

SAÚDE COLETIVA PARA TEMPOS PANDÊMICOS

Volume 1

Organizador:

Plínio Pereira Gomes Júnior



EDITORA
OMNIS SCIENTIA



SAÚDE COLETIVA PARA TEMPOS PANDÊMICOS

Volume 1

Organizador:
Plínio Pereira Gomes Júnior



EDITORA
OMNIS SCIENTIA



Editora Omnis Scientia

SAÚDE COLETIVA PARA TEMPOS PANDÊMICOS

Volume 1

1ª Edição

TRIUNFO - PE

2022

Editor-Chefe

Daniel Luís Viana Cruz

Organizador

Plínio Pereira Gomes Júnior

Conselho Editorial

Dr. Cássio Brancaleone

Dr. Marcelo Luiz Bezerra da Silva

Dra. Pauliana Valéria Machado Galvão

Dr. Plínio Pereira Gomes Júnior

Dr. Walter Santos Evangelista Júnior

Dr. Wendel José Teles Pontes

Editores De Área – Ciências Da Saúde

Dra. Camyla Rocha de Carvalho Guedine

Dra. Cristieli Sérgio de Menezes Oliveira

Dr. Leandro dos Santos

Dr. Hugo Barbosa do Nascimento

Dr. Marcio Luiz Lima Taga

Dra. Pauliana Valéria Machado Galvão

Assistente Editorial

Thialla Larangeira Amorim

Imagem de Capa

Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

O conteúdo abordado nos artigos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

S255 Saúde coletiva para tempos pandêmicos / Organizador Plínio Pereira
Gomes Júnior. – Triunfo, PE: Omnis Scientia, 2022.
75 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-88958-84-1

DOI 10.47094/978-65-88958-84-1

1. Saúde coletiva. 2. Serviços de saúde – Brasil. 3. Saúde
pública. 4. Pandemia. I. Gomes Júnior, Plínio Pereira.

CDD 362.1

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora Omnis Scientia

Triunfo – Pernambuco – Brasil

Telefone: +55 (87) 99656-3565

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

Estamos vivenciando uma década que começou com uma pandemia que se estende desde 2020. Essa demora na resolução deste grave problema demonstra que a humanidade falhou, como espécie social que deveria se importar com o coletivo. Vemos várias reportagens, nos mais diversos países, de pessoas protestando devido às medidas restritivas, que se negam a tomar vacina e usar máscaras, bem como seguir as demais medidas preventivas. Infelizmente, isso tem gerado uma sobrecarga nos serviços de saúde, que estavam desafogados depois do maior pico da pandemia. Desse modo, os profissionais de saúde, já desgastados e cansados com essa guerra que tarda a acabar, adoecem.

É este cenário que nos faz afirmar, sem sombra de dúvida, quão importante é a Saúde Coletiva. Uma vez que, trata-se de uma área de conhecimento que objetiva pesquisar as origens e como se reproduzem socialmente as enfermidades, a fim de planejar e organizar os serviços de saúde competentes, para que ela possa ser devidamente combatida.

O desafio está lançado e muitos são os combatentes que ainda permanecem na luta. Esta obra tem uma singela amostra de trabalhos que dão suas contribuições para a melhoria e manutenção da saúde em tempos pandêmicos.

Em nossos livros selecionamos um dos capítulos para premiação como forma de incentivo para os autores, e entre os excelentes trabalhos selecionados para compor este livro, o premiado foi o capítulo 4, intitulado “COVID-19 EM MUNICÍPIOS DA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE PREDITIVA UTILIZANDO O MODELO MATEMÁTICO SEIR”.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....09

A RELEVÂNCIA DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE NO CONTEXTO PANDÊMICO: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Gleiciane Moreira Dantas

Letícia Moreira Dantas

Larissa Moreira Dantas

Maria Regina Damasceno Dias

Rodrigo Moreira Matos

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/9-14

CAPÍTULO 2.....15

A ATUAÇÃO DO ENFERMEIRO NA ASSISTÊNCIA AOS IDOSOS DOMICILIADOS NO CONTEXTO DA COVID-19

Erica Hortência Santana da Cruz

Margarete Vaz Souza

Simone Santos Souza

Mariane Teixeira Dantas Farias

Paulo de Tássio Costa de Abreu

Lívia Pinheiro Pereira

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/15-26

CAPÍTULO 3.....27

O IMPACTO DA PANDEMIA DA COVID-19 NO CONTROLE DO DIABETES MELLITUS TIPO 2 EM IDOSOS

Alfredo José Dixini

Karine Siqueira Cabral Rocha

Marcela Cristina de Andrade

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/27-40

CAPÍTULO 4.....41

COVID-19 EM MUNICÍPIOS DA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE PREDITIVA UTILIZANDO O MODELO MATEMÁTICO SEIR

Jonatas Emanuel Borges

Josilene Dália Alves

Sandra Maria dos Santos

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/41-54

CAPÍTULO 5.....55

DESORDENS DEPRESSIVAS: ESTIMATIVAS DO GLOBAL BURDEN OF DISEASE, 2019

Vítor Martins Guesser

Patricia Haas

Luciana Berwanger Cigana

Karina Mary de Paiva

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/55-61

CAPÍTULO 6.....62

QUALIDADE DO SONO, ESTADOS AFETIVOS E RENDIMENTO ACADÊMICO EM UNIVERSITÁRIOS DURANTE O DISTANCIAMENTO SOCIAL

Giovana Frazon de Andrade

Dannyele Cristina da Silva

Bruna Mayara Brandão

Elisabeth Maria de Liz

Josiane Lopes

Jociane de Lima TeixeiraY

Kelly Holanda Prezotto

DOI: 10.47094/978-65-88958-84-1/62-72

COVID-19 EM MUNICÍPIOS DA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE PREDITIVA UTILIZANDO O MODELO MATEMÁTICO SEIR.

