

# MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO DOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AOS ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA COVID-19

LONGARAY, André Andrade<sup>1</sup>

RU 2420176

PADILHA, Eliandro José <sup>2</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo realizar o levantamento bibliográfico sobre o atual estado da arte na literatura científica a respeito do uso de modelos matemáticos aplicados aos estudos epidemiológicos da COVID-19. Para consecução do objetivo proposto foi realizada uma pesquisa descritiva, de caráter bibliográfico, por meio de revisão sistemática da literatura instrumentalizada pela técnica de bibliometria. Para coleta de dados foram selecionadas as bases de dados online *Scopus* e *Web of Science*. Para filtragem dos artigos nas bases de dados, empregou-se as palavras-chave “COVID-19”, o modelo “SIR” e suas variantes “SIRS”, “SIQS”, “SIQR”, “SIS-VS”, “SEIR”, “MSEIR” e “MSEIRS”. Das filtrações resultou um portfólio de 101 artigos alinhados ao tema de pesquisa. Na etapa de bibliometria foram analisados os quantitativos de produção e autoria, instituições, palavras-chave, periódicos e modelos matemáticos epidemiológicos empregados. Com isso foi possível estabelecer um cenário do que foi produzido no ano de 2020 a respeito do emprego de modelos matemáticos epidemiológicos à pandemia COVID-19.

**Palavras-chave:** COVID-19, Modelos Matemáticos epidemiológicos, bibliometria.

## 1 INTRODUÇÃO

---

<sup>1</sup> Aluno do Bacharelado em Matemática do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. Semestre 02 – ano 2020.

<sup>2</sup> Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER.

A pandemia causada pela doença de Coronavírus (COVID-19) tem se tornado uma emergência mundial e desafia as mais diversas sociedades. Com seu início no fim de dezembro de 2019 em Wuhan, na China, o surto é considerado o propulsor de uma das maiores crises sanitárias já vistas (WANG et al., 2020). No decorrer das investigações sua causa foi relacionada a um novo tipo de Coronavírus, o SARS-Cov-2 (HANG et al., 2020), que possui uma forte capacidade de infectar seres humanos podendo levar a morte em alguns casos (SHI et al., 2020). Com isso, em janeiro de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou emergência de saúde pública Internacional e em 11 de março foi alcançado o nível de pandemia. Desde então, a rápida ascensão da doença tem preocupado lideranças do mundo inteiro e assolando países.

Nesse panorama, os modelos matemáticos ganharam atenção do governo e da opinião pública. No Brasil, desde o mês de abril de 2020, o Ministério da Saúde, as Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde e Universidades passaram a divulgar periodicamente boletins informativos sobre a evolução da epidemia por COVID-19.

A rotina para a realização das simulações de acompanhamento epidemiológico para uma determinada região geográfica envolve os seguintes processos: os dados reais da epidemia na cidade passam por uma fase inicial de processamento; posteriormente estes dados processados são inseridos no sistema de identificação paramétrica; uma vez os parâmetros do modelo identificados, estes são atualizados no modelo matemático e, posteriormente, realizam-se simulações e análises de cenários.

No que tange, especificamente, ao modelo matemático empregado nos estudos epidemiológicos, deve-se ter em conta a existência de uma diversidade de possibilidades descritas na literatura.

É, insere nesse contexto, que a presente pesquisa propõe o seguinte problema de pesquisa: Qual o atual estado da arte na literatura científica a respeito do uso de modelos matemáticos aplicados aos estudos epidemiológicos da COVID-19?

Para responder a esse questionamento, o estudo tem por objetivo realizar o levantamento bibliográfico sobre o atual estado da arte na literatura científica a respeito do uso de modelos matemáticos aplicados aos estudos epidemiológicos da COVID-19.

A fim de atingir o objetivo proposto, pretende-se, proceder a busca de artigos sobre modelos matemáticos aplicados à epidemiologia em base de dados *online*; executar o estudo bibliométrico dos artigos identificados na busca às bases de dados; e sintetizar os achados da bibliometria a fim de tecer um panorama do estado da arte sobre o uso de modelos matemáticos aplicados à epidemiologia.

