



## USO DA SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS NA PANDEMIA DE COVID-19

**Roberto Ramos de Morais**

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Rogério Monteiro**

Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec ZL)

### RESUMO

A humanidade se vê em meio à luta contra a pandemia de Covid-19, buscando soluções para minimizar o efeito desta doença, como isolamento social, e, naturalmente, o desenvolvimento de uma vacina. Este trabalho é um ensaio teórico que busca entender o impacto dessas ações na contenção da pandemia por meio de modelos de simulação. Os resultados demonstram que essas ações têm impacto na redução da quantidade de contágios e que técnicas de simulação são ferramentas importantes no auxílio à tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Simulação; covid-19; isolamento social; vacinação.

São Paulo, v. 5,  
n. 2, p. 92-101,  
jul./dez. 2023

Recebido em:  
14/7/2024

Aprovado em:  
24/6/2024

## 1. INTRODUÇÃO

A história da civilização liga-se ao progresso da ciência e da tecnologia, mas também a algumas lutas árduas. Uma delas, constante, está relacionada ao combate a doenças. Ujvari (2003) mostra as diversas epidemias e pandemias pelas quais a civilização passou: o extermínio do exército assírio no século VIII a.C., descrito na Bíblia; os gregos creditavam as doenças ao deus Apolo, e Asclépio (filho deste deus e de Coronis) tinha o poder de cura; a malária entre etruscos e romanos; epidemias de diarreias durante as cruzadas; a peste bubônica na Europa medieval; tifo no Leste Europeu no século XVI; sífilis na Europa na época dos descobrimentos, vinda da América; a partir da mesma época, a varíola na América, vinda da Europa; cólera no Brasil em meados do século XIX; febre amarela nas Américas, nos séculos XIX e XX; a gripe espanhola ao final da Primeira Guerra Mundial; aids, no final do século XX.

Os meios de transmissão diferem (ratos, insetos, água contaminada, contato com pessoas infectadas, pelo ar) e as formas de combate vão desde abordagens míticas/religiosas até o avanço da ciência com a identificação das causas das doenças e o desenvolvimento de vacinas. Mas o que é comum entre elas é a difusão das doenças pela movimentação de pessoas, tropas, mercadorias entre as diversas regiões afetadas. A logística, desde a Antiguidade, com as embarcações no Mediterrâneo, até hoje, com a grande quantidade de viagens aéreas, é um facilitador.

Hoje, o mundo passa por uma pandemia originada pelo novo coronavírus e pelas discussões da melhor forma de se combater a covid-19, com defesas de posições muitas vezes antagônicas.

Este artigo tem por objetivo estudar a aplicabilidade de simulação para criar um modelo do comportamento da pandemia (Estado de São Paulo?) e testar os diversos cenários conforme as possíveis políticas públicas e seus impactos na difusão da covid-19.

Como objetivos gerais, apresentam-se:

- Levantar dados sobre a disseminação da covid-19 que sirva de base para os modelos;
- Verificar a relação entre as propostas de combate à covid-19 e a alteração na quantidade de casos.
- Propor uma ferramenta de análise do comportamento da pandemia.

Este trabalho tem por público-alvo estudantes e pesquisadores que atuam na área de modelagem de processos e gestores públicos voltados às questões de saúde.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura traz inúmeras definições sobre políticas públicas. Souza (2006) considera que políticas públicas são retratadas pelo conjunto de atividades dos governos, as quais são capazes de influenciar a vida dos cidadãos. Nesse sentido, torna-se imprescindível identificar a amplitude e as consequências das políticas públicas.

A importância da assertividade das tomadas de decisão em políticas públicas foi estudada por Almeida e Rebelatto (2015). Desenvolveu-se um inventário dos modelos para políticas públicas que considerou itens como formulação, implementação e avaliação. O estudo comparou diferentes modelos com vistas à aplicabilidade e no potencial de auxiliar os gestores públicos.

Nesse contexto, Furtado, Sakowshi e Tóvolli (2015) estudam a modelagem de sistemas complexos para políticas públicas. Consideram que sistemas complexos são caracterizados por sistemas dinâmicos, não lineares, compostos por grande número de interações entre as partes. A intrincada formulação, implementações e avaliação de políticas públicas torna a utilização de sistemas complexos essencial.

