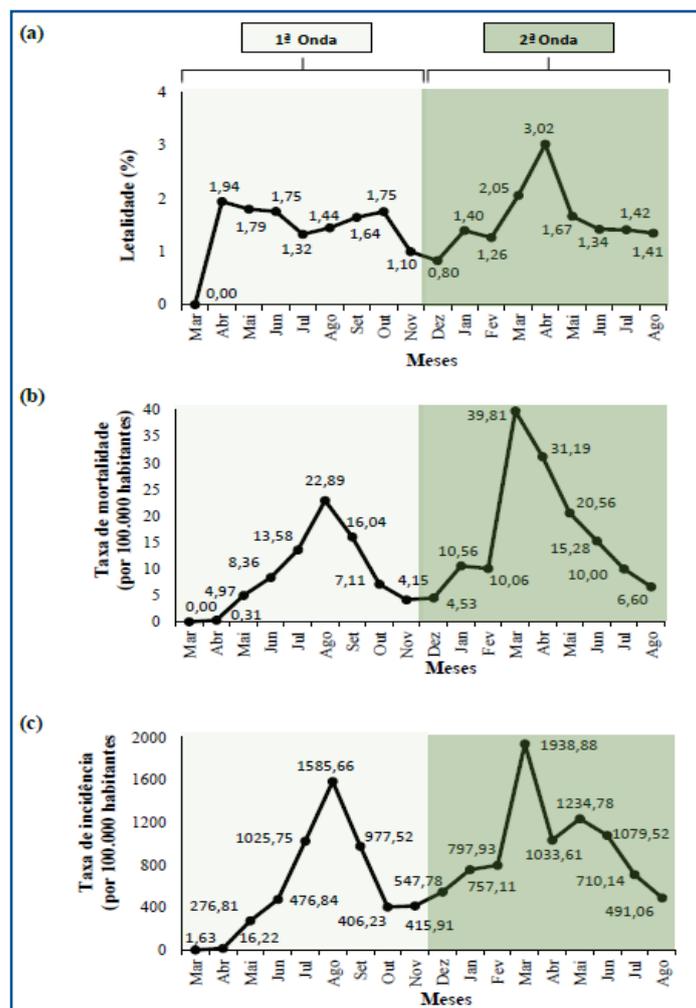
Ao longo do período estudado foram identificados 219.031 casos (figura 2a) e 3.594 óbitos por Covid-19 (figura 2b).

A figura 3 apresenta duas ondas possíveis: a primeira ocorreu em 2020 de março a novembro, e a segunda de dezembro de 2020 a agosto de 2021. A maior

taxa de letalidade no período (3,02%) foi em abril de 2021 (figura 3a), e as taxas de mortalidade (39,81 óbitos por 100.000 habitantes) e incidência (1.938,88 novos casos por 100.000 habitantes) mais elevadas foram em março de 2021 (figura 3b e 3c).



**Figura 2:** Número diário de casos novos (a) e óbitos (b) por COVID-19 no Estado do Tocantins de março de 2020 a agosto de 2021



**Figura 3:** Taxas brutas de letalidade percentual (a), mortalidade (b) e incidência (c) por 100.000 habitantes da COVID-19 no estado do Tocantins de março de 2020 a agosto de 2021

Além disso, a tabela 2 ilustrou que as taxas de mortalidade e letalidade durante a primeira onda (O1) apresentaram tendências estacionárias, embora a

incidência estivesse com tendências crescentes,  $p < 0,05$ . As tendências de todos os indicadores permaneceram estáveis durante a segunda onda (O2).

**Tabela 2:** Estimativas de regressão de Prais-Winsten e Percentual de mudança diária (DPC) da letalidade (%), e taxa de mortalidade e incidência por 100.000 habitantes da COVID-19 no Estado do Tocantins, durante março de 2020 a agosto de 2021

