



Título original: Fractal kinetics of COVID-19 pandemic

Título traduzido: Cinética fractal da pandemia de COVID-19

Autores: Anna L. Ziff (Departamento de Economia, Universidade Duke, Durham, EUA) e Robert M. Ziff (Centro para Estudos de Sistemas Complexos e Departamento de Engenharia Química, Universidade de Michigan, Ann Arbor, EUA)

Projeto Covid-19 e a Matemática das Epidemias - Fazendo a Ponte entre Ciência e Sociedade

Tradução: Danillo Barros de Souza

Síntese: Camila Sousa

Coordenação: Felipe Wergete Cruz

Resumo

Os pesquisadores americanos Anna e Robert Ziff, das Universidades Duke e de Michigan, respectivamente, encontraram um modelo exponencial de redução dos casos do novo coronavírus. Tendo a China, primeiro país a enfrentar pandemia, como principal ‘case’ e abordando, de forma secundária, demais países, a relevante descoberta se deu a partir de uma dinâmica baseada na aplicação de um modelo estatístico de ação repetitiva (fractal) comum a comportamentos epidêmicos.

O trabalho, intitulado “Cinética fractal da pandemia de COVID-19” conseguiu identificar três estágios de disseminação da doença, tomando como base o número de mortes: o crescimento exponencial (ou seja, não linear, muito rápido) de novos casos, o comportamento da lei de potência presente na epidemia e a redução exponencial diária de vítimas fatais.

Em um comparativo com os dados encontrados no país asiático e demais nações, observou-se um aumento vertiginoso na quantidade de óbitos. Um resultado bastante discrepante ao obtido na China, que hoje controla a transmissão do vírus.

Na primeira versão do projeto, publicado no dia dois de março e atualizado quinze dias depois (17/03) (período no qual a quantidade de vítimas fatais por Covid-19 na China, começava a cair), o resumo do artigo informava que o novo coronavírus crescia rápido no território chinês e se espalhava por outras partes do mundo.

A aplicação da abordagem clássica epidemiológica no estudo deste crescimento tem como objetivo principal quantificar o número básico de reprodução da Covid-19 entre pessoas (em linguagem científica, conhecido como fator R_0) e o tempo de duração da infecção em pacientes contaminados.

Acontece que este cenário nos leva a compreender a evolução dos casos do novo coronavírus de forma exponencial, mas o padrão de evolução da pandemia não segue, a rigor, este comportamento.

Uma abordagem que vem sendo utilizada para compreender a evolução de ocorrências de Covid-19 é manter ajustado o número de reprodução dos casos à dinâmica do modelo. Ou seja, de alguma maneira, fazer com que a curva epidêmica se ajuste à dinâmica comportamental, ou o uso de modelos dinâmicos, como SEIR (Suscetível-Exposto-Infetado-Recuperado) e modelos logísticos (de dinâmica com suporte populacional).

Destrinchando

Aqui, mostraremos que o atual crescimento da pandemia é semelhante ao que se vê no comportamento cinético da lei das potências, um indicativo de uma dinâmica repetitiva (fractal) subjacente ou uma dinâmica de redes de “small-world” (dinâmica sobre sítios pequenos) de contato entre indivíduos suscetíveis à doença e os infectados.

Desvios positivos desta lei de crescimento indicam falha dos atuais esforços governamentais de contenção do coronavírus, enquanto desvios negativos indicam o controle e conseqüente fim da pandemia. Vale ressaltar que não há como prever a extensão final da pandemia, mas podemos obter uma estimativa de crescimento da doença a datas posteriores.

Notas explicativas + gráficos

Desde a data original de publicação do artigo, feita no dia 17 de fevereiro deste ano, felizmente, a epidemia na China freou consideravelmente. Tanto que o número de mortes notificadas foram de 2.873, ao contrário, por exemplo, do Brasil que, mesmo ainda longe do pico epidêmico, já computa, oficialmente, mais de 50 mil óbitos.

Um adendo sobre o artigo científico: o número de mortes da China cresceu muito rápido, em um comportamento quase exponencial. Por esta razão, os autores decidiram tratar os cenários de casos computados no país asiático e fora dele, separadamente.

Na Fig. 1, há um gráfico log-log das mortes na China, mostrando um ajustamento do comportamento da Lei de potência que vimos antes, ajustada para os dias 28/1 a 16/2. Nota-se que a Lei de potência manteve-se por alguns dias, até 20/2, quando a mortalidade começou a diminuir acentuadamente.