Jonatas Emanuel Borges¹;

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Barra do Garças, MT, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-8047-9810>

Josilene Dália Alves²;

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Barra do Garças, MT, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-5007-9536>

Sandra Maria dos Santos³.

Centro Universitário do Vale do Araguaia (Univar), Barra do Garças, MT, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-5887-4972>

RESUMO: A COVID-19 é uma doença causada por um novo coronavírus (SARS-CoV-2) que se espalhou por todos os estados do Brasil. A grande extensão territorial e a forte desigualdade social **têm constituído um desafio para o controle da pandemia** no país. Objetivos: Estimar o impacto da epidemia de COVID-19 em municípios da Amazônia Legal. Métodos: Foram incluídos no estudo onze municípios localizados na Amazônia Legal e pertencentes à Região de Saúde Garças Araguaia - Mato Grosso. Para avaliar e prever o número de casos de COVID-19 empregou-se o modelo SEIR estruturado por idade (Suscetíveis, Expostos, Infectados, Recuperados), no qual o compartimento de infectados foi subdividido em três novos compartimentos denominados: leves, severos e críticos. Resultados: Diferentes taxas de transmissão foram avaliadas para estimar o possível número de indivíduos acometidos por infecção leve, severa e crítica. O emprego do modelo matemático utilizado propõe estimar o total de casos críticos no pico de uma pandemia e quantos casos necessitarão de internação em UTI para determinada taxa de transmissão (β). Conclusão: O modelo permitiu ampliação do conhecimento em relação à dinâmica da doença na região de estudo, principalmente por apresentar simulações para cada faixa etária da população, de acordo com a gravidade da doença. Os resultados obtidos a partir do modelo empregado sugerem evidências que podem subsidiar tomadas de decisão tanto para o controle da pandemia de COVID-19, quanto em outras situações semelhantes que possam ocorrer futuramente.

PALAVRAS-CHAVE: COVID-19. Epidemia. Modelo SEIR.

COVID-19 IN MUNICIPALITIES IN THE LEGAL AMAZON: A PREDICTIVE ANALYSIS USING THE SEIR MATHEMATICAL MODEL.

ABSTRACT: COVID-19 is a disease caused by a new coronavirus (SARS-CoV-2) has spread in the whole states of Brazil. The large territorial extension and the strong social inequality, the control of the pandemic in the country have been a challenge. Objectives: The present study estimates the impact of the COVID-19 epidemic in the municipalities in the Legal Amazon. Methods: An age-structured Susceptible-Exposed-Infected-Recovered (SEIR) model was employed. The infected compartment was subdivided into three new compartments: mild, severe and critical. Results: Different transmission rates were evaluated to estimate the possible number of individuals affected by mild, severe and critical infection. The employment of the proposed mathematical model aims to estimate the total number of critical cases at a given transmission rate. Conclusion: The results may support decision-making for the control of COVID-19, as well as in other similar situations that may take place in the future.

KEYWORDS: COVID-19. Epidemic. SEIR model.

INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019 uma pneumonia viral foi detectada na província de Wuhan (China) e um novo coronavírus foi subsequentemente identificado como o patógeno causador. No dia 31 de dezembro de 2019 essa pneumonia foi relatada pela primeira vez à Organização Mundial de Saúde (OMS). Em 26 de janeiro de 2020, mais de 2000 casos de infecção por 2019-nCoV foram confirmados, a maioria envolvendo pessoas que moram ou visitam Wuhan (LU et al., 2020).

Apenas um mês depois (30 de janeiro de 2020), a OMS declarou que o surto da doença constituía uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional – o mais alto nível de alerta da Organização e, em 11 de março de 2020, foi caracterizada oficialmente como uma pandemia. Inicialmente essa nova doença foi referida como 2019-nCoV, doença causada pelo novo coronavírus (Sars-Cov-2) e se tornou mundialmente conhecida como COVID-19 (GUO et al., 2020).

A COVID-19 é uma doença respiratória aguda, que pode levar ao desenvolvimento de quadros clínicos graves, os quais podem evoluir para o óbito. A transmissão interpessoal ocorre pelo contato com secreções respiratórias contaminadas, principalmente pelo contato com gotículas respiratórias. A transmissão também pode ocorrer por meio do contato com superfícies contaminadas (GUO et al., 2020).

No período de ausência de intervenções farmacológicas, as chamadas Intervenções Não Farmacêuticas (NPIs, non pharmaceutical interventions) - brevemente definida como a redução do número médio de contatos diários entre pessoas, melhor higienização das mãos e objetos, adoção de etiqueta respiratória (comportamental), além do uso de máscaras e luvas - foram importantíssimas para influenciar a trajetória da epidemia nos países. Nesse período, a principal recomendação da OMS foi

o isolamento social (HELLEWELL et al., 2020). Nesse sentido, tornaram-se necessárias intervenções que visem evitar situações que gerem aglomerações, além de recomendar que a população fique em casa o máximo de tempo possível como forma de impedir novos casos da doença (ESCHER, 2020). Segundo Walter et al. (2020) na ausência de intervenção, estima-se que essa epidemia poderia resultar em 7 bilhões de infectados e 40 milhões de mortos no planeta esse ano. Além disso, os sistemas de saúde de todos os países seriam rapidamente sobrecarregados.

A modelagem matemática está presente nas diversas áreas de investigação e tem se destacado no cenário científico atual por seu importante papel no controle da pandemia, principalmente por permitir a realização de previsões e simulações. Neste contexto, os modelos matemáticos têm constituído uma ferramenta acessível que tem sido empregada internacionalmente para prever o comportamento da doença e avaliar o impacto de medidas de contenção do vírus (RADULESCU; CAVANAGH, 2020; ROCHA FILHO et al. 2020; CASTILHO et al., 2020). A seguir são listados alguns trabalhos publicados utilizando diversos modelos para prever a dinâmica da pandemia:

O modelo SIRU (susceptível – infectado – recuperado – infectado não reportado ou sintomático leve) foi empregado na previsão da evolução do COVID-19 no Brasil e estudado as medidas de saúde pública no controle da infecção (COTTA et al., 2020). Este mesmo modelo foi empregado na análise da epidemia em outros países, incluindo Coreia do Sul, Alemanha, Itália e França (MAGAL; WEBER, 2020).