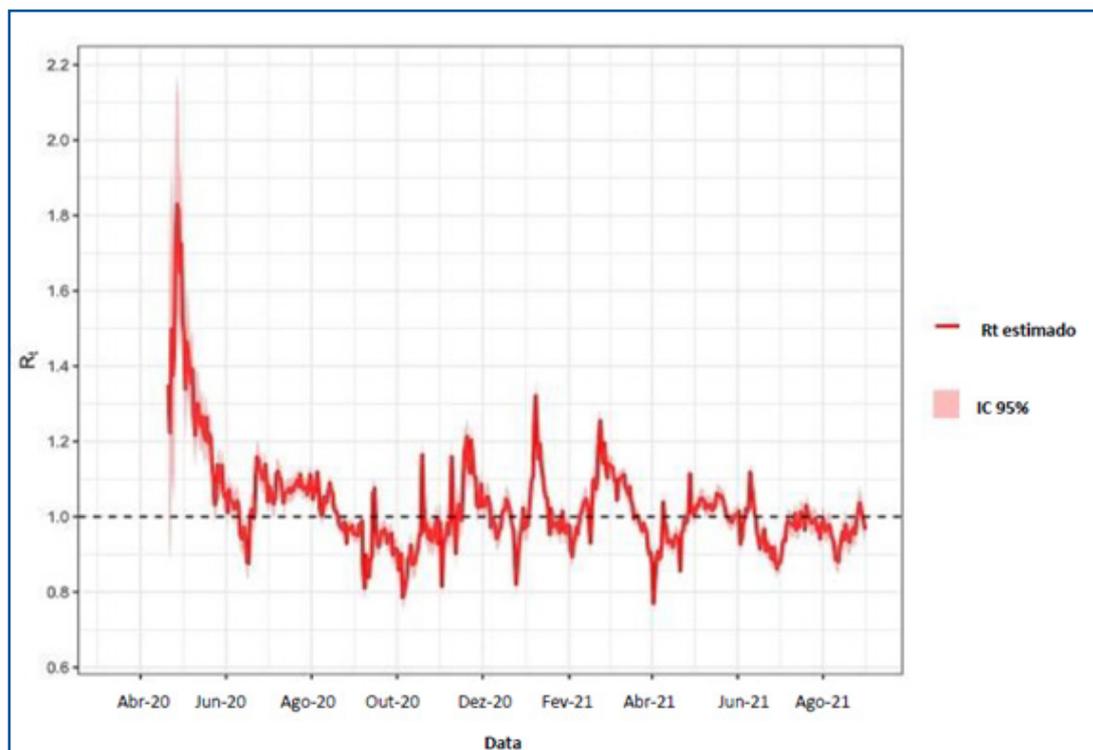
	Período	
	Março 2020 a Novembro de 2020 (1º onda)	Dezembro de 2020 a Agosto de 2021 (2º onda)
<b>DPC (CI 95%) letalidade</b>	-0.23 (-0.50:0.05)	0.10 (-0.08:0.27)
<b>p</b>	0.103	0.271
<b>Tendência de letalidade</b>	Flat	Flat
<b>DPC (CI 95%) Mortalidade</b>	0.22 (-0.13:0.57)	0.17 (-0.12:0.47)
<b>P3</b>	0.215	0.238
<b>Tendência de Mortalidade</b>	Flat	Flat
<b>DPC (CI 95%) Incidência</b>	2.23 (1.39:3.07)	-0.04 (-0.22:0.13)
<b>p</b>	<0.001*	0.647
<b>Tendência de Incidence</b>	Increase	Flat

DPC – Percentual de mudança diário (Daily Percent Change - %); IC 95% – Intervalo de Confiança de 95%; p-valor – probabilidade de significância estatística. \*Diferenças estatísticas detectadas pelo teste de regressão de Prais-Winsten,  $p < 0,05$ .

Fonte: Casos, óbitos, foram extraídos da Secretaria de Saúde do Estado de Tocantins, Brasil<sup>13</sup>.

A figura 4 indica o valor  $R_t$  em função do tempo para o período avaliado. O valor estimado de  $R_t$  para a COVID-19 sofreu flutuações durante o período. Houve um pico de crescimento significativo entre abril e maio de 2020, em seguida, houve predomínio de  $R_t$  com índices abaixo de um (1) a partir de agosto de 2020, seguido de

aumento na transmissibilidade viral após outubro de 2020. Durante a segunda onda, um pico é observado em janeiro de 2021 com predomínio de  $R_t$  acima de um (1) até junho do mesmo ano, com comportamento estacionário nos meses posteriores ( $R_t < 01$ ).



**Figura 4:** Número de Reprodução Efetiva ( $R_t$ ) estimado para a COVID-19 durante o período de 14 de abril de 2020 a 31 de agosto de 2021, Tocantins, Brasil

IC = Intervalo de Confiança.  $R_t$  = Número de reprodução efetiva.

Esse padrão parece semelhante à série temporal de novos casos. Portanto, as análises de correlação foram realizadas entre  $R_t$  e casos novos diários, entre  $R_t$  e

mortes diárias e entre  $R_t$  e letalidade. Os resultados para os coeficientes de Spearman ( $\rho$ ) foram demonstrados na tabela 3.

**Tabela 3:** Estudo da correlação de Spearman entre  $R_t$  e letalidade, novos casos e óbitos diários

Análise	$\rho$ (IC 95%)	Graus de liberdade	Estatísticas S	p-valor
$R_t$ x Letalidade	-0,246 (-0.334: -0.170)	457	25701472	< 0,001
$R_t$ x Novos Casos	0,026 (-0.061: 0.113)	457	20047628	= 0,562
$R_t$ x Óbitos	-0,167 (-0,253: -0,070)	457	24019576	< 0,001

IC: Intervalo de Confiança, p-valor: a probabilidade de significância estatística. Fonte: Casos e óbitos foram extraídos da Secretaria de Saúde do Estado de Tocantins, Brasil<sup>13</sup>.

