

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

Bacharelado em Estatística e Ciência de Dados

Gustavo Augusto dos Santos

Kalebi Henrique Silva de Carvalho

Leonan Nelson da Silva Natal

**Tendências Sazonais e Gestão de Crises: Um  
Estudo sobre Surto Endêmico de COVID-19 em  
São Carlos Pós Lockdown**

São Carlos - SP  
2024

Gustavo Augusto dos Santos

Kalebi Henrique Silva de Carvalho

Leonan Nelson da Silva Natal

**Tendências Sazonais e Gestão de Crises: Um  
Estudo sobre Surto Endêmico de COVID-19 em  
São Carlos Pós Lockdown**

Trabalho da disciplina de Metodologia Científica I apresentado à Universidade de São Paulo - USP como requisito parcial para a obtenção de aprovação na referida disciplina.

Docente: Prof. Dr. Mário de  
Castro Andrade Filho

São Carlos-SP  
2024

# Resumo

Com o término do período classificado como pandêmico da COVID-19, a transição para uma fase endêmica apresenta novos desafios e demandas para a saúde pública. Diante disso, torna-se essencial realizar estudos focados na contenção e caracterização de surtos endêmicos de SARS-CoV-2. Este trabalho propõe identificar padrões sazonais relacionados a eventos geradores de crises regionais no município de São Carlos. Os dados foram analisados utilizando técnicas estatísticas e inferenciais, tais como testes de hipóteses e análises gráficas, por meio de frameworks Python (Pandas e Matplotlib). Espera-se que as análises quantitativas resultem em padrões qualitativos para a mensuração de possíveis crises endêmicas.

**Palavras-Chave:** COVID-19, Endêmico, Saúde Pública, Padrões Sazonais, Crises Regionais, São Carlos, Análise Exploratória de Dados, Python.

# Abstract

With the end of the period classified as a COVID-19 pandemic, the transition to an endemic phase presents new challenges and demands for public health. Therefore, it is essential to carry out studies focused on the containment and characterization of endemic outbreaks of SARS-CoV-2. This paper aims to identify seasonal patterns related to events that generate regional crises in the city of São Carlos. Data were analyzed using statistical and inferential techniques, such as hypothesis testing and graphical analysis, using Python frameworks (Pandas and Matplotlib). It is expected that quantitative analyses will result in qualitative standards for the measurement of possible endemic crises.

**Keywords:** COVID-19, Endemic, Public Health, Seasonal Patterns, Regional Crises, San Carlos, Exploratory Data Analysis, Python.

# Sumário

<b>Resumo</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Introdução</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>Metodologia</b>	<b>6</b>
Coleta de Dados . . . . .	6
Organização dos Dados . . . . .	6
Análise Descritiva . . . . .	6
Visualização dos Dados . . . . .	7
Ferramentas Utilizadas . . . . .	7
<b>Resultados e Discussão</b>	<b>8</b>
<b>Conclusão</b>	<b>14</b>
<b>Referência Bibliográficas</b>	<b>15</b>

# Introdução

A observação contínua de várias doenças ao longo do tempo tem revelado que variações sazonais na incidência são comuns para infecções agudas. Por exemplo, a gripe espanhola de 1918-1919 mostrou padrões sazonais evidentes [1], e estudos subsequentes sobre o vírus da gripe continuam a identificar flutuações sazonais regulares na incidência da doença. Da mesma forma, a dengue exhibe picos sazonais que estão intimamente ligados a fatores climáticos e ambientais [2].

A compreensão da sazonalidade na dinâmica de transmissão da COVID-19 ainda não é completa, devido não apenas às mudanças climáticas significativas, mas também à capacidade do patógeno de prosperar em diferentes ambientes.

A dificuldade em estabelecer uma dinâmica sazonal clara para a COVID-19 é evidente, dada a complexidade dos dados disponíveis [3].

No entanto, se confirmado esse padrão, seria de extrema importância para compreender e mitigar os riscos e os fatores determinantes da transmissão do SARS-CoV-2, contribuindo para o planejamento de estratégias eficazes de controle e prevenção durante crises endêmicas.

Este estudo investigou a hipótese de sazonalidade da COVID-19 no município de São Carlos-SP, nos anos de 2022, 2023 e no primeiro semestre de 2024, período em que os níveis de cobertura vacinal da população já são considerados médios a altos.