Na Fig. 2, mostramos o número de mortes na China todos os dias, apresentadas em um gráfico log-linear. Nele, percebe-se uma queda acentuada em óbitos durante a última semana ou mais.

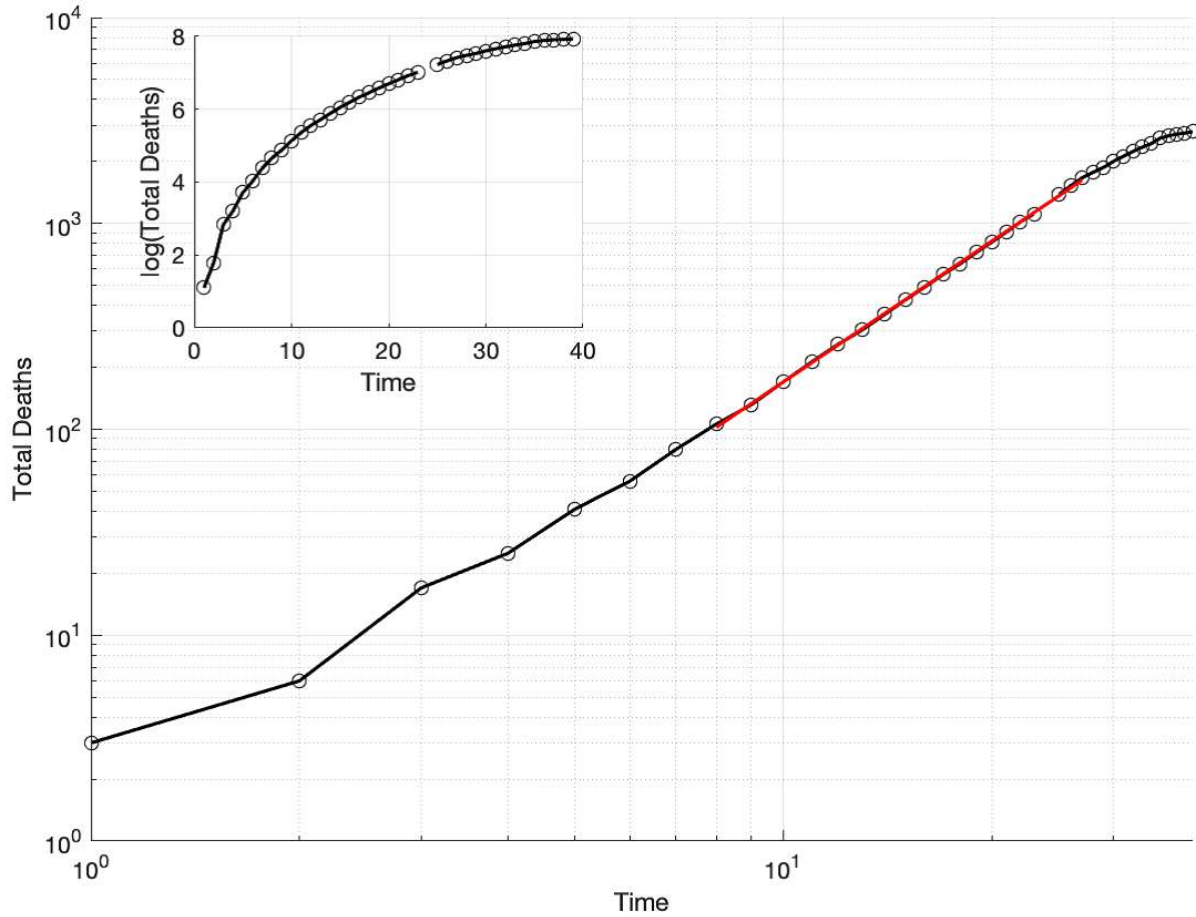


Fig. 1: Mortes na China versus o tempo (desde o dia 21/1) sobre uma escala log-log, e sobre a escala log-linear (quadro menor). A linha de ajustamento de pontos em vermelho, do dia 8 (28/1) ao dia 27 (16/2). Os dados são oriundos da Organização Mundial de Saúde - OMS (veja a referência [1]).