Além disso, o coeficiente de correlação entre  $R_t$  e óbitos mostrou-se significativo na tabela 3. Ou seja, o comportamento da frequência de óbitos está negativamente associado ao  $R_t$ , apesar da baixa intensidade da correlação. O valor esperado para o coeficiente de correlação entre essas variáveis seria  $\rho = 0$ . Portanto, apesar de ter significância estatística, o valor de  $\rho$  sugere que  $R_t$  é fracamente dependente do número de óbitos diários e que o  $R_t$  tem comportamento contrário a esse número. Não houve correlação significativa entre  $R_t$  e novos casos. Esse resultado se opõe ao que era esperado; presume-se que um incremento em  $R_t$  implicaria no aumento do número de novos casos diários. Porém, o coeficiente de correlação  $\rho = 0,026$  e o p-valor = 0,562, que é pelo menos dez vezes maior que a significância  $\alpha$ , revelaram que essas variáveis são independentes. Para a correlação entre  $R_t$  e letalidade, foi encontrado  $\rho = -0,246$  com valor de  $p < 0,001$ , sugerindo uma associação negativa significativa entre  $R_t$  e letalidade. Ou seja, conforme o número de infecções aumenta, a letalidade diminui.

## DISCUSSÃO

De março de 2020 a agosto de 2021, o Tocantins foi afetado por 219.031 casos de COVID-19, dos quais 3.594 deles evoluíram a óbito. Nesse período, houve a formação de duas possíveis ondas. As taxas de mortalidade e letalidade permaneceram estáveis durante a primeira onda, mas a taxa de incidência apresentou tendência crescente. Iniciativas de prevenção foram implementadas<sup>22</sup> e medidas de distanciamento social foram adaptadas para reduzir o risco de transmissão. Imediatamente após a confirmação do primeiro caso, as autoridades locais declararam estado de calamidade pública, incluindo restrições a atividades não essenciais, como comércio e turismo<sup>23</sup>. Por outro lado, um processo de (re)planejamento, (re)organização, (re)alocação de recursos humanos e financeiros deveria ser implementado pelo Estado para que houvesse uma resposta rápida e eficaz nas emergências de Saúde Pública, tais como (1) continuidade de serviços essenciais; (2) implementação bem coordenada de ações prioritárias; (3) comunicação interna e externa clara e precisa; (4) adaptação rápida às demandas crescentes; (5) uso eficaz de recursos escassos; e (6) ambiente seguro para profissionais de saúde e pacientes<sup>24</sup>.

A importância dessas ações não farmacológicas para prevenir o aumento de infecções, provavelmente não foi dada no início da pandemia, principalmente em áreas urbanas, o que influenciou no aumento do número de

novos casos e favoreceu o início de uma nova onda no final de novembro de 2020. Porém, de acordo com o boletim de maio a junho<sup>25</sup>, a capital do Tocantins estava entre as cidades urbanas que adotaram políticas mais rigorosas por longos períodos. Seria possível que a população não estivesse preparada para praticar o uso de máscara individual e comunitária, distanciamento e medidas de higienização das mãos por períodos prolongados<sup>26</sup>.

A taxa de letalidade de 2,38% marcou o início da pandemia em abril de 2020, quando as primeiras mortes ( $n = 3$ ) por COVID-19 foram relatadas. Este resultado coincide com a letalidade da COVID-19 divulgada pelo Governo do Estado do Tocantins no início da pandemia, com registro de letalidade de 2,03% em maio de 2020<sup>27</sup>. No entanto, essa letalidade foi inferior à encontrada em outros estados, como o Piauí (9,09%), Pernambuco (7,35%) e São Paulo (5,97%) durante a 13ª semana epidemiológica<sup>28</sup>.

De acordo com o relatório do Observatório COVID-19 da Fundação Oswaldo Cruz, nos primeiros seis meses da pandemia, o Tocantins, apesar de sua baixa população, teve uma das maiores taxas de incidência do país. Em agosto de 2020, o estado atingiu a terceira maior taxa na região Norte, com tendências crescentes nas taxas de incidência e mortalidade<sup>29</sup>. Semelhante aos nossos achados, picos de incidência (1.585,66 casos por 100.000 habitantes) e mortalidade (22,89 óbitos por 100.000 habitantes) ocorreram em agosto de 2020 durante a 1ª Onda. Apesar dos elevados incrementos nos indicadores de incidência e mortalidade descritos em agosto de 2020, a 2ª Onda apresentou circunstâncias mais angustiantes. As alarmantes taxas de incidência e mortalidade relatadas em março de 2021 (figuras 3b e 3c) quase dobraram o número de mortes do pior mês durante a 1ª Onda.