# Objetivos

Este trabalho tem como objetivo central investigar os padrões sazonais associados aos eventos geradores de crises endêmicas no contexto pós-pandêmico da COVID-19, focando no município de São Carlos. Com a transição da COVID-19 para uma fase endêmica, emergem novos desafios e demandas significativas para a saúde pública, especialmente na contenção e caracterização de surtos locais do SARS-CoV-2.

O estudo utilizará técnicas estatísticas avançadas e análises inferenciais, incluindo visualizações gráficas, empregando frameworks em Python como Pandas e Matplotlib. Através dessas metodologias, pretende-se identificar e quantificar padrões qualitativos que possam indicar a ocorrência e a intensidade de crises endêmicas no município.

Ao final, espera-se que os resultados obtidos forneçam insights críticos para a gestão de saúde pública local, contribuindo para estratégias mais eficazes de monitoramento, prevenção e resposta a surtos endêmicos de SARS-CoV-2, consolidando assim a base científica necessária para enfrentar futuras emergências de saúde.

# Metodologia

## Coleta de Dados

Os dados foram obtidos através do site oficial de monitoramento da COVID-19 [4], especificamente de registros semanais de notificações de casos novos e óbitos. Os dados abrangem as semanas epidemiológicas dos anos de 2022, 2023 e 2024.

## Organização dos Dados

Os dados foram organizados em um formato Data Frame utilizando-se a biblioteca Pandas do Python. Cada entrada no DataFrame continha informações sobre a semana epidemiológica, o ano correspondente, o número de casos novos notificados e o número de óbitos novos notificados.

## Análise Descritiva

A análise descritiva dos dados foi conduzida utilizando tabelas resumo de frequência. Essas tabelas fornecem uma visão geral da distribuição dos casos novos e óbitos notificados ao longo das semanas epidemiológicas.



## Visualização dos Dados

Foram criados gráficos de séries temporais para facilitar a visualização dos padrões de notificação ao longo do tempo:

Gráficos de Casos Novos Notificados: Os casos novos notificados foram plotados para cada semana epidemiológica, com as séries separadas por ano e diferenciadas por cores.

Gráficos de Casos Acumulados: Para entender a progressão ao longo do tempo, os casos acumulados foram calculados e plotados, mostrando o total acumulado de casos semana a semana.

Gráfico da Média Móvel :Os casos foram analisados por meio do emprego de uma técnica de média móvel, utilizada para suavizar os dados, proporcionando uma visualização mais clara das tendências e padrões que emergem ao longo do período analisado.

## Ferramentas Utilizadas

As seguintes ferramentas e bibliotecas foram utilizadas para a análise e visualização dos dados:

- Python: A linguagem de programação utilizada para todas as etapas de manipulação e análise de dados.
- Pandas: Biblioteca utilizada para a manipulação e transformação dos dados.
- Matplotlib: Biblioteca utilizada para a criação dos gráficos de séries temporais.
- Google Sheets: Plataforma utilizada para formatação das tabelas de frequências

# Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos da análise dos dados epidemiológicos, com foco na visualização dos padrões de notificação ao longo do tempo. Para facilitar a interpretação dos dados, foram criados gráficos de séries temporais que permitem uma análise detalhada das tendências observadas.

Ano 2022	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Percentual	Frequência Percentual Acumulada
Semana 01 - Semana 04	129	129	01,23%	01,23%
Semana 05 - Semana 08	575	704	29,50%	30,73%
Semana 09 - Semana 12	294	998	15,08%	45,82%
Semana 13 - Semana 16	040	1.038	02,05%	47,87%
Semana 17 - Semana 20	082	1.120	04,21%	52,08%
Semana 21 - Semana 24	287	1.407	14,73%	66,80%
Semana 25 - Semana 28	243	1.650	12,47%	79,27%
Semana 29 - Semana 32	165	1.815	08,47%	87,74%
Semana 33 - Semana 36	143	1.958	07,34%	95,07%
Semana 37 - Semana 40	029	1.987	01,49%	96,56%
Semana 41 - Semana 44	005	1.992	00,26%	96,82%
Semana 45 - Semana 48	015	2.007	00,77%	97,59%
Semana 49 - Semana 52	047	2.054	02,41%	100,00%
Total	2.054	2.054	100,00%	100,00%

