

Análise muito interessante de um aluno do IST (Nuno), que frequentou a disciplina de ModSim com o Prof. J Lemos.

*Olá Professor. Eu lembro-me de me ter dito que tinha andado a estimar parâmetros para um virus... Preocupa-me a situação actual. Ando a recolher dados.*

*Pelo que li o modelo SEIR é o que foi usado para estimar o MERS, e é considerado o gold-standard destas coisas. Se o professor já conhecer isto, passe à frente.*

It is assumed that MERS is a disease that follows a classic mathematical model known as discrete SEIR model given in Fig. 1.<sup>8,10</sup> Similar to the original SEIR model, we divide the population into susceptible ( $S$ ), exposed ( $E$ ), infected ( $I$ ), and recovered or dead ( $R$ ) individuals. By interacting with infectious individual, individual moves from the susceptible state  $S$  to the exposed state  $E$  with transmission rate  $\beta$ . MERS is known to have an incubation period between exposure to the pathogen and the development of clinical symptoms.<sup>6</sup> During incubation period, exposed individual is not infectious. After incubation period, exposed individual transits from the state  $E$  to the state  $I$  at a rate  $\epsilon$ , which reflects the incubation rate of the MERS. Once a person has an infection of MERS, that individual either develops immunity to prevent reinfection of MERS or is dead due to MERS illness with a rate of  $\gamma$ .

In the given model,  $\alpha$  represents the immunity loss rate, and  $\mu$  and  $\mu^*$  are natural death and birth rates, respectively. This study assumes that the immunity loss rate  $\alpha$  is zero since individual recovered from MERS would show long lasting

*C.-M. Kwon & J. U. Jung*

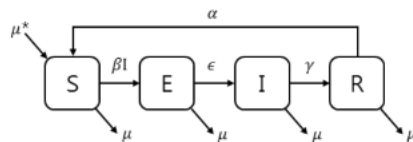


Fig. 1. SEIR compartment model.

As equações que descrevem isto e que eu estou a usar, desprezando a perda de imunidade, os nascimentos e mortes naturais, são

$$\dot{S} = -\beta SI$$

$$\dot{E} = \beta SI - \epsilon E$$

$$\dot{I} = \epsilon E - \gamma I$$

$$\dot{R} = \gamma I$$

Já que tenho a toolbox de estimação não linear, decidi fazer uso dela.

Idealmente, cada foco teria um destes modelos a explicá-lo, limitei-me a usar um por país e usar os dados da Universidade Johns Hopkins CSSE e ver o que é que dava. Assumi que os removidos são os falecidos mais os recuperados.

Olhei para a Itália, Espanha, Reino Unido e França. Comecei com Itália.

De acordo com o modelo, o período de incubação é  $1/\epsilon$ , portanto comecei com um valor de 0.1 (10dias). Aproximei o produto  $\beta \cdot S$  como uma constante para poder dizer que o modelo era linear.

Depois de ter valores razoáveis estimei com o modelo não linear. A ideia é estimar  $\beta$ ,  $\epsilon$ ,  $\gamma$ ,  $E_0$  e  $I_0$  (os estados iniciais em dúvida).  $S_0$  é suposto ser a população  $N$ . e  $R_0$  é claramente 0 (não há recuperados nem mortes no início).

Os valores de Itália e Espanha para  $\epsilon$  e  $\gamma$  estão em sintonia. Ambos dizem que a infecção(desde a exposição) dura cerca de 30 dias( $\gamma$ ) e que o período de incubação é