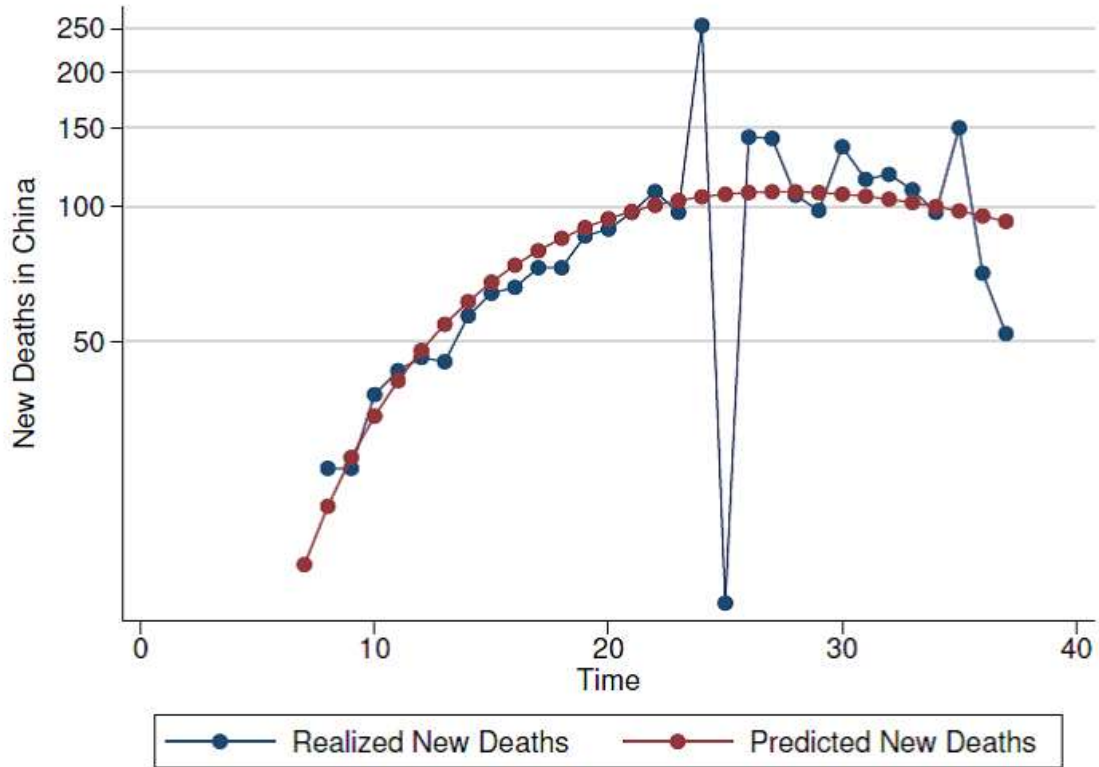


Fig. 2: Registro diário de mortes na China versus o tempo (desde o dia 21/1/2020) sobre uma escala log-linear. As novas mortes previstas no ajustamento fractal (repetitivo) estão estimadas e reportadas na tabela Tab. Dados da Organização Mundial de Saúde.