O trabalho se justifica à medida que contribui para o entendimento dos modelos matemáticos empregados em estudos epidemiológicos ao levantar, examinar e discutir a diversidade de modelos matemáticos aplicados à COVID-19. De outro modo, oferece à comunidade científica um levantamento atualizado do estado da arte a respeito dos modelos matemáticos empregados cientificamente em questões epidemiológicas.

Este artigo está organizado em cinco seções. Estabelecido o marco teórico, a seção dois faz um apanhado teórico sobre os modelos matemáticos empregados em estudos epidemiológicos. A seção três descreve a metodologia de pesquisa empregada no trabalho. A seção quatro apresenta os resultados da bibliometria. Por fim, a seção cinco discorre sobre os objetivos alcançados, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS A ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS**

Ao longo da história, a matemática tem sido fundamental nos avanços alcançados pelo campo científico da saúde, em suas mais diversas áreas.

Os modelos epidemiológicos podem ser usados como estratégias para prever a magnitude de epidemias e seus comportamentos em tempo hábil de ação (CHOWELL et al., 2009). Podem ser classificados como determinísticos ou estocásticos. A diferença básica entre eles é que os modelos determinísticos consideram indivíduos pertencentes a um estado de modelo como um todo, enquanto nos modelos estocásticos os sujeitos são considerados individualmente (MANRIQUE, 2020).

Um dos modelos matemáticos mais conhecidos é o modelo epidemiológico SIR (Suscetíveis - Infectados - Recuperados), proposto por

McKendrick & Kernack (1927), o qual prevê a propagação de uma doença contagiosa e a interação dos indivíduos envolvidos.

Existem ainda os modelos SIR (Suscetíveis – Infetados – Recuperados) e SIRS (Suscetíveis – Infetados – Recuperados - Suscetíveis) que são alternativos aos modelos SIR (SAENZ; HETHCOTE, 2006).

Alguns autores propõem os modelos SIQS e SIQR, que introduziram o compartimento de quarentena, Q. Outros tipos de modelos abordados foram os modelos SIS-VS (suscetíveis - infetados – suscetíveis – vacinação), SEIR (suscetíveis – expostos - infetados - recuperados), MSEIRS (imunes - suscetíveis – expostos - infetados – recuperados - suscetíveis), MSEIR (imunes - suscetíveis – expostos - infetados – recuperado) e os modelos acoplados. Neste trabalho, se pretende sintetizar os modelos existentes na literatura.

Todos esses modelos utilizam equações diferenciais para estimar o número de pessoas suscetíveis de adoecer (suscetível), o número de pacientes (infetados) e o número de pessoas que não podem mais transmitir a doença (recuperada ou morta) em uma população ao longo do tempo (TAKEUCHI, 2002).

Sendo assim, um modelo SIR pode ser formulado da seguinte forma:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

onde  $\beta$  e  $\gamma$  são respectivamente a taxa de infecção e taxa de recuperação dos indivíduos e  $N = S + I + R$  que é o total da população.

Para uma determinada doença com população específica, pode-se trabalhar as funções do modelo SIR com o objetivo de prever possíveis surtos de modo a controlá-los. A maioria dos modelos tem como parâmetros relevantes a força de infecção e a razão de reprodutibilidade Basal ( $R_0$ ) que pode ser

compreendido como o número médio de pessoas que são infectadas por um único indivíduo:

$$R_0 = \frac{\beta}{\gamma}$$

Obtendo a formulação básica do modelo SIR é possível adaptá-la conforme as situações que a pandemia envolve. Com isso, o modelo a ser utilizado dependerá de inúmeros fatores como o efeito da quarentena, tempo de incubação, dentre outros que podem ser acrescentados as funções básicas do SIR.

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

No que tange a metodologia de pesquisa, esta é definida a partir do propósito do projeto, do caráter, do delineamento da pesquisa, das técnicas de coleta e a análise de dados a ser utilizada (ROESCH, 2013).

Nesse sentido, o presente estudo apresenta como propósito a pesquisa aplicada, onde deseja-se gerar soluções potenciais para problemas humanos. Considerando o caráter de pesquisa, no presente trabalho estuda-se estatisticamente os dados presentes em cada artigo do portfólio bibliográfico.

