

# Modelagem da epidemia de COVID-19 no Japão

Carolina Monteiro e Laura Chaves

Setembro 2020

## 1 Introdução

No Japão, o primeiro caso de COVID-19 foi registrado no dia 15 de janeiro de 2020. Em março, as escolas foram fechadas e, no dia 7 de abril, foi decretado pelo governo japonês um estado de emergência.

Em *Evaluation of the effect of the state of emergency for the first wave of COVID-19 in Japan*. [1], Kuniya avalia a epidemia no Japão desde o dia do primeiro infectado até o dia 25 de maio, classificando esse período como "primeira onda" da doença. Nota a existência de um pico da doença em torno da época em que foi declarado o estado de emergência, e depois os casos passam a decrescer. Nesse artigo, o autor visava avaliar o efeito que o decreto desse estado causou na evolução da doença, concluindo que foi positivo.

O Japão chamou a atenção da comunidade internacional por ter tido resultados bem melhores da pandemia do que dos países ao seu redor, dadas as condições. A população japonesa é bem grande (cerca de 126 milhões de habitantes), e grande parte dela faz parte do considerado grupo de risco para o CoronaVírus (mais de 40% da população possui mais de 65 anos de idade [2]), o que levaria a crer que seria profundamente afetado pelo novo vírus. Contudo, mesmo com a população em risco, e não tendo adotado medidas de isolamento social restritas, até o final do mês de setembro, com o vírus presente há 9 meses, o Japão não atingiu 100 mil casos de coronavírus e também não passou de 2000 mortes.

Sabe-se que não houve um sistema de teste em massa, o que poderia contribuir para uma possível subnotificação de casos, mas o baixo número de mortes por COVID-19 e outras doenças respiratórias mostra que realmente não foi só isso. Em *Why does Japan have so few cases of COVID-19?* [3], é analisado as possíveis razões para esse acontecimento, que variam desde o costume secular japonês de usar máscaras em lugares públicos até uma possível mutação japonesa que dê imunidade ao povo local.

Desde a baixa em número de novos casos de COVID-19 no Japão, que começara em abril e foi se estendendo até julho, em agosto o país vê uma nova alta nos casos. Nessa "segunda onda", o número diário de casos começa a subir exponencialmente, como ocorrera no início do ano com a primeira onda, mas cresce numa velocidade e intensidade maior, com os novos números sendo

maiores do que os da primeira onda. Pudemos observar isso utilizando as bases de dados públicas *Our World in Data* ([4]) e *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering* ([5]). Essa "segunda onda" observada parece já estar passando, mas mesmo ela tendo atingido mais o país, os números japoneses continuam excepcionalmente baixos, dado o cenário internacional.

## 2 Revisão da bibliografia

Infelizmente, os artigos que encontramos sobre o espalhamento do novo Coronavírus no Japão são desatualizados, os mais recentes datam de final de junho, mas o início da chamada "segunda onda" se dá apenas em agosto. Dessa forma, a nossa bibliografia trata majoritariamente do que é chamada de primeira onda de COVID-19 no Japão.

O primeiro artigo que iremos comentar é *Prediction of the Epidemic Peak of Coronavirus Disease in Japan, 2020*. [6], de Kuniya. Foi elaborado em março, quando a doença estava ainda em seu início no país e visava prever o pico da epidemia. Utilizando o modelo SEIR e analisando os dados que possuía na época, o autor chega na data 10 de agosto para o pico, com a incerteza variando do dia 24 de julho ao dia 31 de agosto, caso a situação não mudasse no meio tempo.

O mesmo autor, 3 meses depois, publicou um segundo artigo ([1]) que analisava a primeira onda por completo, provido da vantagem de já ter passado por ela e ter os dados integrais. Nele, percebe-se que o efeito do decreto de estado de emergência foi extremamente eficaz no controle do espalhamento da doença, pois analisando a curva prevista no primeiro artigo e a curva real de casos, nota-se que elas eram quase idênticas até o momento do decreto, que é quando elas se diferenciam com a curva real dos casos diminuindo numa velocidade muito maior. Nesse artigo, o autor busca encontrar uma constante  $k$  para o qual a curva prevista anteriormente fosse multiplicada, para que se encaixasse aos dados reais após o estado de emergência. Ainda utiliza o modelo SEIR, mas adiciona a constante  $k$  encontrada a partir do momento em que é decretado o estado de emergência.

O terceiro artigo que analisamos é *"Analysis of COVID-19 infection spread in Japan based on stochastic transition model."* [7]. Também datado de antes do fim da primeira onda, ele procura modelar a epidemia utilizando-se do modelo SIR, mas com alterações que o classificam como um modelo de transição estocástica. Ele acrescenta uma modelagem que leva em consideração se o indivíduo de fato evita áreas lotadas, e caso sim, como isso afeta o espalhamento da doença. Avalia que, ao transicionar do estado Suscetível para o Infectado, ele passa por uma zona lotada, ou uma zona média, ou uma zona vazia. Sabendo que a estratégia do governo japonês para controle da doença era evitar áreas muito movimentadas, o artigo considera como o vírus se espalharia considerando a quantidade de tempo que cada indivíduo passa em uma área lotada. Como resultado, obtém-se que quanto mais reduz o tempo que se passa em áreas lotadas, melhor se contém o vírus, o que é um bom apoio para a abordagem do governo

de se evitar áreas lotadas.