Em março de 2021, a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) divulgou boletim especial alertando sobre a piora simultânea em todo o Brasil dos diversos indicadores, com aumento no número de casos e óbitos por COVID-19, manutenção de elevados índices de incidência de SARS, altas taxas de positividade dos testes e sobrecarga hospitalar. Nesse período, todos os estados do nordeste brasileiro, inclusive o Tocantins, apresentavam taxas de ocupação dos leitos de UTI adulto COVID-19 acima de 80%<sup>30</sup>.

As altas taxas indicam que, mesmo após um ano de pandemia, Tocantins e o Brasil enfrentaram um cenário desafiador de condições catastróficas para controlar a disseminação da COVID-19. Vários fatores podem ter contribuído para essa situação, como as festas

típicas brasileiras como o carnaval e infecções por novas variantes. O maior pico de casos e óbitos observado durante a 2ª Onda, em março de 2021, aconteceu após os feriados do carnaval. Embora o carnaval oficial tenha sido cancelado<sup>31</sup>, ainda assim, as pessoas se aglomeraram nas ruas e em festas particulares, o que agravou a disseminação do vírus. Além disso, no referido período a variante P1 (Manaus) do SARS-CoV-2 foi detectada pela primeira vez e apresentava maior transmissibilidade<sup>32</sup>. Nesse cenário controverso, não foram realizados exames suficientes para detectar a doença, de modo que não havia conhecimento preciso sobre pacientes assintomáticos.

É possível que os fatores apontados tenham contribuído para que Tocantins atingisse, em abril de 2021, a maior taxa de letalidade (3,02%) desde o início da pandemia; entretanto, neste período, as taxas de transmissibilidade viral foram predominantemente controladas ( $R_t < 1$ ). Neste estudo, foi encontrada uma correlação negativa entre  $R_t$  e letalidade. Ainda assim, esses resultados devem ser interpretados com cautela, pois muitos outros fatores influenciam as repercussões fatais do COVID-19, como gênero, etnia e fatores de risco<sup>33,34</sup>.

Além disso, a maioria dos estados brasileiros adotou medidas mais restritivas para mitigar a disseminação da SARS-CoV-2 apenas em um cenário caracterizado por elevado número de óbitos e elevadas taxas de ocupação de leitos hospitalares. Nesse sentido, o  $R_t$  seria um dos principais indicadores a serem considerados durante a tomada de decisão governamental para conter a propagação da doença e futuros colapsos nos sistemas de saúde.

Monitorar os escores do  $R_t$  é essencial para implementar estratégias de enfrentamento à pandemia. Medidas de relaxamento para controle da mobilidade da população somente devem ser adotadas quando os valores de  $R_t$  estiverem abaixo de 1, nestes casos as situações ainda podem ser manejadas<sup>35</sup>. O atendimento à população pode ser direcionado aos serviços de atenção básica, fundamental para a sustentação dos sistemas de saúde, protegendo-se contra as demandas excessivas geradas pela pandemia.

No entanto, no final de agosto de 2021, as tendências da mortalidade, letalidade e incidência eram estáveis. Embora, este fato possa ter sido um desfecho positivo do programa de vacinação, com predominância de  $R_t$  abaixo de um (1), ressalta-se que o cenário pandêmico está sempre em constante mudança. Assim, os esforços atuais devem ser intensificados para conter a propagação do SARS-CoV-2 nesta região e minimizar as consequências catastróficas no futuro. Determinantes específicos estão afetando a situação da pandemia no Tocantins, destaca-se a sua localização geográfica como o entroncamento estratégico com Estradas Estaduais. Além de um vasto trevo rodoviário que leva às cidades das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste<sup>36</sup>, facilitando a disseminação do novo coronavírus.

A densidade demográfica do Tocantins é de 4,98 hab. / km<sup>2</sup>. Em contraste, o número médio de pessoas por domicílio na área urbana é de três<sup>20</sup>, o que afeta a alta incidência de infecções por COVID-19<sup>37,38</sup>. Além disso, as pessoas apresentam limitações de isolamento<sup>39</sup>. Essas variáveis afetam principalmente Palmas, a capital.

Além disso, dados da Secretaria de Saúde do Estado do Tocantins<sup>40</sup> revelaram que 7.886 indígenas e 6.551 afrodescendentes (quilombos) vivem nas margens dos rios em residências onde há grande concentração de indivíduos. Os barcos lotados nos rios da região amazônica<sup>41</sup> também são um fator de risco para a disseminação do SARS-CoV-2.

O Tocantins foi um dos primeiros estados a apresentar um plano de contingência para enfrentar a COVID-19. Da mesma forma, criaram um comitê de crise com autoridades representativas de cada poder, órgão de controle e segurança, autoridades e profissionais de saúde. Essas iniciativas foram realizadas para debater e buscar ações e estratégias conjuntas para minimizar o impacto da pandemia<sup>42</sup>.