O modelo SIQR (susceptível – infectado – em quarentena - recuperado) foi empregado por Pedersen e Meneghini (2020) para quantificar o quanto as limitações das atividades sociais impactaram na dinâmica da doença na Itália.

Um modelo SEIR (susceptível – exposto - infectado – recuperado) modificado, levando em consideração as reações comportamentais e ações governamentais, como extensão de feriados, restrição a viagens, hospitalização e quarentena foi empregado no trabalho de Lin et al. (2020). O modelo SEIR com um compartimento adicional de quarentena para dois tipos de controles foi utilizado para modelar a epidemia no Brasil (CASTILHO et al., 2020). O modelo SEIR estruturado por idades foi empregado por Walker et al. (2020). O modelo SEIR também é empregado por Carcione et al. (2020) para estudar o efeito dos parâmetros e condição inicial nas previsões da doença na região da Lombardia da Itália.

Um modelo SEIHR (susceptível – exposto – infectado - hospitalizado – recuperado) estruturado por idades foi empregado para analisar a evolução da pandemia na região metropolitana de São Paulo (Rocha-filho et al. 2020). Francês et al. (2020) propuseram uma adaptação do tradicional modelo SEIR levando em consideração as características socioeconômicas de países (ou regiões) com elevado grau de desigualdade social, estimando a evolução da doença na região metropolitana de Belém/PA.

Assim, o presente trabalho estima o impacto da epidemia de COVID-19 em municípios da Amazônia Legal, por meio de um modelo SEIR estruturado por idade, que considera a subdivisão do compartimento de infectados em três novos compartimentos denominados: leves, severos e críticos para avaliação de possíveis cenários em relação aos casos na Região de Saúde Garças Araguaia –

Mato Grosso.

METODOLOGIA

O cenário de estudo foi composto por municípios que pertencem a Amazônia Legal brasileira, especificadamente a Região de Saúde Garças Araguaia, Mato Grosso. Foi considerado ainda um município fronteiro localizado no estado de Goiás, o que totalizou 11 municípios investigados, os quais estão apresentados na Tabela 1, juntamente com suas respectivas estimativas populacionais projetadas para o ano de 2019 (BRASIL, 2020a).

Tabela 1: População residente nos municípios considerados no estudo segundo estimativa populacional, ano 2019.

| Estado | Município | Número de habitantes |
|--------------|--------------------|----------------------|
| Mato Grosso | Araguaiana | 3.100 |
| | Barra do Garças | 61.012 |
| | Campinápolis | 15.980 |
| | General Carneiro | 5.540 |
| | Nova Xavantina | 21.374 |
| | Novo São Joaquim | 5.074 |
| | Pontal do Araguaia | 6.711 |
| | Ponte Branca | 1.576 |
| | Ribeirãozinho | 2.405 |
| | Torixoréu | 3.609 |
| Goiás | Aragarças | 20.118 |
| Total | | 146.499 |

Fonte: IBGE (BRASIL, 2020a).

A população da região foi subdividida por grupos etários, sendo o percentual de cada grupo definido na Tabela 2. Esses dados foram obtidos por meio do Departamento de Informática do SUS (Datasus), considerando informações de saúde e posteriormente dados demográficos e socioeconômicos. O número de habitantes residentes em cada município foi coletado entre os anos 2010 e 2015 segundo faixa etária e a partir de então foi calculada a distribuição percentual média da população por faixa etária para toda a região (BRASIL, 2020b).

Tabela 2: Distribuição percentual média da população residente na região estudada segundo faixa etária, entre os anos de 2010 a 2015.

| Faixa etária (n _i) | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | >80 | Total |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| % | 16,57 | 17,44 | 15,42 | 15,55 | 13,49 | 10,20 | 6,47 | 3,52 | 1,32 | 100,00 |

Para esta modelagem considerou-se os casos notificados no período de 18 de abril de 2020 até 05 de junho de 2020. A evolução dos casos dia a dia, para toda a região foi obtida por meio do sítio eletrônico do Ministério da Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>).

O modelo SEIR clássico divide a população em quatro compartimentos, denominados: suscetíveis (*SS*), expostos (*EE*), infectados (*II*) e recuperados (*RR*), sendo modeladas as interações entre os compartimentos por um sistema de equações diferenciais.

No presente trabalho foi empregado um modelo SEIR estruturado por idades e o compartimento de infectados (*II*) foi subdividido por três novos compartimentos, denominados: Infectados leves (*I₁I₁*), infectados severos (*I₂I₂*) e infectados críticos (*I₃I₃*).

Os indivíduos com infecção leve (*I₁I₁*) são aqueles apresentam sintomas como febre e tosse e podem apresentar pneumonia leve. Hospitalização não é necessária. Os indivíduos com infecção severa (*I₂I₂*) são aqueles que necessitam de hospitalização e geralmente necessitam de oxigênio suplementar. Já os indivíduos com infecção crítica (*I₃I₃*) são aqueles que apresentam insuficiência respiratória. O tratamento destes indivíduos requer internação em unidade de terapia intensiva (UTI), comumente com utilização de ventilação mecânica.