### 3 Metodologia

#### 3.1 O Modelo

Resolvemos modelar a epidemia da Covid-19 no Japão com o sistema SEIR, adotado por dois dos artigos citados, escritos por Kuniya.

Em cada compartimento, consideramos número de pessoas. São eles  $S$ , o número de pessoas que não estão infectadas, mas estão suscetíveis a contrair o vírus;  $E$ , os que foram infectados pelo vírus, mas ainda não estão infecciosos, estão no período de incubação;  $I$ , os que estão infecciosos;  $R$ , os que estiveram infecciosos, mas se recuperaram da infecção e agora estão imunes ao vírus.

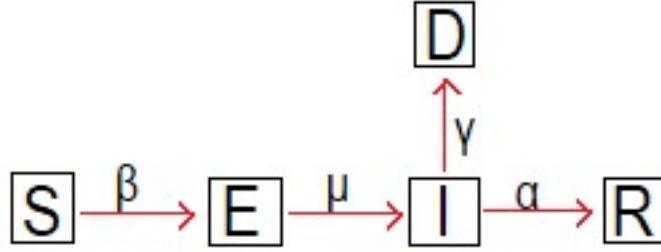


Figure 1: Visualização do nosso modelo

Consideramos em nosso modelo o compartimento  $E$  porque o vírus da Covid-19 possui período latente que deve ser considerado, e o compartimento  $R$  porque são raros os casos de reincidência da Covid-19 em pessoas que já contraíram a infecção e se recuperaram, tanto no Japão quanto no mundo. Optamos por manter somente esses quatro compartimentos porque vimos que é o modelo mais utilizado na modelagem da epidemia no Japão, e acreditamos então ser o mais adequado.

#### 3.2 Equações e Análise Dimensional

A dimensão de cada compartimento é *pessoas*, que denotaremos por  $P$ . Nas equações diferenciais, estamos derivando cada compartimento com relação ao tempo em dias, denotado por  $T$ . Então a dimensão das derivadas vai ser  $P \cdot T^{-1}$ .

Trabalharemos com equações diferenciais para cada compartimento para poder criar o modelo SEIR que possuem parâmetros  $\beta$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  e  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dT} &= -\beta SI \\ P \cdot T^{-1} &= [\beta] \cdot P \cdot P \end{aligned} \tag{1}$$

$$\Rightarrow [\beta] = P^{-1}T^{-1}$$

O parâmetro  $\beta$  é então uma taxa de infecção por *pessoas · dias*, obtida pela Lei de Ação das Massas.

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dT} &= \beta SI - \mu E \\ P \cdot T^{-1} &= [\beta] \cdot P \cdot P - [\mu] \cdot P \\ \Rightarrow [\mu] &= T^{-1}\end{aligned}\tag{2}$$

O parâmetro  $\mu$  é a taxa de infectados que passam a ser infecciosos, por dia.

$$\begin{aligned}\frac{dI}{dT} &= \mu E - \gamma I - \alpha I \\ P \cdot T^{-1} &= [\mu] \cdot P + [\gamma] \cdot P + [\alpha] \cdot P \\ \Rightarrow [\gamma] &= [\alpha] = T^{-1}\end{aligned}\tag{3}$$

O parâmetro  $\gamma$  é a taxa de mortalidade de infecciosos por dia, e o parâmetro  $\alpha$  é a taxa de recuperação, por dia.

$$\frac{dR}{dT} = \alpha I\tag{4}$$

### 3.3 Captura de Dados

A captura de dados foi feita a partir da base de dados pública *Our World in Data*([4]).

## 4 Resultados

Conseguimos calcular o valor para  $R_0$ , seguindo o exemplo do professor. O resultado foi:

$$R_0 = \frac{\beta}{\alpha - \beta + \gamma}$$

Bom, isso foi tudo o que nós fizemos por enquanto. Não queríamos decepcionar você, professor, mas nos pareceu uma melhor opção seguir com calma nessa reta final e deixar a entrega completa para a AS. Agradecemos o carinho e a cordialidade com as quais nos tratou ao longo do semestre.

## References

- [1] Kuniya, T. *Evaluation of the effect of the state of emergency for the first wave of COVID-19 in Japan.* Infectious Disease Modelling 5 (2020), 580-587
- [2] *Population Estimates by Age (Five-Year Groups) and Sex.*  
<http://www.stat.go.jp/english/data/jinsui/tsuki/index.html>
- [3] Iwasaki, Akiko, and Nathan D. Grubaugh. "Why does Japan have so few cases of COVID-19?." EMBO Molecular Medicine 12.5 (2020): e12481.
- [4] *Our World In Data* <https://ourworldindata.org/coronavirus>
- [5] *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering*  
[shorturl.at/sHOWZ](https://shorturl.at/sHOWZ)
- [6] Kuniya, T. *Prediction of the Epidemic Peak of Coronavirus Disease in Japan, 2020.* J. Clin. Med. 2020, 9, 789.
- [7] Karako, Kenji, et al. "Analysis of COVID-19 infection spread in Japan based on stochastic transition model." Bioscience trends (2020).