No entanto, este estado sofre restrições de serviços de saúde em horários regulares. Durante a pandemia, as autoridades têm que lidar com uma crise que requer uma resposta urgente, principalmente porque as taxas de letalidade, mortalidade e incidência dependem fortemente de fracos índices socioeconômicos e infraestrutura de saúde local.

As medidas foram mais rígidas em Palmas, a área urbana mais populosa<sup>43</sup>. O número de leitos foi ampliado de 163 para 467 para tratamento exclusivo da COVID-19, de abril de 2020 a abril de 2021 foram contratados profissionais de saúde e disponibilizados equipamentos de proteção individual<sup>27</sup>. No entanto, o número consolidado de leitos de UTI (públicos e privados) é de aproximadamente 0,9 por 10.000 habitantes, indicador que está abaixo de 2,2, que é a média nacional<sup>44</sup>.

Segundo o observatório da FIOCRUZ<sup>45</sup>, a taxa de ocupação de leitos de terapia intensiva no Tocantins caiu para 75%. Ainda assim, esse percentual é alto, um dos fatores que pode ter influenciado essa melhora é o processo de imunização, com 718 mil pessoas vacinadas. O plano de vacinação contra a COVID-19 segue as diretrizes nacionais, em que os grupos prioritários incluem povos indígenas, comunidades afrodescendentes (quilombos) e comunidades tradicionais ribeirinhas<sup>27</sup>.

As ações das lideranças desta unidade federativa para aplicação de medidas de prevenção, vigilância e controle são elementos fundamentais para minimizar a disseminação do vírus SARS-CoV-2, pois o Brasil não possui uma estratégia homogênea para o manejo da pandemia da COVID-19. Os governos estaduais são responsáveis pelo planejamento e execução das estratégias não farmacológicas e de distanciamento<sup>46</sup>.

A obrigatoriedade do uso de máscaras e medidas de distanciamento deve permanecer para mitigar e conter os efeitos da pandemia neste território amazônico brasileiro. É necessário monitorar os indicadores de mortalidade, letalidade e incidência e desenvolver outros estudos comparando esses indicadores antes e depois da vacinação.

### Limitações

Deve-se considerar que os testes de COVID-19 foram realizados apenas em pessoas com manifestações clínicas da doença. Os dados relativos aos óbitos são contabilizados com base no dia anterior, mas pode haver casos de atrasos na notificação.

Alguns municípios do Tocantins com reduzido corpo técnico e acesso a ferramentas digitais apresentam dificuldades na produção e sistematização dos dados da COVID-19<sup>47</sup>.

Como a pandemia ainda está em evolução, todos os dados examinados nesta pesquisa correspondem a análises parciais.

## ■ CONCLUSÃO

A 1ª Onda apresentou tendências estacionárias na letalidade e mortalidade e tendências crescentes nas taxas de incidência, com um percentual de mudança diária de 2,23%. A 2ª Onda teve um aspecto mais alarmante e os picos mais elevados de mortalidade, letalidade e incidência ocorreram em março de 2021. No entanto, todos os indicadores apresentaram tendências estacionárias no final de agosto, possivelmente este cenário seja influenciado pelos efeitos da vacinação.

No período do estudo, as ações de prevenção, vigilância e controle dos casos da COVID-19 no Tocantins foram adotadas para mitigar os efeitos da pandemia. No entanto, esforços ainda são necessários para a obtenção de tendências decrescentes nas taxas de letalidade, mortalidade e incidência