A modelagem matemática do modelo SEIR estruturado por idade utilizado no presente trabalho é dada pelas seguintes equações:

$$\frac{dS_i}{dt} = -\lambda \frac{S_i dS_i}{N_i dt} = -\lambda \frac{S_i}{N_i} \quad (1)$$

$$\frac{dE_i}{dt} = \lambda S_i - \alpha E_i \frac{dE_i}{dt} = \lambda S_i - \alpha E_i \quad (2)$$

$$\frac{dI_{1i}}{dt} = \alpha E_i - [\theta p_1 + (1 - \theta)\gamma_1] I_{1i} \frac{dI_{1i}}{dt} = \alpha E_i - [\theta p_1 + (1 - \theta)\gamma_1] I_{1i} \quad (3)$$

$$\frac{dI_{2i}}{dt} = \theta p_1 I_{1i} - [\Phi p_2 + (1 - \Phi)\gamma_2] I_{2i} \frac{dI_{2i}}{dt} = \theta p_1 I_{1i} - [\Phi p_2 + (1 - \Phi)\gamma_2] I_{2i} \quad (4)$$

$$\frac{dI_{3i}}{dt} = \Phi p_2 I_{2i} - \gamma_3 I_{3i} \frac{dI_{3i}}{dt} = \Phi p_2 I_{2i} - \gamma_3 I_{3i} \quad (5)$$

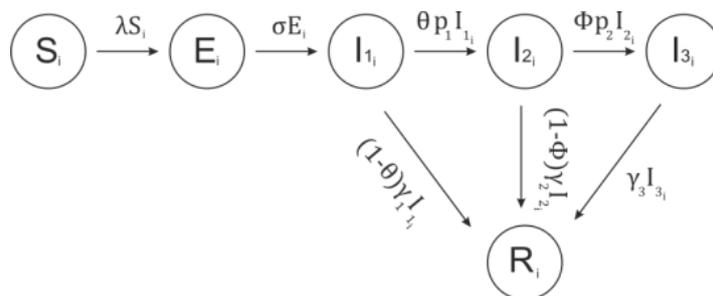
$$\frac{dR_i}{dt} = (1 - \theta)\gamma_1 I_{1i} + (1 - \Phi)\gamma_2 I_{2i} + \gamma_3 I_{3i} \frac{dR_i}{dt} = (1 - \theta)\gamma_1 I_{1i} + (1 - \Phi)\gamma_2 I_{2i} + \gamma_3 I_{3i} \quad (6)$$

$$N = \sum_{i=1}^9 N_i N = \sum_{i=1}^9 N_i \quad (7)$$

em que para um grupo etário ii , $S_i S_i$ são os indivíduos suscetíveis a contrair a infecção, $E_i E_i$ são os indivíduos expostos (ainda não há transmissão da doença), $I_{1i} I_{1i}$ são os indivíduos com infecção leve, $I_{2i} I_{2i}$ são os indivíduos com infecção severa, $I_{3i} I_{3i}$ são os indivíduos com infecção crítica, $R_i R_i$ são os indivíduos recuperados e $N_i N_i$ é o tamanho da população em análise. As taxas de E_i para $I_{1i} I_{1i}$ é dada por $\alpha \alpha$, $I_{1i} I_{1i}$ para $I_{2i} I_{2i}$ é dada por $p_1 p_1$, $I_{2i} I_{2i}$ para $I_{3i} I_{3i}$ é dada por $p_2 p_2$. $\gamma_1 \gamma_1$ é a taxa de recuperação para $I_{1i} I_{1i}$, $\gamma_2 \gamma_2$ é a taxa de recuperação para $I_{2i} I_{2i}$ e $\gamma_3 \gamma_3$ é a taxa de recuperação para $I_{3i} I_{3i}$. Também é considerado que os indivíduos hospitalizados são isolados e não contribuem para a força da infecção $\lambda = \beta I_{1i} \lambda = \beta I_{1i}$ (ROCHA-FILHO *et al.*, 2020). Assume-se que os indivíduos infectados serão imunes a doença. Além disso, é considerado que a taxa de transmissão para todas as faixas etárias é a mesma e igual à da população total. A população foi dividida em 9 grupos etários, definidos como: 0-9, 10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79 e maior ou igual (\geq) 80 anos (RANGEL *et al.*, 2020).

Um diagrama ilustrativo que demonstra o processo de infecção pela COVID-19 desde o indivíduo suscetível até o recuperado, dado pela Fig. 1.

Figura 1: Diagrama do processo da infecção pela COVID-19.



Para uma predição mais realista é necessária uma análise minuciosa dos parâmetros requeridos para solução do conjunto das Equações (1-7). Os diferentes valores reportados na literatura e os utilizados no presente trabalho são apresentados na Tabela 3. A taxa de transmissão (β) não é informada como parâmetro de entrada, essa taxa é obtida de forma iterativa a partir dos números de casos confirmados divulgados pelo Ministério da Saúde e necessita ser constantemente reavaliada.

Tabela 3: Parâmetros utilizados no modelo SEIR.

| Parâmetros | Valores (dias) | Referências | Modelo |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------|
| α^{-1} | 3,0 | Lin et al. (2020) | SEIR |
| | 5,0 (4,2-6,0) | Rocha-Filho et al. (2020) | SEIR |
| | 5,0 | Pedersen e Meneghini (2020) | SIQR |
| | (1,4-3,7) | Castilho et al. (2020) | SEIR |
| | 2 | Francês et al. (2020) | SEIR |
| | 5,1 (2 – 11,5) | Rangel et al. (2020) | |
| | 4,58 \pm 3,24 | Walker et al. (2020) | SEIR |
| | 5,2 (4,1 – 7,0) | Lauer et al. (2020) | - |
| 5,0 | Presente trabalho | SEIR | |
| γ_1^{-1} | 14 | Rangel et al. (2020) | |
| | 7 | Lin et al. (2020) | SEIR |
| | 11,2784 | Cotta et al. (2020) | SIRU |
| | 10(5-10) | Pedersen e Meneghini (2020) | SIQR |
| | (3-14) | Castilho et al. (2020) | SEIR |
| | 14 | Francês et al. (2020) | SEIR |
| | 14 | Presente trabalho | SEIR |
| γ_2^{-1} | 7-14 | Rangel et al. (2020) | |
| | 17,5 | Rocha-Filho et al. (2020) | SEIHR |
| | 10,0 | Presentetrabalho | SEIR |
| p_1^{-1} | 3,3 (2,7 – 4,0) | Rocha-Filho et al. (2020) | SEIHR |
| | 3,3 (2,7 – 4,0) | Rangel et al. (2020) | |
| | 5,0 | Walker et al. (2020) | SEIR |
| | 3,3 | Presentetrabalho | SEIR |
| p_2^{-1} | 3,5 | Huang et al (2020) | |
| | 8,0 | Walker et al. (2020) | SEIR |
| | 3,5 | Presentetrabalho | SEIR |
| γ_3^{-1} | 15(7,0-15,0) | Rangel et al. (2020) | |
| | 8,0 | Walker et al. (2020) | SEIR |
| | 14,0 | Presentetrabalho | SEIR |