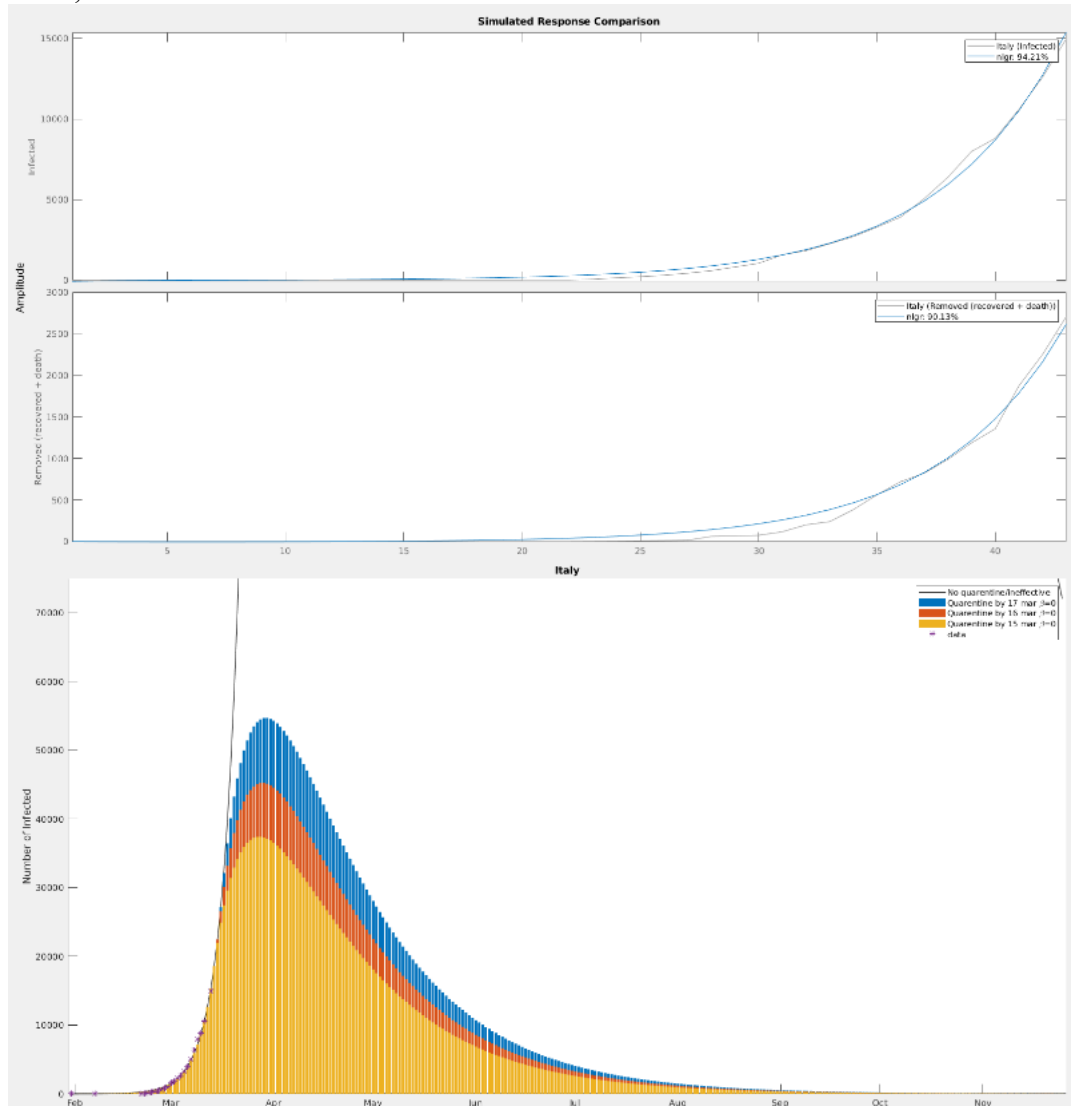
cerca de 11 dias(epsilon), (valores mais concretos em anexo). Apenas a transmissibilidade beta é que é diferente(expectável).