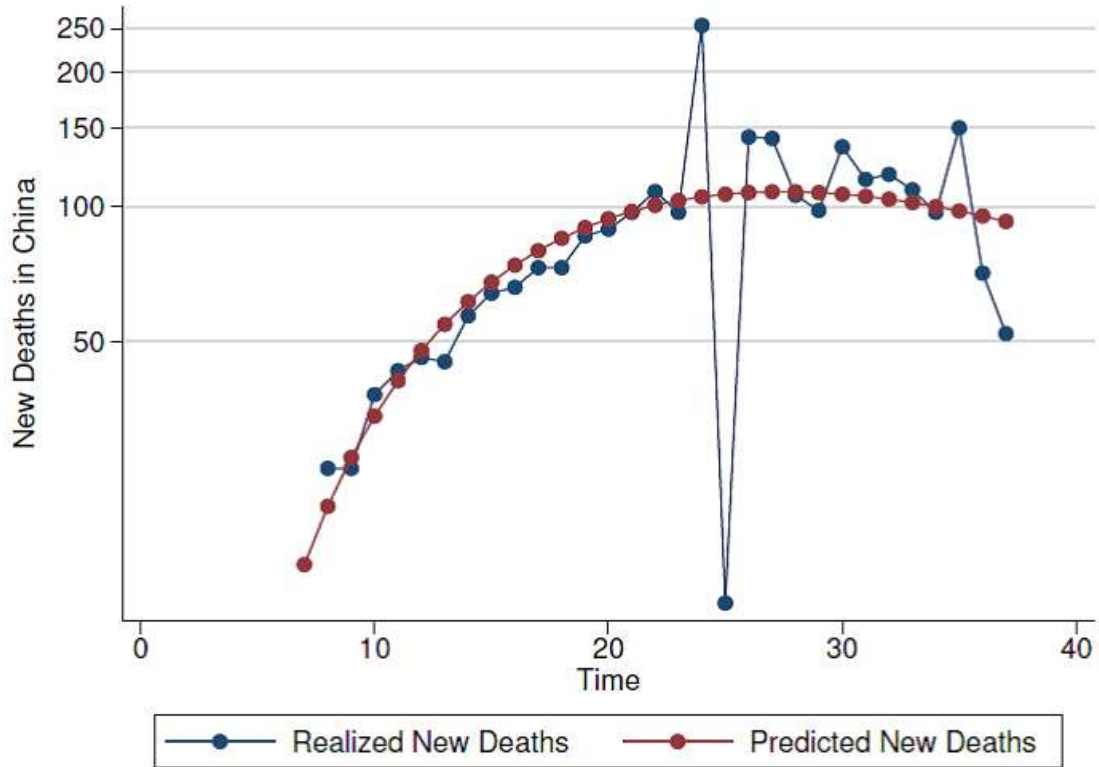


Fig. 3: Total de mortes versus tempo, comparando a China e regiões fora dela sobre uma escala log-linear.

Table 2: Estimates of a Mixed Power Law and Exponential Model

x	3.089*** (0.441) [0.576]
$-1/t_0$	-0.113*** (0.0221) [0.0308]
$\log(K)$	-2.460** (0.850) [1.087]
Observations	28
R^2	0.844

Tab. Esta tabela apresenta as estimativas dos parâmetros com desvio padrão, a partir do modelo fractal proposto. Foram feitas 5000 realizações para o estudo.

O comportamento da Lei de potência (fractal) que foi postulado está relacionado às propriedades da propagação da doença. Em 2006, Alexei Vazquez desenvolveu um modelo de rede do número de novos casos em função do tempo, $n(t)$, em uma epidemia que segue uma lei de potências com um corte exponencial (ou exponential cutoff, termo comumente usado na literatura):

$$n(t) = K t^x e^{-t/t_0}$$

onde K , x e t_0 são constantes (veja a referência [2] para mais detalhes).

Os autores ajustaram os dados de mortes da China com esta função, usando os parâmetros $K = 0.0854$, $x = 3.09$ e $t_0 = 8.90$ dias (constante de decaimento), e eles são apresentados na figura Fig. 2.

A integral de $n(t)$ revela o número total de mortos em função do tempo, em termos da função Gama $\Gamma(x)$ e da função Gama incompleta $\Gamma(a, x)$:

$$N(t) = \int_0^t n(u) du = K t_0^{1-x} \left(\Gamma(x+1) - \Gamma\left(x+1, \frac{t}{t_0}\right) \right)$$

Aqui, como previsto, o número de mortes fora da China vem crescendo rapidamente. Por vários dias, o aumento se deu quase que de forma exponencial (até a data de publicação do artigo, dois de março), dobrando a cada dois a três dias. No entanto, agora, parece ter diminuído a velocidade (embora haja dúvidas se os dados precisos estão sendo relatados em um dos principais pontos de acesso).

Na Fig. 3, mostra-se um gráfico log-linear das mortes nos últimos 6 dias (contados da data do artigo), juntamente com as mortes na China mudadas em 31 dias, e pode-se ver um comportamento análogo, mas felizmente com uma desaceleração recente.

É provável que, com as viagens internacionais acontecendo normalmente ainda nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, o vírus tenha sido espalhado para várias partes do mundo e os casos não foram diagnosticados adequadamente. Espera-se, no entanto, com melhor entendimento e apreciação da doença e respostas apropriadas, que os problemas sejam contidos e uma nova pandemia pode ser evitada.

Desde que este artigo foi escrito (e até antes), vários projetos modelaram a epidemiologia da doença.

Na referência [3], confirma-se o comportamento da lei do poder que propusemos para mortes na China, além do comportamento sobre a Lei de potência (mas com diferentes expoentes) para o número de infecções e o número de recuperações.

Principais Referências:

[1] World Health Organization. Novel Coronavirus (2019-nCoV) situation reports. Technical Report, 1-24, WHO, January 2020. (<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>).

[2] Alexei Vazquez, Polynomial Growth in Branching Processes with Diverging Reproductive Number. Phys. Rev. Lett. 96, 038702 (2006).

[3] Ming Li, Jie Chen & Youjin Deng, Scaling features in the spreading of COVID-19, arXiv preprint arXiv:2002.09199, 2020 (<https://arxiv.org/pdf/2002.09199.pdf>).