



FABIO CHALUB  
Universidade  
Nova de Lisboa  
chalub@fct.unl.pt

## APLANAR A CURVA

Uma doença espalhada por assintomáticos, muitos dos quais crianças. O período de incubação é de até 14 dias. Não havendo vacina disponível, é importante manter medidas profiláticas, tais como o distanciamento social e a quarentena dos infetados. Apesar das difíceis condições de trabalho, os profissionais de saúde dão o seu melhor em benefício da população. A chegada do inverno antecipava uma segunda onda. No entanto, a doença desapareceu. O que se passou?

O tifo é uma doença causada por uma bactéria transmitida pelos piolhos, após picar e sugar o sangue de uma pessoa contaminada. Ao atacar uma nova vítima, o patógeno é expelido nas fezes do vetor e acaba por entrar na corrente sanguínea de um novo infetado.

Hoje em dia, é uma doença razoavelmente sob controlo, mas que ainda grassa em situações socialmente precárias como prisões, campos de refugiados e zonas de guerra. Evolui de forma atroz, iniciando os sintomas com febre alta, dores de cabeça e erupções na pele. Leva à morte em cerca de 20% dos casos. Há outras formas da doença, mas é esta a mais comum nos surtos causados por baixas condições de higiene.

Pode-se passar a eternidade a discutir as motivações que levaram a Alemanha nazi à *solução final*; o discurso oficial, no entanto, é mais claro. O gueto de Varsóvia, na Polónia, foi inicialmente justificado como uma medida de contenção do tifo. Apesar de ser já bem estabelecido que o tifo era causado por uma bactéria, cujo vetor era o piolho humano comum, a propaganda nazi colocava esta como uma doença de judeus, e assim a necessidade de impor um forte confinamento. (Apesar de ser tecnicamente correto utilizar o termo quarentena para toda uma região, vou chamar de "quarentena" o isolamento domiciliário de um ou poucos indivíduos, e "confinamento" o de toda

uma região, em linha com o que se faz hoje em dia na comunicação social).

As condições do gueto eram péssimas: a densidade demográfica era de cerca de 100 mil pessoas por quilómetro quadrado (em Lisboa há 5000 habitantes para a mesma área). A alimentação era de cerca de 200 calorias por pessoa por dia, 10% do necessário para uma vida digna. Não havia recolha de lixo. Com isto, não foi surpresa que os poucos casos iniciais, que serviram de pretexto da criação do gueto, se espalhassem rapidamente num surto mortal – como um "incêndio na floresta", o primeiro uso desta expressão para designar um surto.

Não havia, como era de se esperar, qualquer apoio externo. Quanto mais casos houvesse, maior era o confinamento. O tifo era, provavelmente, a doença que mais causava medo aos nazis. No entanto, a mortalidade elevada do gueto não era algo que tirasse o sono à força ocupante.

Os moradores do gueto estavam entregues à própria sorte. Curiosamente, isto permite que alguns registos sejam considerados fidedignos, em particular o número de habitantes e o de mortos.

A administração ficava a cargo de um conselho, historicamente visto como colaboracionista – talvez seja necessário rever alguns destes conceitos, ao fim da leitura. Para a distribuição de alimentos eram utilizados vales, que



Figura 1. Imagem dos guetos judaicos durante a segunda guerra, organizados pelos Conselhos Judaicos Locais. Esquerda: Polícia judaica no gueto de Varsóvia. **Fonte: Wikimedia Commons.** Direita: Clínica médica no gueto de Będzin, Polónia. **Fonte: Yad Vashem.**

serviam apenas para indicar o número de pessoas que iriam receber a alimentação. A quantidade total de comida disponível era controlada e independente do número de moradores: de nada valia tentar aumentar artificialmente o número de bocas a alimentar. Assim, estes, cuidadosamente registados, fornecem uma excelente aproximação da quantidade de habitantes em confinamento.

Por outro lado, os cuidados médicos eram organizados internamente, fazendo com que, ao menos, houvesse uma tentativa de cura e um diagnóstico positivo não fosse uma sentença de morte ou de deportação.

Claro que a fiabilidade destes registos tem de ser tomada com cuidado. Não eram as condições ideais para montar bases de dados, longe disto, mas ao menos permitem ter alguma noção quantitativa do que estava a acontecer.