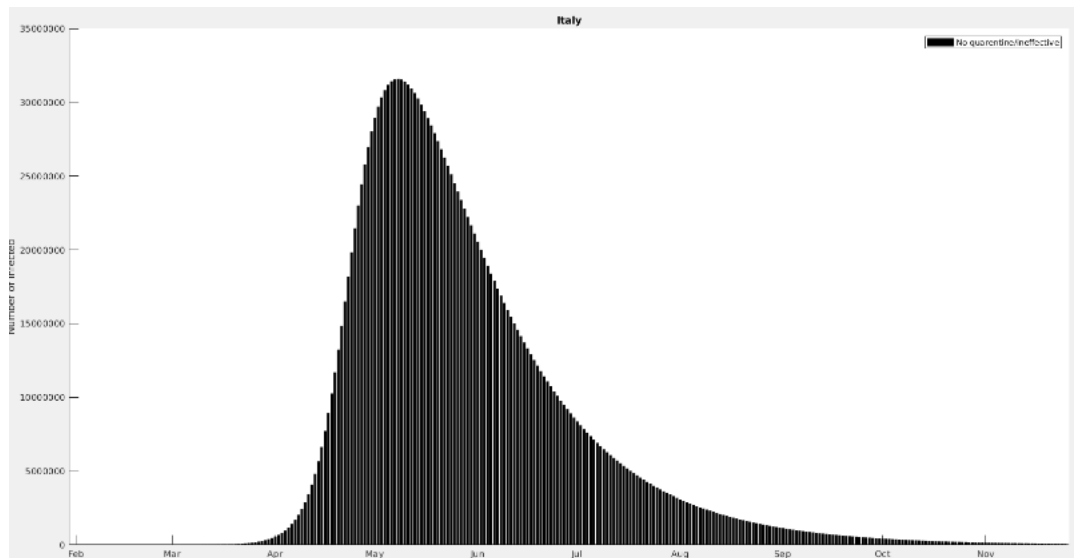
Para França, parece que existe algum under reporting de removidos (mortes?) Mas a estimativa para os infectados está dentro do esperado.

Com o dataset do Reino Unido obtenho os mesmos dados de epsilon. Ainda não há muitos removidos para estimar gamma.

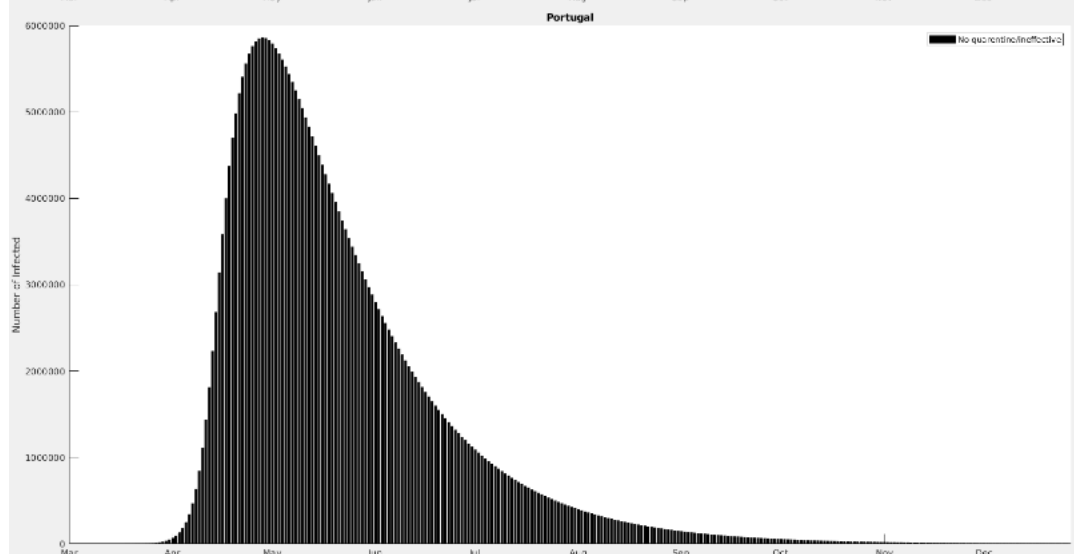
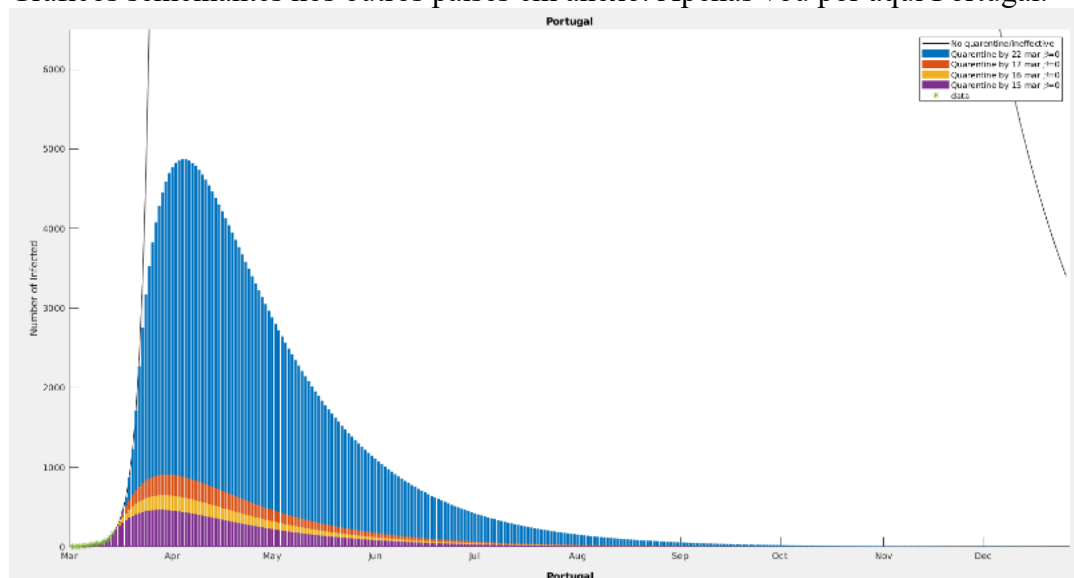
Fiz umas quantas simulações com quarentena perfeita (beta=0) a partir de alguns dias. O objectivo era usar esses gráficos para sensibilizar as pessoas.