Quanto ao delineamento, foi adotada a pesquisa descritiva, procedendo-se a descrição das características dos artigos selecionados para análise. Assim, a pesquisa é predominantemente quantitativa, pois basicamente converte as descrições das informações dos trabalhos analisados em dados para serem tratados estatisticamente.

A respeito da técnica de coleta de dados, foi empregada a pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2010), a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em materiais já publicados, tais como: livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Neste caso específico, fez-se a busca a partir das bases de dados online, presentes no Portal de Periódicos CAPES.

Como técnica de análise, fez-se o estudo bibliométrico de artigos científicos, definidos a partir da coleta de dados.

A bibliometria, de acordo com Wolfram (2017), surgiu como metodologia com a finalidade de avaliar e entender o desempenho das atividades de produção científica acadêmica, utilizando para tanto uma quantidade de dados, referentes ao período pesquisado, para a extração das informações necessárias.

Segundo Lordsleem et al. (2009), bibliometria é uma forma metodológica de obtenção de indicadores de avaliação de produção científica ou técnica, pelo estudo quantitativo das publicações.

Espera-se deste modo, mapear a produção científica a respeito do emprego de modelos matemáticos empregados em estudos epidemiológicos da COVID-19, objetivo desta pesquisa.

## **4 RESULTADOS DA PESQUISA**

A realização desta pesquisa consiste no procedimento de duas etapas da análise bibliométrica. Na primeira etapa objetivou-se a coleta dos dados referentes ao propósito do estudo. Já na etapa conseguinte apresentam-se os resultados obtidos na análise.

### **4.1 Coleta de dados**

Esta etapa da análise bibliométrica deste estudo consiste-se na seleção de artigos disponibilizados online. Para tanto, inicialmente, foram estabelecidas as palavras-chave: “COVID-19, o modelo “SIR” e suas variantes “SIRS”, “SIQS”, “SIQR”, “SIS-VS”, “SEIR”, “MSEIR” e “MSEIRS”. A partir disto, buscou-se identificar variações pertinentes cerca da temática. Para ampliar o escopo de busca, todas as palavras foram utilizadas em Inglês.

As bases de dados online escolhidas para a busca por artigos que contemplassem as palavras-chave foram a *Scopus* e a *Web of Science*. A escolha se justifica por se tratarem das duas bases que concentram a maior parte dos artigos com fator de impacto publicados no meio acadêmico mundial. A coleta se deu no dia 18 de outubro de 2020 e fez-se uso do software EndNote versão 7 para extração das referências.

A partir da combinação da palavra-chave COVID-19 com as palavras-chave SIR, SIRS, SIQS, SIQR, SIS-VS, SEIR, MSEIR e MSEIRS, nas bases de dados online Scopus e Web of Science, obteve-se 202 publicações (Tabela 1).

Tabela 1. Número de publicações por base de dados.

<b>Palavras-chave</b>	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>	<b>Total</b>
COVID-19 and SIR	33	31	64
COVID-19 and SIRS	34	31	65
COVID-19 and SIQS	0	0	0
COVID-19 and SIQR	1	0	1
COVID-19 and SIS-VS	0	0	0
COVID-19 and SEIR	32	42	72
COVID-19 and MSEIR	0	0	0
COVID-19 and MSEIRS	0	0	0
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>104</b>	<b>202</b>

Fonte: Os autores (2020).

Após exportar os arquivos para software bibliográfico, excluiu-se os documentos duplicados, resultado em 116 documentos (Tabela 2).

Tabela 2. Número de publicações após exclusão de duplicados.

<b>Palavras-chaves</b>	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>	<b>Total</b>
COVID-19 and SIR	0	21	21
COVID-19 and SIRS	28	0	28
COVID-19 and SIQS	0	0	0
COVID-19 and SIQR	1	0	1
COVID-19 and SIS-VS	0	0	0
COVID-19 and SEIR	29	37	66
COVID-19 and MSEIR	0	0	0
COVID-19 and MSEIRS	0	0	0
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>116</b>

Fonte: Os autores (2020).