Tabela 1: Tabela de Frequências para o Ano de 2022

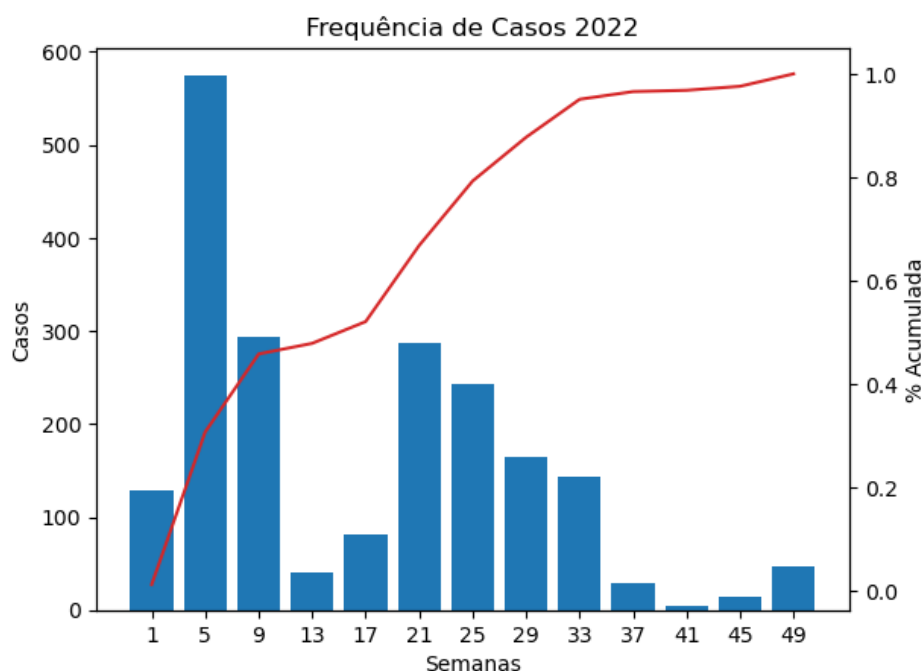


Figura 1: Frequência 2022

No ano de 2022, a cidade de São Carlos registrou um pico de 575 casos de COVID-19 entre a 5<sup>a</sup> e a 8<sup>a</sup> semana. Durante as semanas do meio do ano, quando o clima é mais frio, os casos se mantiveram em alta, resultando em 95% dos casos anuais ocorrendo até a 36<sup>a</sup> semana epidemiológica. Em contraste, em 2023, houve dois períodos de alta nos casos: um no início do ano e outro no final. Entre a 17<sup>a</sup> e a 36<sup>a</sup> semana, o número de casos permaneceu abaixo de 100 por mês, contrariando a tendência observada em 2022. No período avaliado, a cidade de São Carlos registrou uma significativa concentração de casos de COVID-19 nas 12 primeiras semanas do ano (fig. 3). Esse período inicial foi responsável por 45,82% e 48,94% dos casos em 2022 e 2023, respectivamente, destacando um padrão consistente de alta incidência nos primeiros meses do ano. Em 2024, a cidade acumulou até a 12<sup>a</sup> semana 561 casos de COVID-19, um valor menor que o dos anos anteriores. No entanto, devido ao alto número de casos entre a 13<sup>a</sup> e a 15<sup>a</sup> semana, os dados de 2024 já se aproximam dos padrões observados nos anos anteriores.

Ano 2023	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Percentual	Frequência Percentual Acumulada
Semana 01 - Semana 04	473	473	18,24%	18,24%
Semana 05 - Semana 08	437	910	16,85%	35,09%
Semana 09 - Semana 12	359	1.269	13,84%	48,94%
Semana 13 - Semana 16	240	1.509	09,26%	58,20%
Semana 17 - Semana 20	026	1.535	01,00%	59,20%
Semana 21 - Semana 24	053	1.588	02,04%	61,24%
Semana 25 - Semana 28	030	1.618	01,16%	62,40%
Semana 29 - Semana 32	015	1.633	00,58%	62,98%
Semana 33 - Semana 36	045	1.678	01,74%	64,71%
Semana 37 - Semana 40	305	1.983	11,76%	76,48%
Semana 41 - Semana 44	267	2.250	10,30%	86,77%
Semana 45 - Semana 48	230	2.480	08,87%	95,64%
Semana 49 - Semana 52	113	2.593	04,36%	100,00%
Total	2.593	2.593	100,00%	100,00%

