

Análise Da Pandemia De Covid-19 Pelo Modelo SEIR Em Dois Municípios Do Interior Paulista

Monique C. S. Oliveira¹

UNESP, Ilha Solteira, SP

Ernandes R. Oliveira²

DMAT/UNESP, Ilha Solteira, SP

Um modelo matemático pode ser utilizado para descrever a dinâmica de doenças infecciosas e, ao fixar-se parâmetros, será visto um surto exponencial ao início e um declínio devido a uma redução da população de suscetíveis. A evolução de uma pandemia envolve mitigações como distanciamento, mobilidade restrita, **lockdown**, mas tais fatores são quase imprevisíveis, podendo ser representados por parâmetros dependentes do tempo como $\beta(t)$ e $\gamma(t)$ (ver [1]). Porém, em uma aproximação tais parâmetros podem ser considerados constantes, realizando uma previsão do evento real. O que se convencionou chamar de modelo SEIR é constituído por compartimentos de Suscetíveis, Expostos, Infectados e Removidos (ver [4]). Em relação ao modelo SIR, se tem um novo compartimento, o dos Expostos, formado pelos indivíduos que já tiveram contato com o vírus, mas que não desenvolveram sintomas da infecção por estar na fase de incubação. Assim, torna-se necessário incluir mais uma equação diferencial a dinâmica para representar os Expostos (E), e mais um parâmetro, correspondente ao tempo médio de incubação ($1/\alpha$). O modelo SEIR considera o seguinte sistema de equações diferenciais :

$$\begin{cases} \dot{S} = -\beta SI/N \\ \dot{E} = \beta SI/N - \alpha E \\ \dot{I} = \alpha E - \gamma I \\ \dot{R} = \gamma I. \end{cases} \quad (1)$$

O objetivo deste estudo é analisar o comportamento da pandemia de coronavírus para dois municípios do noroeste paulista, sendo estes o município de Castilho (SP) e o município de Ilha Solteira (SP), cujas populações são dadas por 21000 e 26750 habitantes, respectivamente. Primeiramente determinam-se as curvas exponenciais que representam o crescimento de infecções naquelas localidades, em seguida calcula-se o Número Básico de Reprodução, sendo este o quociente entre a taxa de formação de novos casos pela taxa de recuperação destes, ou seja $R_0 = \beta/\gamma$. Por último, resolve-se o sistema de equações diferenciais numericamente, utilizando o método de Euler, ambas as etapas foram implementadas no software Scilab, de maneira a se obter também o comportamento gráfico das equações. Utilizou-se dados registrados pela SES/SP (ver [3]) e observou-se o período entre o final do ano de 2021 e início do ano de 2022, ao qual houve o início de uma nova onda de infecções devido o surgimento da variante ômicron e um relaxamento nas medidas de isolamento social. Foram considerados 61 dias, com início na data de 29/12/2021 e término em 28/02/2022, o modelo SEIR é uma ferramenta para o início de epidemias, assim, foi reajustado levando em consideração o número de infectados e uma estimativa do número de recuperados até a data de início. O número de suscetíveis não foi reajustado, pois mesmo indivíduos que já contraíram o

¹monique.oliveira@unesp.br

²ernandes.rocha@unesp.br

vírus eram suscetíveis a contrair novamente, levando em consideração que o estudo foi moldado de maneira a considerar o início de uma nova onda, pois a teoria do modelo não permite que os indivíduos voltem a seus antigos compartimentos, como infectados retornarem ao compartimento de suscetíveis. Até o dia 29/12/2021 Castilho havia 2414 casos confirmados e Ilha Solteira 2918 casos, a taxa de recuperação é o inverso do número de dias que o indivíduo leva para se recuperar, estimando esse período para 10 dias, tem-se $\gamma = 1/10$ (ver [5]), considerando também um período latente de 12 dias tem-se $\alpha = 1/12$ (ver [2]). Para Castilho a solução aproximada como melhor curva exponencial para estes 61 dias foi $f(x) = 13,22e^{0,086x}$, obtendo assim um R_0 de 1,85. Em Ilha Solteira a solução aproximada como melhor curva exponencial foi $f(x) = 14,03e^{0,093x}$ com $R_0 = 1,93$. As curvas podem ser visualizadas na Figura 1.

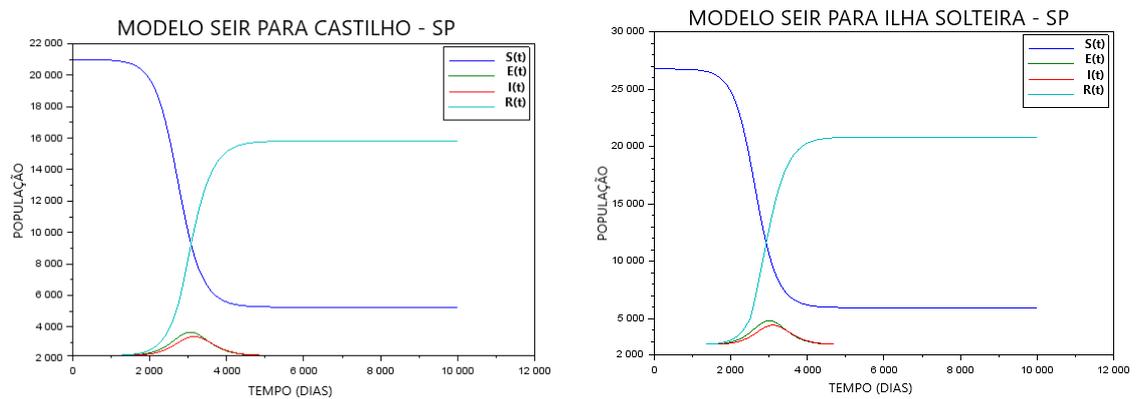


Figura 1: Curvas para o modelo. Fonte: Elaborado pelos autores.

As curvas obtidas pela solução numérica do sistema de EDO apresenta uma previsão em relação ao número de dias após o primeiro contágio, sendo modelado um período de 2000 dias (cerca de 5 anos). Observa-se um maior ápice (expostos e infectados) para Ilha Solteira, Castilho apresenta um maior achatamento devido um R_0 menor. Os valores encontrados foram superiores aos obtidos no início da pandemia, ou seja, o número de infecções aumentou mais rapidamente, e isso se deve ao fato da vacinação não impedir a contaminação, mas sim evitar a gravidade da doença, além de haver uma redução dos cuidados com as medidas de não propagação do vírus.

Referências

- [1] W. O. Kemack e A. G. McKendrick. “Contributions to the mathematical theory of epidemics. III.—Further studies of the problem of endemicity”. Em: **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character** 141.843 (1933), pp. 94–122.
- [2] **Coronavírus COVID-19**. Online. Acessado em 21/02/2022, <https://corta.link/prEqa>.
- [3] Governo do Estado de São Paulo. **Secretária de Estado da Saúde**. Online. Acessado em 21/02/2022, <http://http://saude.sp.gov.br>.
- [4] I. M. D. Oliveira. “Modelos epidemiológicos seir”. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto, 2008.
- [5] **OMS revê protocolo e orienta 10 dias de isolamento após diagnóstico de COVID-19**. Online. Acessado em 21/02/2022, <https://corta.link/vjB1I>.