## Contribuições dos autores

Conceptualização, A.E.M.C., B.E.G.D., T.C.M.,

## ■ REFERÊNCIAS

1. Abreu LC de. The path of humanity in the pandemic of COVID-19: the choice of the realistic, optimist or pessimist scenario. *J Hum Growth Dev.* 2021; 31(1): 05-08. DOI: <http://dx.doi.org/10.36311/jhgd.v31.11683>
2. Painel coronavírus [Internet]. [cited 2021 jul. 12]. Available from: <https://covid.saude.gov.br/>
3. Lobo AP, Cardoso-Dos-Santos AC, Rocha MS, Pinheiro RS, Bremm JM, Macário EM, Oliveira WK, França GVA. COVID-19 epidemic in Brazil: Where are we at? COVID-19 epidemic in Brazil: Where are we at? *Int J Infect Dis.* 2020; 97: 382-385. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.06.044
4. Coelho FC, Lana RM, Cruz OG, Villela DAM, Bastos LS, Pastore Y Piontti A, Davis JT, Vespignani A, Codeço CT, Gomes MFC. Assessing the spread of COVID-19 in Brazil: Mobility, morbidity and social vulnerability. *PLoS One.* 2020; 15(9): e0238214. DOI: 10.1371/journal.pone.0238214
5. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária. Ministério da Saúde: Brasília, Brasil, 2003.
6. Brasil em síntese: Panoramas [Internet]. [cited 2021 May 10]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/panorama>
7. Relatório anual de gestão da Secretaria de Saúde do Estado do Tocantins RAG 2018 [Internet]. [cited 2021 Jul. 05]. Available from: <https://central3.to.gov.br>
8. Quental KN, Leite AL, Feitosa ADNA, Oliveira ZNP, Tavares LVS, Tavares WGS, Pinheiro EF, Lacsina JR, DeSouza-Vieira T, Silva JBNF. SARS-CoV-2 co-infection with dengue virus in Brazil: A potential case of viral transmission by a health care provider to household members. *Travel Med Infect Dis.* 2021; 40: 101975. DOI: 10.1016/j.tmaid.2021.101975
9. Pimentel RMM, Daboin BEG, Oliveira AG, Macedo JrH. The dissemination of COVID-19: an expectant and preventive role in global health. *J Hum Growth Dev.* 2020; 30(1): 135-140.
10. Abreu LC, Elmusharaf K, Siqueira CEG. A time-series ecological study protocol to analyze trends of incidence, mortality, lethality of COVID-19 in Brazil. *J Hum Growth Dev.* 2021; 31(3):491-495. DOI: 10.36311/jhgd.v31.12667
11. Tocantins registra 1º caso confirmado do Covid-19 [Internet]. [cited 2021 jul. 12]. Available from: <https://www.to.gov.br/noticias/tocantins-registra-1o-caso-confirmado-do-covid-19/6edmfivjmco1>
12. Boletim Epidemiológico. Notificações para COVID-19 n°33 [Internet]. [cited 2021 jul. 12]. Available from: <https://central3.to.gov.br/arquivo/504397/>

I.P. e L.C.A.; método, A.E.M.C., T.C.M., J.O.E., L.C.J., R.D.R., K.E., C.E.S. e L.C.A.; software, J.O.E., L.C.J.; validação, T.C.M., J.O.E., L.M.R.R., C.E.S. e L.C.A.; curadoria de dados, A.E.M.C., T.C.M., L.C.A.; redação, revisão e edição, todos os autores; visualização, todos os autores; supervisão, K.E., C.E.S. e L.C.A.; administração do projeto, C.E.S. e L.C.A. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

## Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

## Declaração de disponibilidade de dados

Os dados foram extraídos de um banco de dados populacional em painel COVID-19, de acesso gratuito através do website da Secretaria de Saúde do Estado do Tocantins: <http://integra.saude.to.gov.br/covid19/>.

## Agradecimentos

Agradecemos a Célia Guarnieri da Silva pela ilustração do mapa e ao Henrique Moraes Ramos da Silva pelo apoio na obtenção e tratamento dos dados.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