Aplicou-se o filtro de leitura de título, palavras-chave e resumo, excluindo 11 documentos que se demonstraram não alinhados à temática. Por fim, fez-se a leitura completa dos documentos com a exclusão de 04 documentos. Desse modo, restaram 101 publicações alinhadas ao tema de pesquisa, representando assim, o portfólio bibliográfico final do trabalho (Tabela 3).

Tabela 3. Portfólio Bibliográfico.

<b>Alinhados à pesquisa</b>	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>	<b>Total</b>
COVID-19 and SIR	0	16	16

COVID-19 and SIRS	23	0	23
COVID-19 and SIQS	0	0	0
COVID-19 and SIQR	1	0	1
COVID-19 and SIS-VS	0	0	0
COVID-19 and SEIR	26	35	61
COVID-19 and MSEIR	0	0	0
COVID-19 and MSEIRS	0	0	0
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>101</b>

Fonte: Os autores (2020).

Com a definição do número de publicação alinhadas com a pesquisa, a etapa seguinte do procedimento metodológico refere-se a análise e interpretação dos resultados obtidos a partir dos artigos do portfólio bibliográfico.

## 4.2 Estudo bibliométrico

Nesta fase foram sintetizadas todas as análises necessárias para a realização da bibliometria, incluindo análise acerca de produção e autoria, palavras-chave, periódicos e dos modelos matemáticos empregados.

Uma observação a ser feita é que os 101 artigos do portfólio bibliográfico foram publicados no ano de 2020. Isso se explica pelo fato de a COVID investigada ter sido a COVID-19, surgida em Wuhan, China, no mês de novembro do ano de 2019.

### 4.2.1. Análise de produção e autoria

Inicialmente, realizou-se a análise do número de publicações por país, por instituição, e os autores que mais contribuíram com a literatura acerca do tema de pesquisa exposto.

Para a análise do número de publicações por país, foi considerado o país de naturalidade do primeiro autor do artigo. Os 101 artigos do portfólio bibliográfico estão distribuídos entre 33 países. 14 países obtiveram mais de 2 publicações no período analisado. Os demais 19 países obtiveram apenas 1 publicação.



Observando-se a Tabela 4, constata-se que a China é o país com maior publicação de artigos sobre o tema, 21 artigos, representando 20% das publicações. Na sequência, Índia e Estados Unidos da América, com 10 artigos, representando 10%. Itália e Brasil vem na sequência, com 8 e 7 artigos, respectivamente, representando aproximadamente 7% das publicações. França, Reino Unido, Canadá, Espanha, Algéria, Austrália, Irã, Japão e Vietnam apresentaram menos de 1% de representatividade, com 2 artigos cada país.

Tabela 4. Número de publicações por país.

País	Nº artigos
China	21
India	10
USA	10
Italia	8
Brasil	7
França	5
Reino Unido	5
Canada	3
Espanha	3
Algéria	2
Australia	2
Irã	2
Japão	2
Vietnam	2
Outros Países	19

Fonte: Os autores (2020).

Na análise das Instituições, obteve-se um número de 95 universidades e um pesquisador independente. As instituições que mais publicaram artigos alinhados à pesquisa foram a *Stanford University*, a *Princeton University*, a *Shanghai Jiao Tong University School of Medicine*, a *Wuhan University of Science and Technology* e a Universidade Federal de Minas Gerais. Todas com 2 artigos publicados (Tabela 5).

Tabela 5. Instituições.

Instituição	Nº artigos
Stanford University	2
Princeton University	2

Shanghai Jiao Tong University School of Medicine	2
Universidade Federal de Minas Gerais	2
Wuhan University of Science and Technology	2

Fonte: Os autores (2020).

A respeito da análise de autoria, considerou-se os primeiros autores dos artigos. O levantamento indicou 472 autores (primeiros autores e co-autores), sendo que destes, 37 foram primeiros autores de 2 ou mais artigos. Outros 26 primeiros autores publicaram apenas 1 artigo.