A importância da estatística para o processo de tomada de decisões é estudada por Ignácio (2010). O autor defende que estatísticas confiáveis soam fundamentais no sistema de informação da sociedade, seja na esfera governamental, seja na esfera privada. Ainda segundo Ignácio (2010), as pesquisas estatísticas permitem o aumento no nível de confiança das infor-

mações divulgadas, o que favorece a tomada de decisões acertadas em termos de políticas socioeconômicas.

Dias (2020) considera que, devido à inexistência de uma correlação direta entre determinadas variáveis e seus efeitos no estudo de políticas públicas, faz-se necessário assumir modelos estatísticos e estudos probabilísticos. Tais estudos são capazes de projetar cenários futuros e abrir um leque de possibilidades que auxiliam o planejador em sua tomada de decisões.

A tomada de decisões no âmbito de políticas públicas ganha maior relevância em períodos de crise, isso porque os membros da sociedade clamam por soluções eficientes e eficazes por parte dos governantes. Em entrevista para o Portal Fiocruz (2020), o pesquisador Daniel Villela defende a importância da utilização de métodos matemáticos em diversas áreas do conhecimento, com ênfase para a campo da epidemiologia, visando orientar pesquisadores, projetar cenários e contribuir na tomada de decisões. Villela apresenta um panorama em que os modelos matemáticos foram fundamentais na atuação e na tomada de decisões em pesquisas sobre o espalhamento da pandemia de corona vírus no Brasil.

### 3. PROCEDIMENTOS

Este trabalho caracteriza-se como um ensaio teórico, no sentido de analisar cenários e relações entre variáveis de maneira que se possa entender o comportamento do sistema de disseminação da doença e os impactos de ações que visem reduzir seus efeitos.

A modelagem foi realizada com base nos dados publicados pela imprensa ao longo do primeiro semestre de 2020.

Conforme Morais (2020, p. 13), entende-se por simulação:

[...] um conjunto de técnicas de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema. Sistema é o conjunto de partes que operam juntas, visando um objetivo comum, como uma linha de produção, por exemplo. Já modelo é a representação simplificada

(considerando apenas as variáveis mais relevantes) das interações das partes de um sistema.

Devido ao uso da versão Student do *software* ARENA®, há limitação quanto ao número de entidades no modelo. Dessa forma, cada entidade representa uma centena de pessoas para que possa ficar mais próximo da realidade. O modelo simula 60 dias a partir do surgimento da primeira entidade infectada e é replicado oito vezes, com objetivo de gerar respostas estatísticas mais confiáveis.

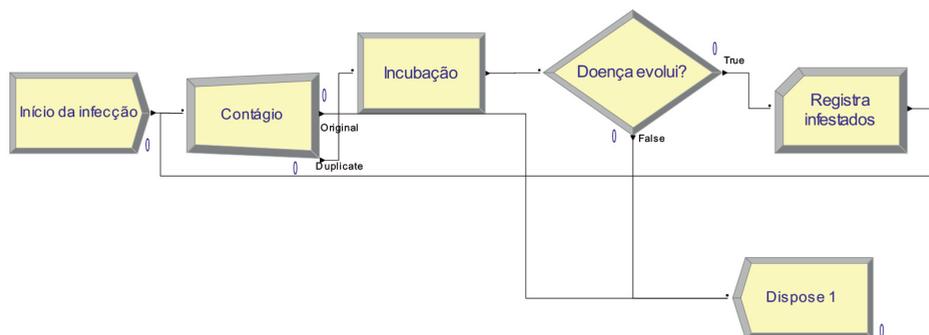
#### 4. MODELO DE INFEÇÃO E RESULTADOS

O modelo, em um cenário sem medidas de contenção (Cenário 1), inicia-se com uma entidade infectada (equivalente a 100 pessoas), que infectará outras pessoas conforme uma distribuição de Poisson de média 2,25 entidades. A incubação ocorre conforme uma distribuição exponencial de média 15 dias, e a doença evoluirá para 75% dos infectados, que contaminarão outras entidades na mesma taxa.

O modelo é apresentado na Figura 1, conforme descrição.