13. Secretaria de Saúde do Estado de Tocantins. Integra. [Internet]. [cited 2021 jul. 12]. Available from: <http://integra.saude.to.gov.br/covid19/InformacoesEpidemiologicas>
14. Datasus. Informações de Saúde - TABNET. Demográficas e Socioeconômica. População residente [Internet]. [cited 2021 jul. 20]. Available from: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0206&id=6942>
15. Antunes JLF, Cardoso MRA. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. *Epidemiol Serv Saúde* 2015; 24(3): 565-576. DOI:10.5123/S1679-49742015000300024
16. Cori A, Ferguson NM, Fraser C, Cauchemez S. A new framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics. *Am J Epidemiol*. 2013; 178(9): 1505-1512. DOI: 10.1093/aje/kwt133
17. Thompson RN, Stockwin JE, van Gaalen RD, Polonsky JA, Kamvar ZN, Demarsh PA, Dahlqwist E, Li S, Miguel E, Jombart T, Lessler J, Cauchemez S, Cori A. Improved inference of time-varying reproduction numbers during infectious disease outbreaks. *Epidemics*. 2019; 29: 100356. DOI: 10.1016/j.epidem.2019.100356
18. Ali ST, Yeung A, Shan S, Wang L, Gao H, Du Z, Xu XK, Wu P, Lau EHY, Cowling BJ. Serial intervals and case isolation delays for COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis*. 2021:ciab491. DOI: 10.1093/cid/ciab491
19. Prete CA, Buss L, Dighe A, Porto VB, da Silva Candido D, Ghilardi F, Pybus OG, de Oliveira WK, Croda JHR, Sabino EC, Faria NR, Donnelly CA, Nascimento VH. Serial interval distribution of SARS-CoV-2 infection in Brazil. *J Travel Med*. 2021 Feb 23; 28(2):taaa115. DOI: 10.1093/jtm/taaa115
20. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de tabelas estatística [Internet]. [cited 2021 jun. 15]. Available from: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>
21. CNESNet. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde [Internet]. [cited 2021 jun. 20]. Available from: <http://cnes.datasus.gov.br/>
22. Decreto nº 6.065, de 13 de março de 2020. Determina ação preventiva para o enfrentamento do Covid-19: novo Coronavírus [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <https://central.to.gov.br/download/46143>
23. Decreto nº 6.072, de 21 de março de 2020. Declara estado de calamidade pública em todo o território do Estado do Tocantins afetado pela COVID-19 (novo Coronavírus): Codificação Brasileira de Desastre 1.5.1.1.0, e adota outras providências. [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <https://central.to.gov.br/download/46146>
24. Ferreira da Silva R, Helfenstein Albeirice da Rocha MD. La pandemia en un hospital universitario en el norte del Brasil. *Revista Subjetividad y Procesos Cognitivos*. 2020; 24(2): 145-1600.
25. COVID-19 e medidas legais de distanciamento social isolamento social, gravidade da epidemia e análise do período de 25 de maio a 7 de junho de 2020 (Boletim 5) [Internet]. [cited 2021 nov. 02]. Available from: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10073/1/NT\\_22\\_Dinte\\_Covid\\_19%20e%20medidas%20legais%20de%20distanciamento%20social\\_bolet%205.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10073/1/NT_22_Dinte_Covid_19%20e%20medidas%20legais%20de%20distanciamento%20social_bolet%205.pdf)
26. Ramírez JD, Sordillo EM, Gotuzzo E, Zavaleta C, Caplivski D, Navarro JC, Crainey JL, Bessa Luz SL, Noguera LAD, Schaub R, Rousseau C, Herrera G, Oliveira-Miranda MA, Quispe-Vargas MT, Hotez PJ, Paniz Mondolfi A. SARS-CoV-2 in the Amazon region: A harbinger of doom for Amerindians. *PLoS Negl Trop Dis*. 2020; 14(10): e0008686. DOI: 10.1371/journal.pntd.0008686
27. Relatório Situacional da COVID-19 no estado do Tocantins [Internet]. [cited 2021 jul. 13]. Available from: <http://integra.saude.to.gov.br/covid19/RelatorioSituacional>
28. Souza CDF, Paiva JPS, Leal TC, Silva LFD, Santos LG. Spatiotemporal evolution of case fatality rates of COVID-19 in Brazil, 2020. *J Bras Pneumol*. 2020; 46(4): e20200208. DOI: 10.36416/1806-3756/e20200208
29. Semanas epidemiológicas 33 e 34, de 9 a 22 de Agosto de 2020. Boletim Observatório Covid-19. [Internet]. [cited 2021 jul. 13]. Available from: [https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u35/boletim\\_covid\\_semana\\_33-34\\_v13-2020-08-26-\\_0.pdf](https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u35/boletim_covid_semana_33-34_v13-2020-08-26-_0.pdf)
30. Boletim extraordinário de 2 de março de 2021, Boletim Observatório COVID-19. [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: [https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u35/boletim\\_extraordinario\\_2021-marco-03.pdf](https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u35/boletim_extraordinario_2021-marco-03.pdf)
31. Governo do Tocantins decide não decretar ponto facultativo no carnaval para evitar aglomerações e proliferação da Covid-19. [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <https://www.to.gov.br/noticias/governo-do-tocantins-decide-nao-decretar-ponto-facultativo-no-carnaval-para-evitar-aglomeracoes-e-proliferao-da-covid-19/4tejrg5qz9oe>