A fração de indivíduos com infecção leve por faixa etária que necessitam de hospitalização ($I_{1i}I_{1i}$ para $I_{2i}I_{2i}$) é dada pela probabilidade de hospitalização de um indivíduo ($\theta\theta$), enquanto que a fração de indivíduos com infecção leve que não necessitem de hospitalização ($I_{1i}I_{1i}$ para R_iR_i) é dada

por seu complemento $(1 - \theta_1 - \theta)$. Já a fração de indivíduos com infecção severa por faixa etária que necessitam de internação em UTI ($I_{2i}I_{2i}$ para $I_{3i}I_{3i}$) é dada pela probabilidade de internação em UTI a partir de uma hospitalização ($\Phi\Phi$), enquanto que a fração de indivíduos com infecção severa que não necessitem de UTI ($I_{2i}I_{2i}$ para R_iR_i) é dada por seu complemento $(1 - \Phi_1 - \Phi)$. Esses parâmetros foram obtidos no trabalho de Rangel et al. (2020), os quais são detalhados na Tabela 4.

Tabela 4: Probabilidades de hospitalização a partir de uma infecção (P(Hospitalização)) e de internação em UTI a partir de uma hospitalização (P(UTI)), por grupos etários, disponibilizados por Rangel et al. (2020).

| Idade | P(Hospitalização) | P(UTI) |
|-------|-------------------|--------|
| 0-9 | 0,000 | 0,000 |
| 10-19 | 0,000 | 0,014 |
| 20-29 | 0,010 | 0,028 |
| 30-39 | 0,034 | 0,048 |
| 40-49 | 0,042 | 0,068 |
| 50-59 | 0,082 | 0,080 |
| 60-69 | 0,118 | 0,113 |
| 70-79 | 0,166 | 0,171 |
| ≥80 | 0,184 | 0,217 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos em duas partes, na primeira realiza-se a estimativa para toda a população e não são considerados os diferentes grupos etários, na segunda as estimativas para os diferentes grupos etários são realizadas, a partir da taxa de transmissão da população total. Nas duas estimativas toda a população foi considerada suscetível à infecção.

Estimativa para a toda a população

Baseado nos dados divulgados diariamente pelo Ministério da Saúde foi possível encontrar, por meio de um processo iterativo, a taxa de transmissão da doença ($\beta\beta$), pela maximização do critério R^2 para toda a população, ou seja, não se leva em consideração as diversas faixas etárias.

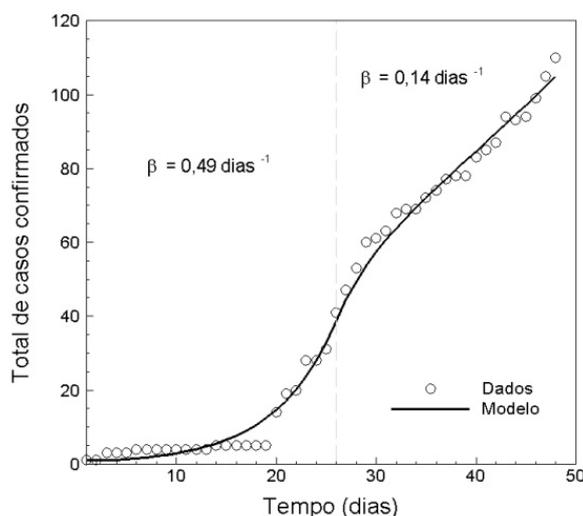
Algumas hipóteses adicionais são necessárias para solução das equações diferenciais. Após o período de incubação ocorre o início dos sintomas e 15% dos indivíduos são hospitalizados ($\theta = 0,15$) ($\theta = 0,15$). O modelo também considera a possibilidade de agravamento do quadro clínico e 5% dos indivíduos são transferidos para uma UTI ($\varphi = 0,05$) ($\varphi = 0,05$) (RANGEL *et al.*, 2020).

Os demais parâmetros necessários para solução das equações diferenciais (Eq. 1-7) encontram-se na Tabela 3. As condições iniciais são: $N = 146.499$, $N = 146.499,5(0) = N - 1S(0) = N - 1$, $I_1(0) = 1$, $I_1(0) = 1$, $E(0) = I_2(0) = I_3(0) = R(0) = 0$, $E(0) = I_2(0) = I_3(0) = R(0) = 0$. As

equações diferenciais foram discretizadas utilizando o método de Euler de primeira ordem, de forma explícita, cujo passo de tempo foi de 0,05 dias.

A partir do número de infectados notificados pelo Ministério da Saúde foram obtidos dois valores de taxa de transmissão, $\beta=0,49 \text{ dias}^{-1}$ para as datas anteriores a 13/05/2020 e $\beta=0,14 \text{ dias}^{-1}$ para datas posteriores, até a data de 05/06/2020. Os resultados do modelo foram comparados com os dados divulgados pelo Ministério da Saúde até 04/06/2020, sendo evidenciada concordância entre ambos (Figura 2).

Figura 2: Comparação entre os casos positivos notificados para COVID-19 e o modelo de 18/04/2020 a 03/06/2020.