Figura 1

Modelo ARENA para simulação de contágio por Covid-19

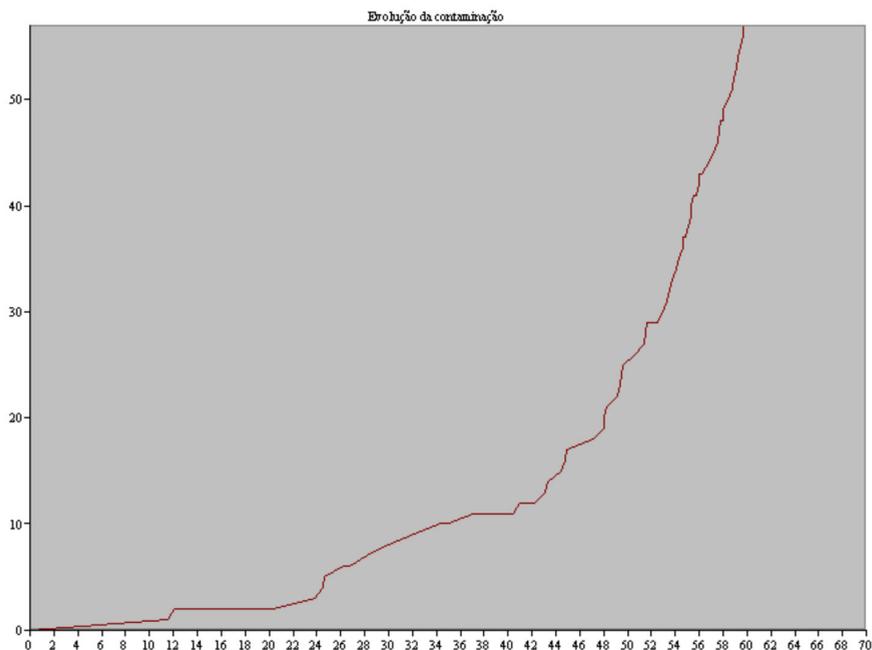


Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao se executar o modelo, foi gerado o gráfico da Figura 2, no qual se percebe o comportamento exponencial da velocidade de infecção.

Figura 2

### Evolução da contaminação por Covid-19



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como resultado, após 60 dias, o intervalo de confiança para a quantidade de infectados foi de  $35,25 \pm 36,40$  entidades (centenas de pessoas). Em média, houve  $0,51 \pm 0,49$  centenas de infectados por dia. O intervalo de confiança para a média de pessoas doentes ao longo desse período foi de  $10,85 \pm 10,82$  centenas de pessoas.

#### 4.1 Cenário 2: isolamento social

No caso de isolamento social, no qual as pessoas passam a restringir sua mobilidade, adotando o *home office*, a estrutura do modelo permanece a mesma, mas a taxa de infecção cai para uma distribuição de Poisson com média 2 entidades.

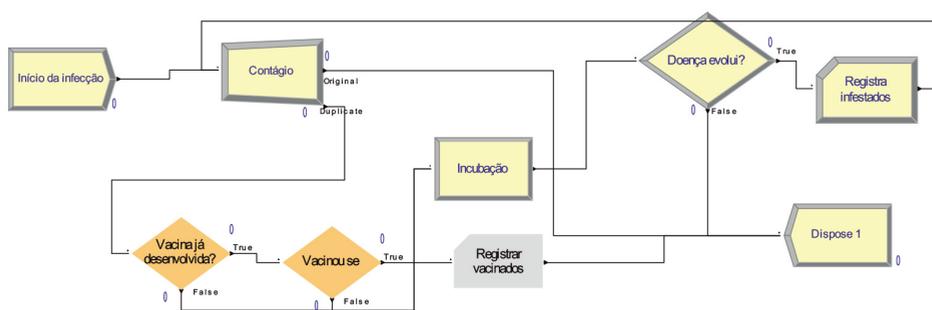
Como resultado, após 60 dias, o intervalo de confiança para a quantidade de infectados foi de  $11,5 \pm 12,85$  entidades (centenas de pessoas). Em média, houve  $0,18 \pm 0,18$  centenas de infectados por dia. O intervalo de confiança para a média de pessoas doentes ao longo desse período foi de  $4,08 \pm 4,62$  centenas de pessoas.

#### 4.2 Cenário 3: surgimento de vacina

Admite-se que haja um período para o desenvolvimento de vacina. Nesse caso hipotético, diga-se que, para fins de estudo, a vacina surja no vigésimo dia e que não haja isolamento social, ou seja, a taxa de infecção permanece conforme uma distribuição de Poisson de média 2,25 entidades. Assume-se, também, que as pessoas se vacinem a uma taxa de 5% das entidades. A Figura 3 apresenta o modelo modificado de acordo com os parâmetros descritos.