Em suma: temos uma região limitada, com alta densidade populacional, dados aceitáveis, uma doença bem documentada em diversas fontes independentes. Então estamos prontos para usar a modelação matemática e tentar avançar na nossa compreensão dos eventos históricos.

É neste momento que entram os autores do artigo [1], em particular, Lewi Stone, matemático da universidade de Tel-Aviv, Israel, e que trabalha há muitos anos em modelação epidemiológica.

O modelo proposto para os surtos de tifo no gueto de Varsóvia é um modelo compartimental, como seguidamente discutido nesta coluna na *Gazeta*, e não só. O modelo SEIRL, para os Suscetíveis, Expostos, Infeciosos, Recuperados para os piolhos (ou Lice, em inglês).

Os piolhos contaminam-se ao picar os infeciosos:  $L' = \kappa I - \lambda L$ , onde  $\kappa$  é a taxa com que indivíduos da classe I contaminam os piolhos e  $\lambda$  a vida média do inseto.

A dinâmica dos piolhos é muito mais rápida do que a dos humanos e podemos considerar que, em cada momento,  $L$  satisfaz uma relação mais simples:  $L = \kappa I / \lambda$ .

A quantidade de indivíduos nas restantes classes satisfazem o sistema

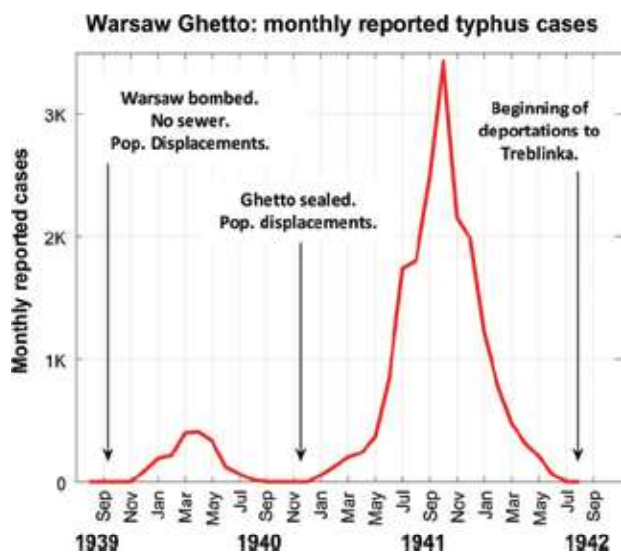
$$\begin{aligned} S' &= A(t) - \frac{\beta(t)}{N(t)}SL - \mu S, \\ E' &= \frac{\beta(t)}{N(t)}SL - (\sigma + \mu)E, \\ I' &= \sigma E - (\gamma + \mu)I - m(\gamma + \mu)I, \\ R' &= \gamma I - \mu R. \end{aligned}$$

Nas equações acima,  $N(t) = S(t) + E(t) + I(t) + R(t)$  é a população total,  $A(t)$  indica as novas chegadas ao gueto,  $\mu$  é a mortalidade natural,  $\sigma^{-1} = 14$  dias, o tempo de incubação,  $\gamma^{-1} = 28$  dias, o tempo médio da doença, após a qual o indivíduo recupera ou morre com probabilidade  $m=0,2$ . O único parâmetro desconhecido é  $\beta(t)$ , a taxa de transmissão, que é obtido através dos dados históricos.

Como sempre, mas mais ainda nestas circunstâncias, temos de considerar que muitas informações não são precisas. De qualquer forma, para um conjunto muito alargado de suposições, a conclusão é clara. Foram as medidas feitas dentro do gueto, e que estão historicamente documentadas pelos sobreviventes, que impediram uma segunda onda de infeções que todos consideravam inevitável, já que o tifo é uma doença com forte componente sazonal, com surtos mais frequentes no inverno.

Em outubro de 1941, quando começava a fazer frio, a curva epidémica desceu. Veja a figura 2.

O modelo mostra que não foi a ausência de suscetíveis que derrubou a curva – ou seja, a famosa imunidade



Archives.