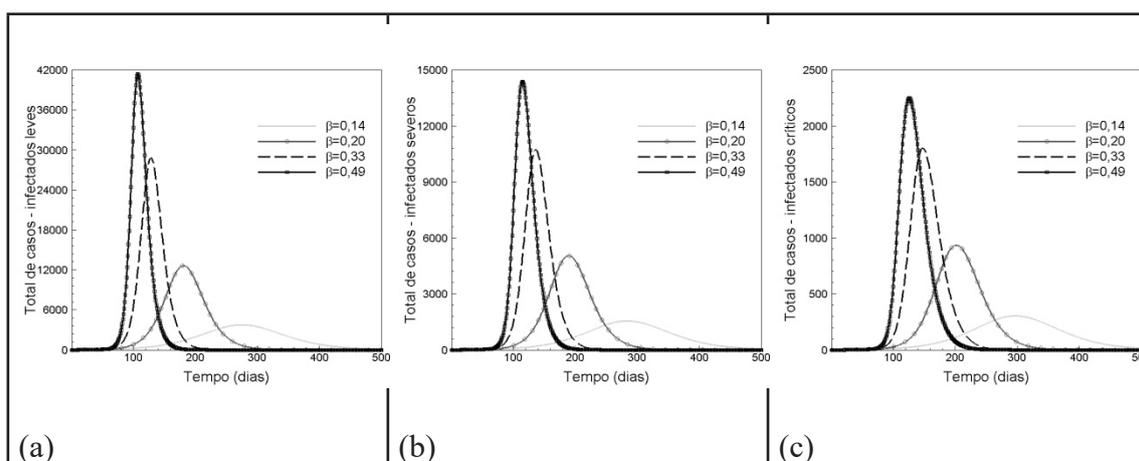
A redução da taxa de transmissão pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles, o convívio entre os indivíduos, medidas de higienização, leis que instituem isolamento social, etc. Um dos possíveis fatores que contribuiu para a redução do valor da taxa de transmissão de $\beta = 0,49$ $\beta = 0,49 \text{ dias}^{-1}$ para $\beta = 0,14$ $\beta = 0,14 \text{ dias}^{-1}$ está associado aos fatores supracitados, além da publicação do Decreto Municipal 4.343 de 12 de maio de 2020 no município de Barra do Garças – MT, sede da Região de Saúde investigada, que dispunha sobre medidas temporárias restritivas às atividades comerciais para prevenção dos riscos de disseminação da COVID-19.

No dia 03 de junho de 2020 foi publicado o Decreto Municipal 4.346 que flexibilizava as atividades comerciais, desse modo diferentes cenários de taxa de transmissão foram estabelecidos para prever prováveis cenários futuros. Segundo FRANCÊS et al. (2020), a variação da taxa de transmissão tem demorado, em média, 10 dias após a adoção de uma medida (Decretos) para a confirmação de seus efeitos, ou seja, a partir do dia 13 de junho de 2020. Assim, diferentes cenários foram analisados para a taxa de transmissão, sendo os valores observados na região, $\beta = 0,49$ $\beta = 0,49 \text{ dias}^{-1}$ e $\beta = 0,14$ $\beta = 0,14 \text{ dias}^{-1}$, o valor observado por Rocha-Filho et al. (2020) para a região metropolitana de São Paulo/SP, $\beta = 0,2$ $\beta = 0,2 \text{ dias}^{-1}$ e o valor observado por Francês

et al. (2020) para a região metropolitana de Belém/PA, $\beta = 0,33$ dias⁻¹. Os valores de β apresentados pelas referências foram ajustados de forma a manter o mesmo número de reprodução (R_0) e também o mesmo tempo de recuperação (γ_1).

O número estimado de indivíduos com infecções leves, severas e críticas é apresentado na Figura 3. Verifica-se que a redução da taxa de transmissão se traduz em um achatamento da curva, onde há uma redução do valor máximo de infectados com adiamento da possível data do pico.

Figura 3: Número de casos para toda população considerando várias taxas de transmissão e indivíduos com infecção: (a) leve, (b) severa e (c) crítica.



O número de indivíduos infectados no pico da doença para diferentes valores de taxa de transmissão, considerando as infecções leves, severas e críticas é descrito na Tabela 5.

Tabela 5: Número de casos no pico da pandemia para diversos valores de β .

| β (dias ⁻¹) | Leves | Severos | Críticos |
|--------------------------------|-------|---------|----------|
| 0,14 | 3761 | 1549 | 303 |
| 0,20 | 12639 | 5046 | 935 |
| 0,33 | 28819 | 10718 | 1802 |
| 0,49 | 41388 | 14368 | 2249 |

Estimativas por faixas etárias

Nesse trabalho considerou-se a hipótese de que os diferentes grupos etários apresentam a mesma taxa de transmissão e este é igual à de toda a população, uma vez que não foi possível obter a idade de cada indivíduo infectado. As condições iniciais são: $N = 146.499$, $S(0) = N - 1$, $I_1(0) = 1$, $E(0) = I_2(0) = I_3(0) = R(0) = 0$. Cada grupo etário apresenta uma probabilidade de hospitalização (θ) e internação em UTI (ϕ) que foi descrita na Tabela 4.

A estimativa dos valores dos picos para o valor mínimo da taxa de transmissão estudado ($\beta=0,14$ dias⁻¹) e máximo dessa variável ($\beta=0,49$ dias⁻¹) é apresentado na Tabela 6. Os valores intermediários de taxa de transmissão apresentaram valores dentro do intervalo entre os extremos estudados.