Tabela 2: Tabela de Frequências para o Ano de 2023

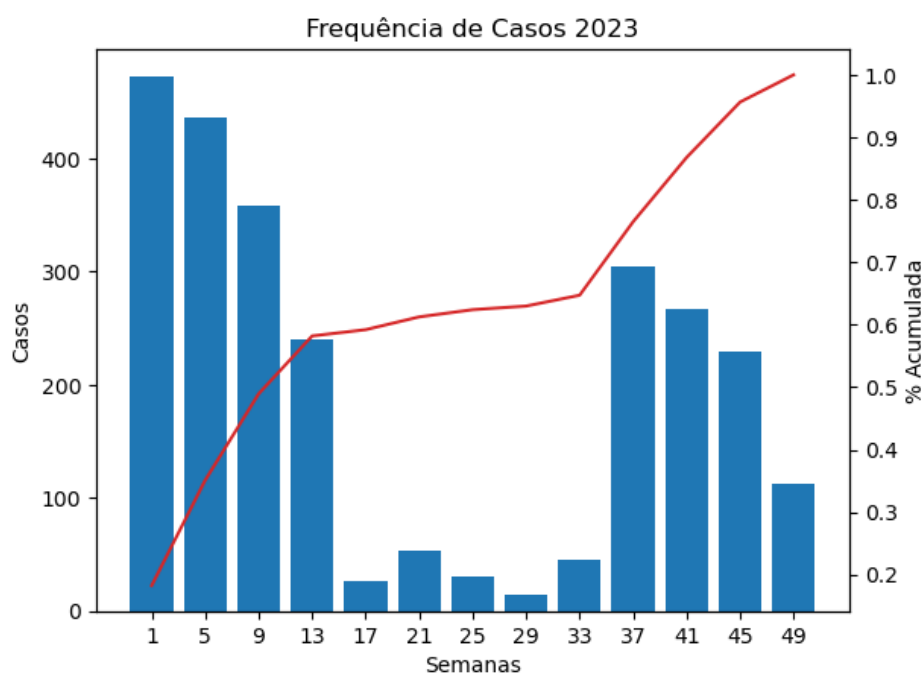


Figura 2: Frequência 2023

Ano 2024	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Percentual	Frequência Percentual Acumulada
Semana 01-Semana 04	122	122	11,23%	11,23%
Semana 05-Semana 08	397	519	36,56%	47,79%
Semana 09-Semana 12	042	561	03,87%	51,66%
Semana 13-Semana 16	525	1.086	48,34%	100,00%
Total	1.086	1.086	100,00%	100,00%