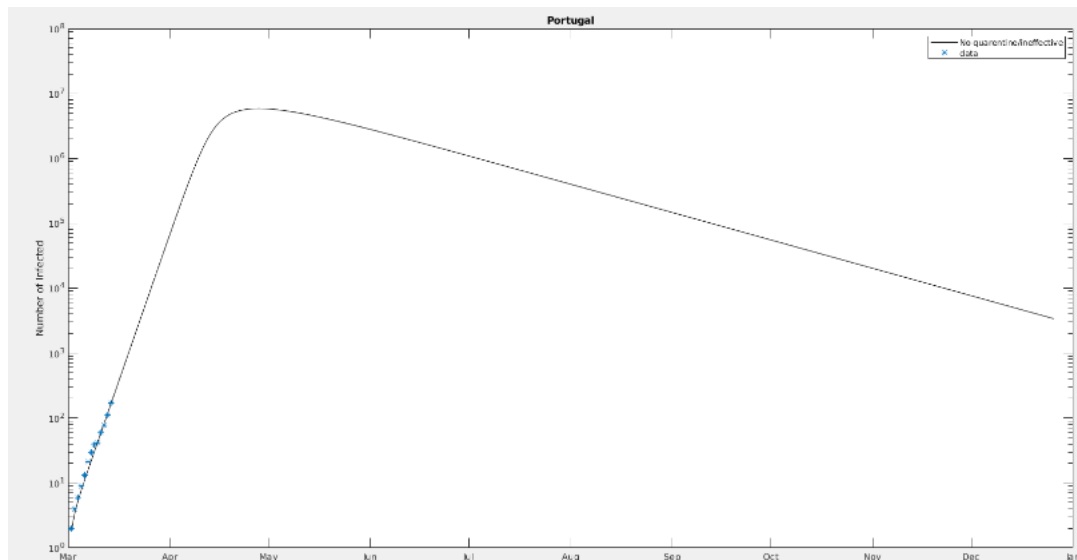
Itália,





Gráficos semelhantes nos outros países em anexo. Apenas vou por aqui Portugal.





Tenho noção que dá para fazer melhor com vários modelos a interagirem por zona/foco....mas não tenho dados melhores.

Os dados de Portugal para a estimação foram os da DGS. Quanto ao modelo, o número inicial de expostos é de ~15 e de infectados ~2 (estimados).