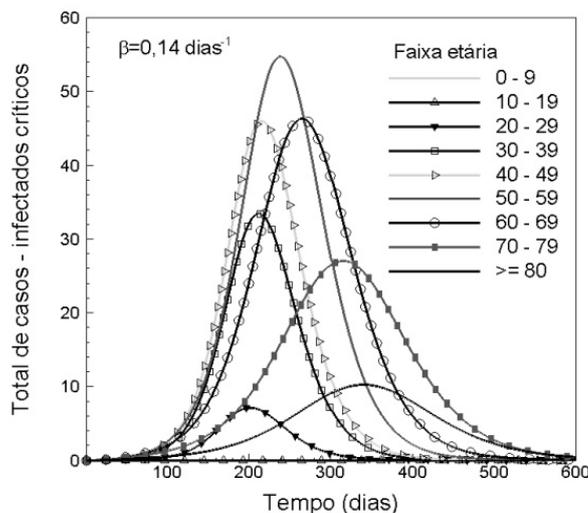
O número de casos críticos para cada faixa etária depende de sua probabilidade de hospitalização e internação em UTI, como também do tamanho de sua população. Embora os indivíduos mais idosos (≥ 80 anos) tenham uma maior probabilidade de hospitalização ($\Theta=0,184$) e internação em UTI ($\Phi=0,217$), o percentual de sua população é menor ($n_9=1,32\%$) do que as demais faixas etárias, assim o número de casos críticos estimados para essa faixa etária não apresenta o maior valor em termos absolutos.

Tabela 6: Número de casos no pico da pandemia para diversos valores de β .

| Faixa etária | $\beta=0,14$ dias ⁻¹ | | | $\beta=0,49$ dias ⁻¹ | | |
|--------------|---------------------------------|---------|----------|---------------------------------|---------|----------|
| | Leves | Severos | Críticos | Leves | Severos | Críticos |
| 0-9 | 2814 | 0 | 0 | 9700 | 0 | 0 |
| 10-19 | 2961 | 0 | 0 | 10207 | 0 | 0 |
| 20-29 | 2415 | 67 | 7 | 8810 | 209 | 19 |
| 30-39 | 1992 | 184 | 33 | 8403 | 661 | 100 |
| 40-49 | 1611 | 178 | 46 | 7157 | 678 | 144 |
| 50-59 | 837 | 178 | 55 | 4930 | 899 | 224 |
| 60-69 | 361 | 106 | 46 | 2883 | 727 | 255 |
| 70-79 | 106 | 40 | 27 | 1406 | 467 | 248 |
| ≥ 80 | 30 | 12 | 10 | 507 | 178 | 119 |
| Total | 13127 | 765 | 224 | 54003 | 3819 | 1109 |

Considerando a taxa de transmissão igual a $\beta=0,14$ dias⁻¹, o grupo etário de 50-59 apresenta, em números absolutos, as maiores magnitudes, seguido pelas seguintes faixas etárias: 60-69, 40-49, 30-39, 70-79, ≥ 80 , 20-29, 10-19 e 0-9 (Figura 4).

Figura 4: Número de casos com infecção crítica para cada grupo etário mantendo a taxa de transmissão igual a $\beta=0,14$ dias⁻¹.



A modelagem matemática empregada no presente trabalho, sugeriu um cenário crítico em relação à COVID-19 para região de Saúde Garças Araguaia, cuja situação epidemiológica requer um planejamento estratégico, principalmente em relação ao número de leitos hospitalares. De acordo com as projeções realizadas no estudo de SANTOS, ZEILHOFER E MURARO (2020), a maior parte das regiões de Mato Grosso poderia experimentar a extrapolação das suas capacidades hospitalares, principalmente em relação ao atendimento de casos graves da doença, os quais demandam internação em leitos de UTI.

Quanto as limitações deste estudo, tem-se que como em qualquer modelo preditivo, as estimativas tornam-se imprecisas em longo prazo, e, portanto, os números de eventos gerados nesta perspectiva temporal devem ser considerados com cautela e interpretados principalmente comparando-se a magnitude de eventos nos cenários alternativos. Embora este trabalho tenha considerado uma região específica, o modelo aqui empregado pode ser utilizado em outras regiões do país, bem como em outros países e para outras situações de saúde semelhantes.

CONCLUSÃO

A modelagem matemática realizada neste estudo, por meio do modelo SEIR estruturado por idade, pode ser uma ferramenta adequada para avaliar e prever os casos de COVID-19 e outras doenças epidemiológicas que possam vir ocorrer futuramente. O modelo permitiu ampliação do conhecimento em relação à dinâmica da doença na Região de Saúde Garças Araguaia e fronteiras, principalmente por apresentar simulações para cada faixa etária da população, de acordo com a gravidade da doença. Os resultados sugerem evidências que podem subsidiar a tomada de decisão por parte dos gestores, no que se refere ao planejamento e implementação de estratégias que visem a

prevenção, vigilância e controle dos casos.

Verifica-se também a necessidade de ampliar o monitoramento de casos para que os dados que reflitam a realidade regional da COVID-19, tendo em vista a melhor parametrização e calibração do modelo, o que impactaria diretamente na qualidade e precisão das estimativas. Destaca-se que a subnotificação do número de casos confirmados ocasiona um adiantamento do pico da curva o que poderia comprometer rapidamente o sistema hospitalar.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, política, acadêmica e pessoal.

REFERÊNCIAS

CECCONELLO, M. S., MURARO, A. P., OLIVEIRA, L. R., SANTOS, M. S. **Evolução da Covid-19 em Mato Grosso: panorama atual e projeções para as regiões de saúde.** Nota técnica Disponível em <https://www.hnt.com.br/storage/webdisco/2020/06/08/outros/e4e14f13b9dd1f080146edb6349c9fa7.pdf>

Instituto Brasileiro de Geografia, Estatística (IBGE). Coordenação de População, Indicadores Sociais. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira.** Rio de Janeiro 2018. IBGE; 2018

SANTOS, E. S.; ZEILHOFER, P.; MURARO, A. P. **Análise de demanda adicional de leitos hospitalares gerais, UTI e equipamentos de ventilação assistida em Mato Grosso em função da pandemia de COVID-19: impactos regionais.** Nota Técnica. IGHD/ISC – UFMT: Cuiaba, 2020.

SANTOS, E. S.; MURARO, A. P.; OLIVEIRA L. R. **Efeitos da flexibilização das medidas de isolamento e distanciamento físico em Cuiabá-MT.** Nota Técnica. IGHD/ISC – UFMT: Cuiabá, 2020.