Figura 3

#### Modelo com vacinação



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como resultado, após 60 dias, o intervalo de confiança para a quantidade de infectados foi de  $25,75 \pm 26,47$  entidades (centenas de pessoas). Em média, houve  $0,44 \pm 0,43$  centenas de infectados por dia. O intervalo de confiança para a média de pessoas doentes ao longo desse período foi de  $8,22 \pm 7,95$  centenas de pessoas, enquanto o intervalo de confiança para a quantidade de vacinados foi de  $5,25 \pm 5,34$  entidades.

#### 4.3 Cenário 4: surgimento da vacina e isolamento social

Neste cenário, a taxa de contágio obedece a uma distribuição de Poisson, com média de duas entidades, associada ao surgimento da vacina, descrito no Cenário 3. Dessa forma, obtiveram-se os seguintes resultados: a quantidade de infectados foi de  $6,50 \pm 5,84$  entidades (centenas de pessoas). Em média, houve  $0,12 \pm 0,10$  centenas de infectados por dia. O intervalo de confiança para a média de pessoas doentes ao longo desse período foi de  $2,71 \pm 1,26$  centenas de pessoas. O modelo é o mesmo do Cenário 3, apenas sendo alterada a taxa de contágio.

Dessa forma, demonstra-se o efeito das medidas conjuntas de isolamento social e de vacinação como a que apresenta melhores resultados.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo tem caráter teórico, demonstrando a factibilidade da utilização da ferramenta de simulação para análise dos impactos de ações propostas em uma situação de grande gravidade, como a pandemia. Atingiu-se o objetivo de levantar dados sobre a disseminação da covid-19, uma vez que foi a base para a criação dos modelos de simulação.

Assim como o objetivo de verificação da relação entre as propostas de combate à covid-19 e a alteração na quantidade de casos também foi atingido, permitindo verificar o comportamento da disseminação da doença em cada um dos quatro cenários estudados.

O estudo resultou em uma proposta de ferramenta de análise do comportamento da pandemia por meio da técnica da simulação, nesse caso com a utilização do *software* ARENA.

Por ser um ensaio teórico, este trabalho apresentou limitações em relação a uma coleta mais profunda dos dados da evolução da pandemia e, por ter sido feito em um momento que se encontra no meio da pandemia e com grande incerteza sobre as efetividades das propostas analisadas, carece de um confronto com os resultados reais, colocado aqui como proposta para um estudo futuro.

Outra limitação, já apontada aqui, foi a utilização da versão acadêmica do *software*, que restringe a quantidade de entidades que podem estar no modelo em dado momento.

## USE OF SIMULATION FOR SCENARIO ANALYSIS IN THE COVID-19 PANDEMIC

### ABSTRACT

Humanity finds itself in the midst of the fight against the Covid-19 pandemic, seeking solutions to minimize the effect of this disease, such as social isolation, and, of course, the development of a vaccine. This work is a theoretical essay that seeks to understand the impact of these actions in containing the pandemic through simulation models. The results show that these actions have an impact on reducing the number of contagions and that simulation techniques are important tools to aid decision-making.

**Keywords:** Simulation; Covid-19; social isolation; vaccination.

### Referências

ALMEIDA, R. M.; REBELATTO, D. A. N. *O inventário dos modelos de avaliação para políticas públicas*. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/242085061>. Acesso em: 11 ago. 2020.

- DIAS, R. *Gestão pública – aspectos atuais e perspectivas para atualização*. Grupo GEN, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013382/>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLI, M. H. *Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas*. Brasília: Ipea, 2015. 436 p. Bibliografia ISBN: 978-85-7811-248-6.
- IGNÁCIO, S. A. Importância da estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, n.118, p. 175-192, jan./jun. 2010.
- MORAIS, R. R. *Simulação em gestão de operações e logística: tomada de decisões em melhoria de processos*. Disponível em: [simulacao-em-gestao-de-operacoes-e-logistica-1ve.pdf \(wordpress.com\)](#). Acesso em: 20 set. 2020.
- PORTAL FIOCRUZ. *Pesquisador Daniel Villela destaca a importância de modelos matemáticos em diversas áreas, como no estudo da pandemia de Covid-19*. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/pesquisador-daniel-villela-destaca-importancia-de-modelos-matematicos-em-diversas-areas-como>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão da literatura. *Sociologias*, Porto Alegre, n. 16, jul./dec. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1517-45222006000200003>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=1517-4522&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1517-4522&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 11 ago. 2020.
- UJVARI, S. C. *História e suas epidemias: a convivência do homem com os microorganismos*. 2. ed. Senac Editora, 2003.