O autor Liu, M. foi o que mais se destacou-se entre os 472 autores do portfólio, como primeiro autor de 3 artigos. 36 pesquisadores publicaram 2 artigos como primeiro autor, cada (Tabela 6). Não foram elencados os 26 autores que contribuíram com uma publicação.

Tabela 6. Análise de autoria (primeiro autor).

<b>autores</b>	<b>Nº de artigos</b>
liu, m.	3
barlow, nathaniel s.	2
cadoni, mariano	2
cai, y.	2
chang, r. j.	2
chatterjee, kaushik	2
chatterjee, kaustuv	2
costabal, f. s.	2
dong, y. q.	2
fanelli, duccio	2
huang, j. y.	2
klein, e. k.	2
kuhl, e.	2
kuniya, t.	2
li, xin	2
linka, k.	2
liu, feng	2
papaix, j.	2
peirlinck, m.	2
piazza, francesco	2
roques, l.	2
sar, a.	2
shankar, subramanian	2
shen, t.	2
soubeyrand, s.	2
tang, sanyi	2
tsamlag, l.	2

wang, h. w.	2
wang, y.	2
wang, z. z.	2
weinstein, steven j.	2
xu, c.	2
xu, g.	2
yu, x. y.	2
zhang, s. x.	2
zhang, x. x.	2
zhu, gaofeng	2
Outros autores	26

Fonte: Os autores (2020).

#### 4.2.2. Análise das palavras-chave

A análise das palavras-chaves contidas nos 101 artigos do portfólio procura complementar o exame a respeito do objetivo de pesquisa das publicações.

Essa análise se diferencia da etapa de coleta de dados, em que as palavras-chave formuladas para pesquisa ou a combinação das mesmas, devem estar presentes ao longo do texto do artigo. Aqui, examina-se as palavras-chaves enunciadas em cada um dos artigos do portfólio bibliográfico.

Assim, nos 101 artigos do portfólio bibliográfico da pesquisa, foram encontradas 134 diferentes palavras-chave. Como esperado, a palavra-chave “COVID-19” foi a que mais utilizada, em um total de 31 artigos. A segunda palavra-chave, foi “*sir model*”. A Tabela 7 sintetiza esses achados.

Tabela 7. Palavras-chave

Palavras-chave	Nº de artigos
covid-19	31
sir model	11
sars-cov-2	5
seir model	5
coronavirus	4
epidemic	4
lockdown	4
mathematical model	4
pandemic	4

seir	4
basic reproduction number	3
parameter estimation	3
prediction	3
quarantine	3
data analysis	2
intervention	2
mathematical modeling	2
public health	2
Outras	5

Fonte: Os autores (2020).

Estes achados são significativos pois demonstram o nível de alinhamento dos 101 artigos do portfólio com os objetivos da pesquisa proposta. A Figura 1 apresenta o mapa de palavras-chave do portfólio de artigos da pesquisa.