PESCARINI, Julia et al. **Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil.** Ciência & Saúde Coletiva. 2020.

CARCIONE, J. M; SANTOS, J. E.; BAGAINI, C. BA, J. **A simulation of a COVID-19 epidemic based on a deterministic SEIR model.** medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.04.20.20072272>

CASTILHO, C.; GONDIM, J. A. M.; MARCHESIN, M.; SABETI, M. **Assessing the efficiency of different control strategies for the Coronavirus (Covid-19) epidmecc.** 2020. Cornell University. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2004.03539>>.

COTTA, R. M.; NAVEIRA-COTTA, C. P.; MAGAL, P. **Parametric identification and public health measures influence on the COVID-19 epidemic evolution in Brazil.** 2020. medRxiv.

10.1101/2020.03.31.20049130

LAUER, S. A., GRANTZ, K. H., BI, Q., JONES, F. K., ZHENG, Q., MEREDITH, H. R., AZMAN, A. S., REICH, N. G., AND LESSLER, J. **The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: Estimation and application.** *Annals of Internal Medicine.* 2020. DOI:10.7326/M20-0504.

LIU, Z., MAGAL, P., SEYDI, O.; WEBB, G. **Predicting the cumulative number of cases for the COVID-19 epidemic in China from early data[J].** *Mathematical Biosciences and Engineering,* 2020, 17(4): 3040-3051. doi: 10.3934/mbe.2020172

MAGAL, P.; WEBB, G. **Predicting the number of reported and unreported cases for the COVID - 19 epidemic in South Korea, Italy, France and Germany.** SSRN 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.21.20040154>

LIN, Q.; ZHAO, S.; GAO, D. et al. **A conceptual model for the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Wuhan, China with individual reaction and governmental action.** *International Journal of Infectious Diseases.* *Vol. 93.* p. 211-216. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.02.058>>.

REIS, Ruy Freitas et al. **Characterization of the COVID-19 pandemic and the impact of uncertainties, mitigation strategies, and underreporting of cases in South Korea, Italy, and Brazil.** *Chaos, Solitons & Fractals,* p. 109888, 2020.

ROCHA-FILHO et al. 2020. **Expected impact of COVID-19 outbreak in a major metropolitan area in Brazil.** *MedRxiv*(<https://doi.org/10.1101/2020.03.14.20035873>)

FRANCÊS, C. R. L.; SILVA, M. S.; CARVALO, A. C. P. L et al. **COVID-19: Um novo modelo SEIR para países em desenvolvimento – estudo de caso para a Região Metropolitana de Belém.** Nota Técnica. <https://drive.google.com/file/d/1sBFbCHqidOPwUUdpeXknZrJ5gSp83qpS/view>

PRADO, M.; BASTOS, L.; BATISTA, A.; et al. **Análise de subnotificação do número de casos confirmados da COVID-19 no Brasil.** Nota Técnica 7 – 11/04/2020. Núcleo de Operações e Inteligência em Saúde (NOIS) Inteligência computacional aplicada à predição da evolução da COVID-19 e ao dimensionamento de recursos hospitalares. Disponível em <<https://sites.google.com/view/nois-pucrio/publica%C3%A7%C3%B5es>>

PEDERSEN, M. G.; MENEGHINI, M. **Quantifying undetected COVID-19 cases and effects of containment measures in Italy: Predicting phase 2 dynamics.** 2020. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/339915690>>.

OLIVEIRA, I. M. **Modelos epidemiológicos SEIR.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2008.

WALKER, P. G. T. et al. **The global impact of covid-19 and strategies for mitigation and suppression.** On behalf of the imperial college covid-19 response team, Imperial College of London. 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

adoecimento 21, 55
alimentos in natura 36
ansiedade 33, 35, 36, 56, 57, 58, 60, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70
atendimento domiciliar 21
atuação do enfermeiro 21

C

Carga global da doença 56
comunicação 35
confinamento 32, 33, 34, 35, 36, 37
controle da pandemia 41
controle metabólico 34
coronavírus 21, 22, 41, 42, 63, 71, 72
Covid-19 21, 22, 32, 33, 35, 37, 40, 53, 60, 64, 70, 72
cuidado 21, 32, 56, 59, 69

D

desigualdade social 41, 43
desordens depressivas 55, 57, 58, 59
Diabetes 32, 38, 39, 40
dieta 33, 34, 37
distanciamento social 21, 53, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70
distúrbio do sono 63, 65, 68, 69
doenças crônicas 35, 38

E

educação 21, 70, 71
estados afetivos 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70
estilo de vida 32, 38
estresse 32, 35, 36, 37, 56, 58, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70
estresse pós traumático 56, 59, 69
Estresse Psicológico 63
Estudantes 63, 71
estudo Global Burden of Disease 55, 57

G

gestão 21

I

idoso 21, 22, 60

idosos com diabetes 32

impacto da epidemia de COVID-19 41, 43

infecção leve, severa e crítica 41

insônia 56, 58

isolamento social 33, 34, 43, 49, 58

M

Ministério da Saúde 45, 46, 48, 49, 63

modelo matemático 41

modelo SEIR 41, 43, 45, 47, 52, 54

O

óbito 42, 55, 64

Organização Mundial da Saúde (OMS) 57, 63

P

pandemia 21, 22, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 50, 51, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 70, 71, 72

pesquisa 20, 33, 58, 62, 64, 65, 66, 69, 70

pico de uma pandemia 41

Q

qualidade de vida 33, 59, 69

qualidade do sono 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70

R

rendimento acadêmico 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72

S

saúde mental 55, 57, 58, 59, 60, 70, 72

saúde pós pandemia 55

serviços de saúde 35, 37, 38, 58

T

taxas de infecções 56, 58

telemedicina 32

transtorno de pânico 56, 58

transtornos depressivos 56, 58

transtornos mentais 55, 57, 59, 72

V

vulnerabilidade das populações 55

editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 

editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 