Tabela 3: Tabela de Frequências para o Ano de 2024

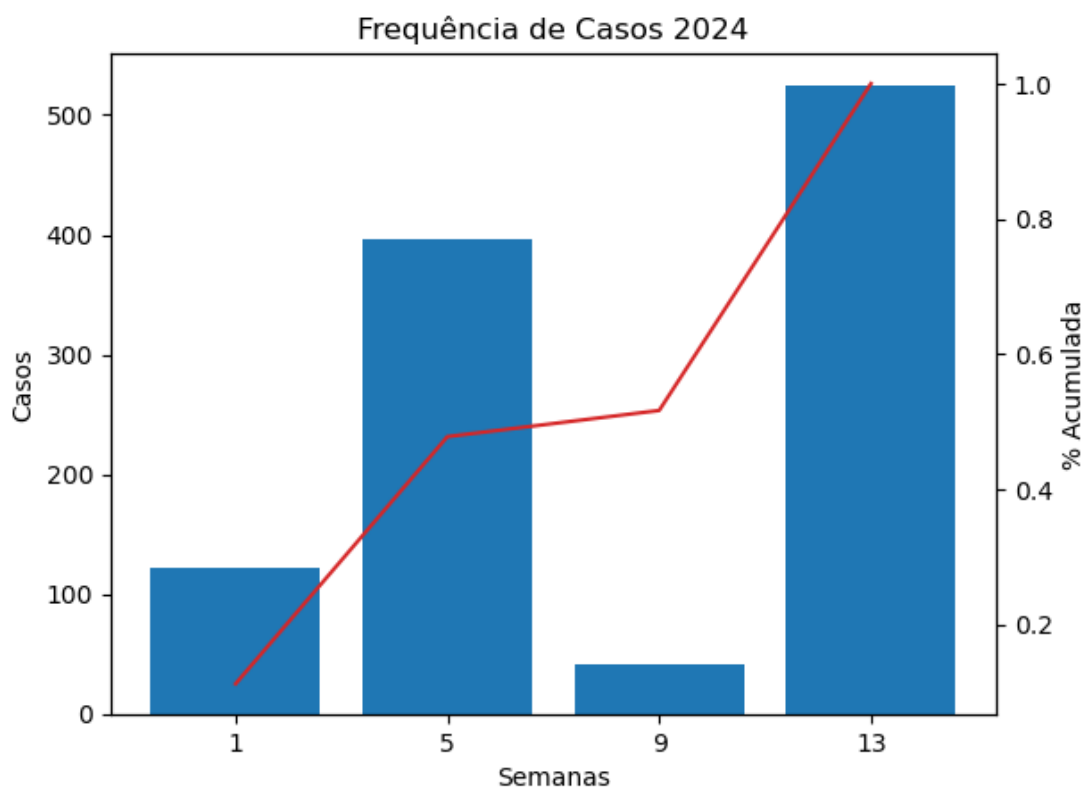


Figura 3: Frequência 2024

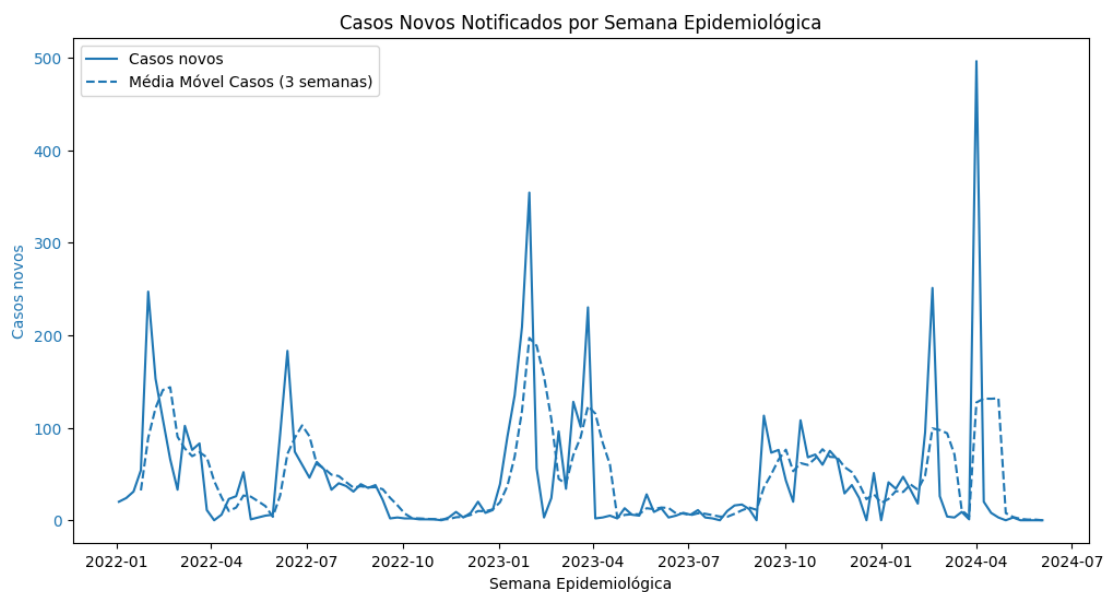


Figura 4: Casos Novos Notificados por Semana Epidemiológica

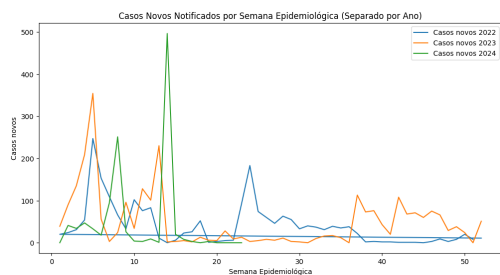


Figura 5: Casos Novos Notificados por Semana Epidemiológica (Separado por Ano)

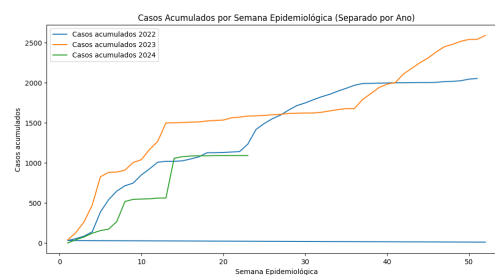


Figura 6: Casos Acumulados por Semana Epidemiológica (Separado por Ano)

No gráfico ilustrado na Figura 4, a linha tracejada representa a aplicação da Média Móvel, uma técnica estatística fundamental na análise de séries temporais. Seu objetivo principal é identificar padrões subjacentes, variações sazonais e mudanças de curto prazo nos dados. A Média Móvel é conhecida por sua capacidade

<sup>0</sup>Obs: Todos os gráficos e tabelas de frequência foram de autoria própria dos autores.

de suavizar flutuações aleatórias, destacando assim as tendências significativas ao longo do tempo.