32. RedeVírus MCTI identificou e sequenciou 6 genomas de SARS-CoV-2 de amostras coletadas em Araguaína/TO [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/03/redevirus-mcti-identificou-e-sequenciou-6-genomas-de-sars-cov-2-de-amostras-coletadas-em-araguaina-to>
33. Castro APB, Moreira MF, Bermejo PHS, Rodrigues W, Prata DN. Mortality and Years of Potential Life Lost Due to COVID-19 in Brazil. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 18; 18(14): 7626. DOI: 10.3390/ijerph18147626
34. Zimmermann IR, Sanchez MN, Frio GS, Alves LC, Pereira CCA, Lima RTS, Machado C, Santos LMP, Silva END. Trends in COVID-19 case-fatality rates in Brazilian public hospitals: A longitudinal cohort of 398,063 hospital admissions from 1st March to 3rd October 2020. *PLoS One*. 2021; 16(7): e0254633. DOI: 10.1371/journal.pone.0254633
35. Musa KI, Arifin WN, Mohd MH, Jamiluddin MS, Ahmad NA, Chen XW, Hanis TM, Bulgiba A. Measuring Time-Varying Effective Reproduction Numbers for COVID-19 and Their Relationship with Movement Control Order in Malaysia. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(6):3273. DOI: 10.3390/ijerph18063273
36. Ligações rodoviárias e hidroviárias 2016 [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: [https://www.ibge.gov.br/apps/ligacoes\\_rodoviaras/](https://www.ibge.gov.br/apps/ligacoes_rodoviaras/)
37. Rozenfeld Y, Beam J, Maier H, Haggerson W, Boudreau K, Carlson J, Medows R. A model of disparities: risk factors associated with COVID-19 infection. *Int J Equity Health*. 2020 Jul 29; 19(1): 126. DOI: 10.1186/s12939-020-01242-z
38. Maroko AR, Nash D, Pavilonis BT. COVID-19 and Inequity: a Comparative Spatial Analysis of New York City and Chicago Hot Spots. *J Urban Health*. 2020; 97(4): 461-470. DOI: 10.1007/s11524-020-00468-0
39. Smith JA, Judd J. COVID-19: Vulnerability and the power of privilege in a pandemic. *Health Promot J Austr*. 2020; 31(2): 158-160. DOI: 10.1002/hpja.333
40. Plano Estadual de Operacionalização da Vacinação Contra a Covid-19 [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <http://integra.saude.to.gov.br/covid19/BaixarArquivoImunizacao/1>
41. Ramírez JD, Sordillo EM, Gotuzzo E, Zavaleta C, Caplivski D, Navarro JC, Crainey JL, Bessa Luz SL, Noguera LAD, Schaub R, Rousseau C, Herrera G, Oliveira-Miranda MA, Quispe-Vargas MT, Hotez PJ, Paniz Mondolfi A. SARS-CoV-2 in the Amazon region: A harbinger of doom for Amerindians. *PLoS Negl Trop Dis*. 2020; 14(10): e0008686. DOI: 10.1371/journal.pntd.0008686
42. Cunha, A. Governo do Tocantins Garante que Medidas de Prevenção Serão Mantidas; Prefeitura de Palmas Também Reforça Ações 2020 [Internet]. [cited 2021 jun. 10]. Available from: <https://conexaoto.com.br/2020/03/25/governo-do-tocantins-garante-que-medidas-de-prevencao-serao-mantidas-prefeitura-de-palmas-tambem-reforca-acoes>
43. Decreto nº 1.859, de 18 de março de 2020. Altera o Decreto nº 1.856, de 14 de março de 2020, que declara situação de emergência em saúde pública no município de Palmas e dispõe sobre medidas de enfrentamento da pandemia provocada pelo coronavírus (COVID-19), nas partes que especifica. [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=391153>
44. Associação brasileira de terapia intensiva, 2020, AMIB apresenta dados atualizados sobre leitos de UTI no Brasil. [Internet]. [cited 2021 nov. 02]. Available from: <https://www.amib.org.br/pagina-inicial/>
45. Semana epidemiologica del 4-10 julho 2021. Boletim Observatório Covid-19. [Internet]. [cited 2021 jul. 13]. Available from: [https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim\\_extraordinario\\_2021-julho.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_extraordinario_2021-julho.pdf).
46. Touchton M. COVID-19 Observatory. Observatory for the Containment of COVID-19 in the Americas. Brazil'. Observatory Miami. [Internet]. [cited 2021 jul. 14]. Available from: <http://observcovid.miami.edu/brazil/>
47. Ferracini R, Maia O, Luz RA da L, Bottura AC, Gomes ACSL, Silva LS da, Azevedo MEA. Observatório socioespacial do Covid-19 no Tocantins. *Metodologias E Aprendizado*. 2020; 3: 184-191. DOI: <https://doi.org/10.21166/metapre.v3i0.1366>

## Abstract

**Introduction:** Inserted in the vulnerable context of the Brazilian Amazon, the state of Tocantins has suffered damages with the dissemination of COVID-19 in its territory; however, little evidence is published from this state.

**Objective:** This study aims to analyze the case-fatality, mortality, and incidence of COVID-19 in Tocantins.

**Methods:** This is an ecological study, population-based, time-series analysis of COVID-19 cases and deaths in the state of Tocantins from March 2020 to August 2021.

**Results:** During the examined period, 219,031 COVID-19 cases, and 3,594 deaths were registered due to disease. Two possible occurrence peaks were characterized in this time-series analysis. Remarkably, the Second Wave had the highest lethality rates (3.02% - April 2021), mortality (39.81 deaths per 100,000 inhabitants – March 2021), and incidence (1,938.88 cases per 100,000 inhabitants – March 2021). At the end of the period, mortality, incidence, and lethality showed flat trends, suggesting a positive outcome of the vaccination program.

**Conclusion:** The prevention, surveillance, and control actions of COVID-19 cases in Tocantins State have been directed to mitigate the deleterious effects of the pandemic. Nevertheless, efforts are still needed to decrease lethality, mortality, and incidence trends, and ultimately to achieve control of the COVID-19 pandemic in the region.

**Keywords:** COVID-19, case fatality, incidence, mortality, trends.

©The authors (2021), this article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.