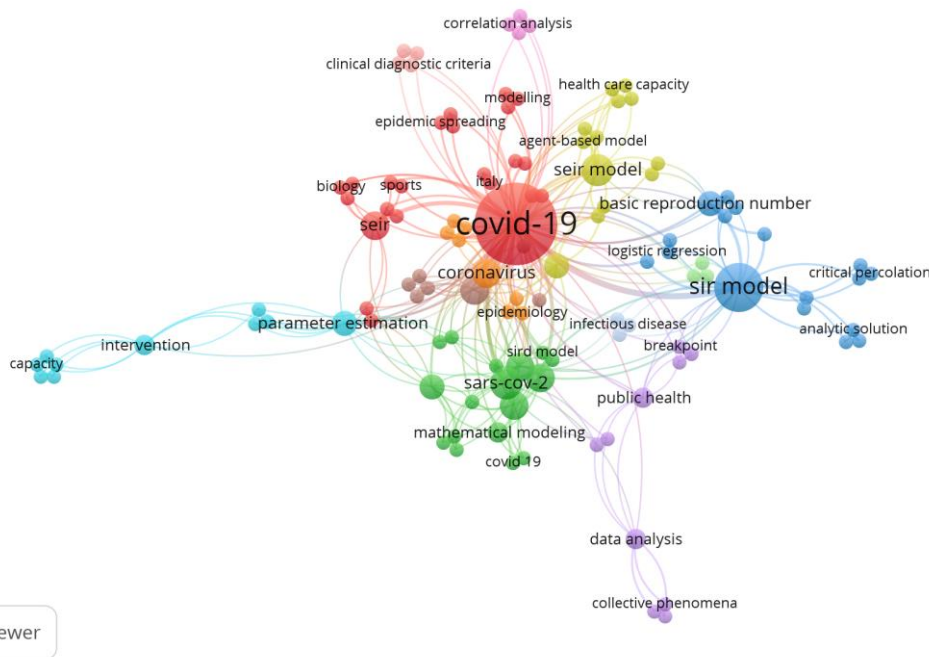


Figura 1. Mapa de Palavras-Chave do portfólio de artigos da pesquisa  
Fonte: Os autores (2020).

#### 4.2.3. Análise dos periódicos

Na análise dos periódicos é demonstrado o número de *journals* que tiveram mais publicações acerca do tema de pesquisa.

Os 101 artigos da base de pesquisa foram publicados em 55 diferentes *journals*. As duas publicações que tiveram maior representatividade quantitativa foram o *Chaos Solitons & Fractals*, com 23 dos 101 artigos do portfólio e a *Nonlinear Dynamics*, com 6 artigos publicados. Se somadas as 5 publicações da *Infectious Disease Modelling*, verifica-se, que, juntas, concentram quase 34% dos artigos publicados.

Importante ressaltar que 41 *journals* tiveram somente 1 artigo publicado sobre a temática COVID-19 e os modelos matemáticos SIR e suas variantes. A Tabela 8 ilustra a distribuição de artigos por *journals*.

Tabela 8. Análise dos periódicos.

Journal	Nº de artigos
Chaos Solitons & Fractals	23
Nonlinear Dynamics	6
Infectious Disease Modelling	5
Physica D: Nonlinear Phenomena	4
Frontiers in Medicine	3
International Journal of Infectious Diseases	3
Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation	2
Frontiers in Public Health	2
Journal of Clinical Medicine	2
Journal of Medical Virology	2
Mathematical Biosciences	2
Mathematical Modelling of Natural Phenomena	2
Medical Journal Armed Forces India	2
Science of The Total Environment	2
Outros periódicos (com apenas 1 artigo publicado)	41

Fonte: Os autores (2020).

#### 4.2.4. Análise dos modelos matemáticos empregados

Dada a quantidade de possibilidades de modelos matemáticos que podem ser aplicados a estudos epidemiológicos e levando-se em consideração que foram selecionados 101 artigos nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* a partir da combinação da palavra-chave COVID-19 com as palavras-chave SIR, SIRS, SIQS, SIQR, SIS-VS, SEIR, MSEIR e MSEIRS, é relevante para o estudo identificar os modelos mais utilizados no âmbito do portfólio bibliográfico da pesquisa.

Dos 101 artigos do portfólio 49 artigos empregaram o modelo SEIR, o que representa 48,5% do total de artigos. Na sequência, 30 artigos utilizaram o modelo SIR, representando 29,7% do portfólio. O modelo SIRD foi usado em 3 artigos, o modelo SEIR em 2 artigos. Os demais 17 artigos empregaram modelos diversos aos propostos pela pesquisa.

Tabela 9. Modelos epidemiológicos empregados

<b>Modelo</b>	<b>Nº de artigos</b>
SEIR model	49
SIR model	30
SIRD model	3
SEIR-type model	2
Outros modelos	17

Fonte: Os autores (2020).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve por objetivo realizar o levantamento bibliográfico sobre o atual estado da arte na literatura científica a respeito do uso de modelos matemáticos aplicados aos estudos epidemiológicos da COVID-19.

Para consecução do objetivo proposto foi realizada uma pesquisa descritiva, de caráter bibliográfico, por meio de revisão sistemática da literatura instrumentalizada pela técnica de bibliometria.