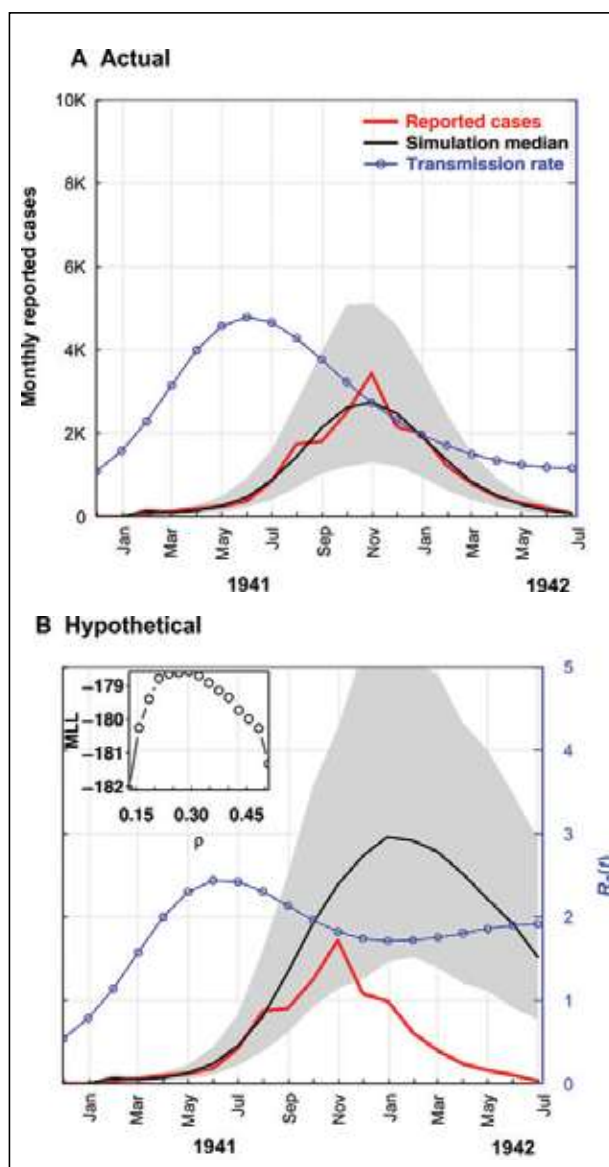
Figura 2. Número de casos de tifo em função do tempo registrados no gueto de Varsóvia. Note uma primeira onda, menor, que atinge o seu máximo nos meses mais frios. Tudo fazia crer numa segunda onda, muito maior, mas antes do frio do inverno,

de grupo, frequentemente referida como única forma de terminar uma epidemia. Foi a própria transmissão (modelada no parâmetro  $\beta$ , ou no seu parente mais famoso, o  $R_0$ ) que caiu, como se pode ver na figura 3. E esta deu-se pelas medidas individuais de autoisolamento, de distanciamento social e pela criação de uma rede de assistência médica, formada no interior do gueto, muito efetiva no apoio aos necessitados. Tudo administrado pelo *Judenrat*, ou Conselho Judeu.

Certamente há lições a tirar deste estudo para a pandemia corrente, afinal nenhum habitante do gueto poderia desvalorizar uma epidemia de tifo, ou considerar que era importante a economia não parar – mesmo considerando a fome generalizada. Ou ainda, sobre a atuação das administrações dos diversos guetos espalhados pela Europa durante a Segunda Guerra Mundial. No entanto, não é nenhuma destas lições que quero destacar, e sim que a matemática mostra como medidas simples podem impedir grandes tragédias. Mesmo que tenhamos de esperar mais de meio século pela demonstração!

## REFERÊNCIAS

[1] Lewi Stone, Daihai He, Stephan Lehnstaedt, Yael Artzy-Randrup. "Extraordinary curtailment of massive typhus epidemic in the Warsaw Ghetto" *Science Advances* Vol. 6, no. 30, eabc0927 (2020) DOI: 10.1126/sciadv.abc0927



a curva epidémica muda de direção.

Figura 3. Em cima. conjunto de simulações, com mediana marcada preto, que reproduzem os dados históricos (vermelho). A margem de erro é dada pela região sombreada. Os valores da transmissão  $\beta(t)$  utilizados são tais que  $R_0 = \beta(t)/\gamma$  e estão indicados a azul. Em baixo: resultado das simulações se nenhuma medida preventiva fosse tomada, utilizando os valores esperados em situações usuais para a transmissão e, por consequência, para  $R_0$ .

Figs 2 and 3 reprinted with permission of AAAS from Ref [1]. © The Authors, some rights reserved; exclusive licensee American Association for the Advancement of Science. Distributed under a Creative Commons Attribution NonCommercial License 4.0 (CC BY-NC) <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>