A essência da Média Móvel reside no cálculo da média de um determinado número de pontos consecutivos em uma série temporal. Esse procedimento ajuda a reduzir o impacto das flutuações aleatórias, permitindo uma melhor visualização das tendências que podem não ser facilmente discerníveis nos dados originais. No caso apresentado, a Média Móvel foi calculada utilizando um período de 3 semanas.

$$\bar{p}_i = \frac{p_{i+1} + \dots + p_{i+n}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{i+j} \quad (1)$$

$$p_{i+1}^- = \bar{p}_i + \frac{p_{n+i+1}}{n} - \frac{p_{i+1}}{n} \quad (2)$$

Os resultados desta pesquisa demonstram que a COVID-19 apresenta um padrão sazonal claro, com picos de casos nos 3 primeiros meses do ano. Essa sazonalidade pode estar relacionada a fatores climáticos, como temperatura e umidade, que influenciam a viabilidade e a transmissão do vírus, além de períodos de livre circulação e datas comemorativas [5].

A compreensão da sazonalidade da COVID-19 é crucial para o planejamento de medidas de saúde pública eficazes. As autoridades podem utilizar os resultados desta pesquisa para direcionar recursos e estratégias de prevenção para os períodos de maior risco da doença.

## Considerações Adicionais:

- É importante destacar que a sazonalidade da COVID-19 pode ser influenciada por outros fatores além dos climáticos, como medidas de controle social e a circulação de novas variantes do vírus.

- Mais pesquisas são necessárias para compreender completamente os mecanismos por trás da sazonalidade da COVID-19 e para desenvolver modelos de previsão precisos.

## Conclusão

Com base na análise dos dados dos anos estudados, observamos que aproximadamente metade dos casos de COVID-19 ocorre até a 12<sup>a</sup> semana do ano, conforme indicado pelos gráficos de média móvel e de frequências. A concentração desses casos nos primeiros meses pode ser atribuída à presença de feriados significativos como festas de fim de ano, Carnaval e Semana Santa, períodos associados a maiores aglomerações sociais. Em 2023, os casos permaneceram em baixa durante o meio do ano, tradicionalmente considerados de maior risco para doenças respiratórias, sugerindo que, no Brasil, as aglomerações possam representar um risco maior que o tempo seco e frio. Embora o gráfico de média móvel não mostre uma tendência clara de crescimento ou decrescimento, o que pode indicar um controle da pandemia de COVID-19, a concentração inicial de casos no começo do ano sublinha a necessidade contínua de precauções e vigilância.



# Referências Bibliográficas

- [1] TAUBENBERGER, Jeffrey K.; MORENS, David M. 1918 Influenza: The Mother of All Pandemics. *Emerging Infectious Diseases*, v. 12, n. 1, p. 15-22, 2006. Disponível em: [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/12/1/05-0979\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/12/1/05-0979_article).
- [2] JOHANSSON, Michael A.; CUMMINGS, Derek A. T.; GLASS, Gregory E. Multiyear Climate Variability and Dengue—El Niño Southern Oscillation, Weather, and Dengue Incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: A Longitudinal Data Analysis. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 11, p. e1000168, 2009. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000168>.
- [3] ANDRADE, Ion; MOTA, Hugo; OLIVEIRA, Jacyane; MEDEIROS, Flávia. A sazonalidade da Covid-19 em 2021 na região metropolitana de Natal (RN), Brasil. *Revista Diálogos em Saúde Pública*, v. 1, n. 2, p. e000019–e000019, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/377695427\\_A\\_sazonalidade\\_da\\_Covid-19\\_em\\_2021\\_na\\_regiao\\_metropolitana\\_de\\_Natal\\_RN\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/377695427_A_sazonalidade_da_Covid-19_em_2021_na_regiao_metropolitana_de_Natal_RN_Brasil).
- [4] BRASIL. Ministério da Saúde. COVID-19 no Brasil. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- [5] Xavier, Juliana Meira de Vasconcelos et al. "Sazonalidade climática e doenças das vias respiratórias inferiores: utilização de modelo preditor de hospitalizações pediátricas." *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 75, n. 1, p. e20210680, 2022.