Para coleta de dados foram selecionadas as bases de dados online *Scopus* e *Web of Science*, por se tratarem das bases que reúnem os *journals* de maior fator de impacto do meio acadêmico. Para filtragem dos artigos nas bases de dados, empregou-se as palavras-chave “COVID-19”, o modelo “SIR” e suas variantes “SIRS”, “SIQS”, “SIQR”, “SIS-VS”, “SEIR”, “MSEIR” e “MSEIRS”. Das filtrações resultou um portfólio de 101 artigos alinhados ao tema de pesquisa.

Na etapa de bibliometria foram analisados os quantitativos de produção e autoria, instituições, palavras-chave, periódicos e modelos matemáticos epidemiológicos empregados.

Com isso foi possível estabelecer um mapa do que foi produzido no ano de 2020 a respeito do emprego de modelos matemáticos epidemiológicos à pandemia COVID-19.

Como principal limitação do estudo, tem-se que o levantamento apresentado corresponde ao que foi publicado até o mês de outubro de 2020.

Dessa limitação surge a recomendação para estudos futuros, que seria replicar esta pesquisa ao final do ano de 2021, a fim de se ter um panorama ampliado do que foi desenvolvido em termos de pesquisa de modelos matemáticos aplicados aos estudos epidemiológicos da COVID-19.

Por fim, espera-se que este trabalho sirva de auxílio àqueles que leitores que buscam por subsídios a respeito dos diferentes modelos matemáticos que são passíveis de emprego no estudo epidemiológico, tornando mais fácil a identificação de estudos que tratem da referida temática.

## REFERÊNCIAS

COOPER, H. **Synthesizing research: A guide for literature reviews** (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 1998.

CHOWELL, G., BRAUER, F. **The basic reproduction number of infectious diseases: computation and estimation using compartmental epidemic models.** In: **Mathematical and statistical estimation approaches in epidemiology.** p. 1-30. Springer, Dordrecht, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HANG, H., WANG, Y., CHUNG, H. T., & CHEN, C. J. **Clinical characteristics of novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) in newborns, infants and children.** *Pediatrics & Neonatology*, 61(2), 131-132. 2020.

KERMACK, W. O.; MCKENDRICK, A. G. A contribution to the mathematical theory of epidemics. In: THE ROYAL SOCIETY. **Proceedings of the Royal Society of London: A mathematical, physical and engineering sciences.** 1927. v. 115, n. 772, p. 700–721.

LORDSLEEM, N. L. C.; ARAÚJO, R. M. de; OLIVEIRA, B. M. K. de; ALEXANDRE, M. L. de O. **Ensino e pesquisa em administração: um estudo bibliométrico de publicações do ENANPAD (2001-2008).** *Revista Ciências Administrativas*, v. 15, n. 2, p. 356-378, 2009.

MANRIQUE A. F, GONZÁLEZ G. C., GUTIÉRREZ L.O, PIÑEREZ C.F.T, AMAYA G.H. **Predicciones de un modelo SEIR para casos de COVID-19 en Cali, Colombia.** *Revista de Salud Pública*, 22, 1-6. 2020.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração:** guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2013.

SAENZ, R. A., HETHCOTE, H. W. **Competing species models with an infectious disease.** Mathematical Biosciences and Engineering, vol. 3, pp. 219 – 235. 2006

SHI, H., HAN, X., JIANG, N., CAO, Y., ALWADI, O., Gu, J., ... & ZHENG, C. **Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study.** The Lancet Infectious Diseases. 2020.

TAKEUCHI, Y. IWASA, SATO, K. **Mathematics for life science and medicine.** Springer Science & Business Media, 2002.

WANG, H., WANG, Z., DONG, Y., CHANG, R., XU, C., ZHANG, S., TSAMALG, L., SHANG, M., HUANG, J., WANG, Y., XU, G., SHEN, T., ZHANG, X., Cai, Y., 2020. **Phase-adjusted estimation of the number of Coronavirus Disease 2019 cases in Wuhan, China.** Cell Discovery 6. <https://www.nature.com/articles/s41421-020-0148-0>. 2020.

WOLFRAM, D. **Bibliometrics Research in the Era of Big Data: Challenges and Opportunities.** **Bibliometria e Cientometria no Brasil:** infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na Era do Big Data, p. 91-101, 2017.