

Modelagem Compartmental da COVID-19 Utilizando o Modelo SEIR: Uma Simulação em Python

Autores:

Alexandre de Siqueira Melo Junior

Afiliação:

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

ABSTRACT

This study presents an implementation of the SEIR (Susceptible–Exposed–Infectious–Recovered) compartmental model to simulate the spread of COVID-19 in a closed population. Using realistic epidemiological parameters and numerical integration techniques in Python, we analyze the temporal dynamics of the various population groups during an outbreak. The results highlight the importance of the incubation period and transmission rate in determining the peak of active cases and the epidemic's duration. This model provides an accessible foundation for quantitatively understanding viral spread and can be easily extended to include vaccination, non-pharmaceutical interventions, or new variants.

Introdução

A pandemia da COVID-19 evidenciou a importância dos modelos matemáticos na compreensão da propagação de doenças infecciosas. O modelo SEIR (Susceptíveis-Expostos-Infectados-Recuperados) é amplamente utilizado para representar a dinâmica de infecções com período de incubação, como é o caso da COVID-19. Diferente do modelo SIR, o SEIR considera o estágio latente (exposição) antes da infecciosidade, tornando-o mais apropriado para essa doença.

Objetivo

Implementar o modelo SEIR em linguagem Python utilizando parâmetros epidemiológicos realistas da COVID-19, com o objetivo de simular e visualizar a evolução temporal das populações suscetíveis, expostas, infectadas e recuperadas.

Metodologia

- População total: $N = 1.000.000$
- Taxa de transmissão (β): 0.5
- Período de incubação: 5,2 dias $\rightarrow \sigma = 1/5.2$
- Tempo médio de recuperação: 14 dias $\rightarrow \gamma = 1/14$
- Condições iniciais:
 - $I_0 = 1$ infectado
 - $E_0 = 0$ expostos
 - $R_0 = 0$ recuperados
 - $S_0 = N - I_0 - E_0 - R_0$

Equações diferenciais:

$$dS/dt = -\beta SI / N$$

$$dE/dt = \beta SI / N - \sigma E$$

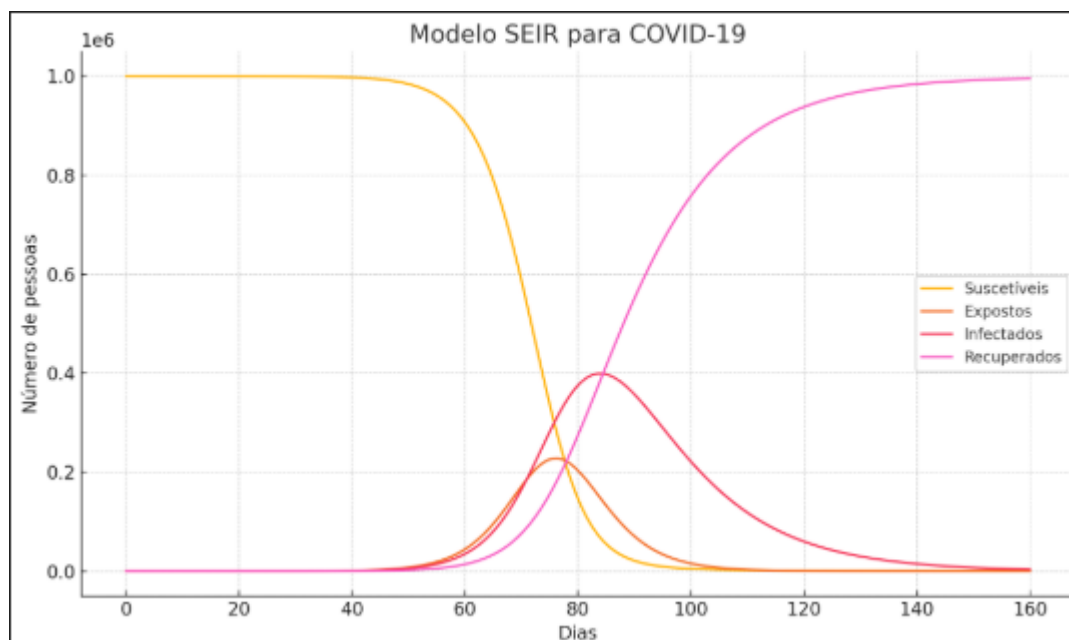
$$dI/dt = \sigma E - \gamma I$$

$$dR/dt = \gamma I$$

A integração das equações diferenciais foi realizada com o método odeint da biblioteca SciPy.

Resultados

A Figura 1 apresenta o resultado da simulação durante 160 dias. Observa-se um pico de infectados em torno do dia 60, acompanhado pela queda da população suscetível e pelo aumento dos recuperados.



(Figura 1: Gráfico SEIR - Curvas de S, E, I e R ao longo do tempo)

O comportamento exponencial inicial é típico de doenças com alta taxa de transmissão. O compartimento de Expostos (E) funciona como amortecedor, atrasando o crescimento de Infectados, mas ainda permitindo uma propagação significativa em populações densas.

Discussão

Este modelo revela como parâmetros clínicos (período de incubação, tempo de recuperação) e sociais (taxa de contato) impactam a propagação viral. A flexibilidade do código permite sua adaptação para inclusão de vacinação, mortalidade ou intervenções não farmacológicas, como distanciamento social. O modelo SEIR também é valioso para o ensino de epidemiologia matemática, pois oferece visualização direta dos efeitos de mudanças nos parâmetros.

Conclusão

A implementação do modelo SEIR em Python fornece uma base prática para estudar a dinâmica da COVID-19. A simulação reforça a importância da modelagem matemática como ferramenta de apoio à saúde pública, tanto em pesquisa quanto em educação.

Código: [xandymelo/covid-19-seir](https://github.com/xandymelo/covid-19-seir)