

Projeção de óbitos e internações por Covid-19 em Sergipe

Prof. Dr. Anderson Alves Ribeiro

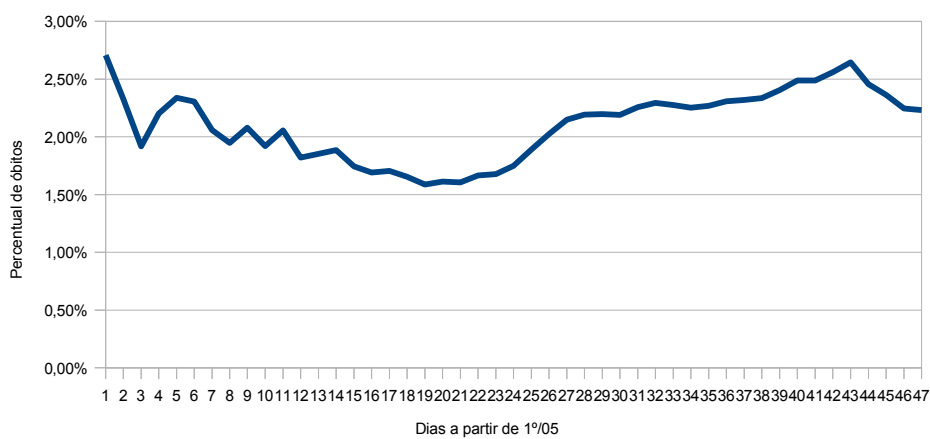
andersonribeiro@uffs.edu.br

Universidade Federal da Fronteira Sul

O estado de Sergipe registra, no dia 16/06/2020, 16310 casos confirmados da covid-19, destes 5883 estão recuperados, 463 estão em atendimento hospitalar, sendo 176 em Unidades de Tratamento intensivo. Foram também confirmados 364 óbitos¹.

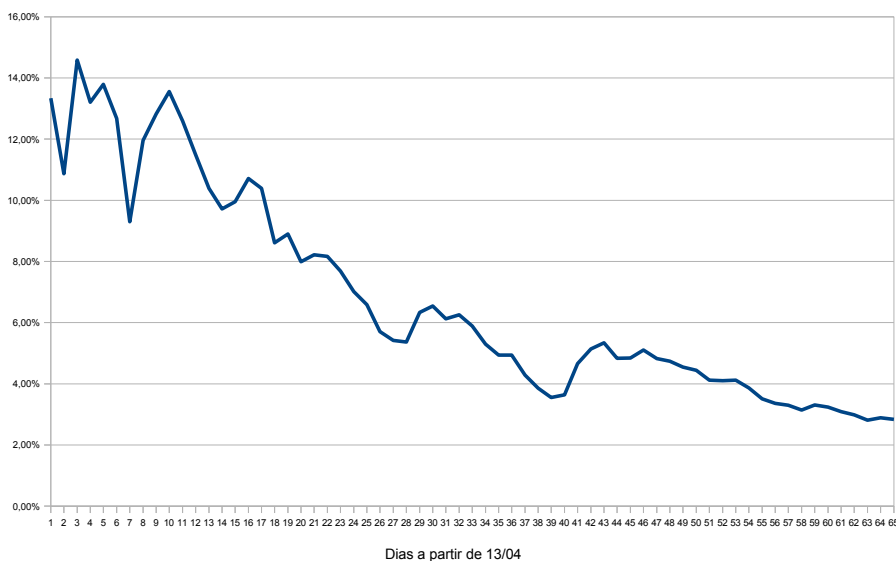
De forma muito simples pode-se dizer que razão de óbitos em relação ao número de casos confirmados entre 1,59% e 2,71%, desde 1º/05/2020, sendo que na última semana teve uma média de 2,43% e um máximo de 2,64%

Percentual de óbitos em relação ao número de casos acumulados



Em relação ao número de internações, observamos um percentual decrescente em relação ao número de casos confirmados, como mostrado na figura abaixo.

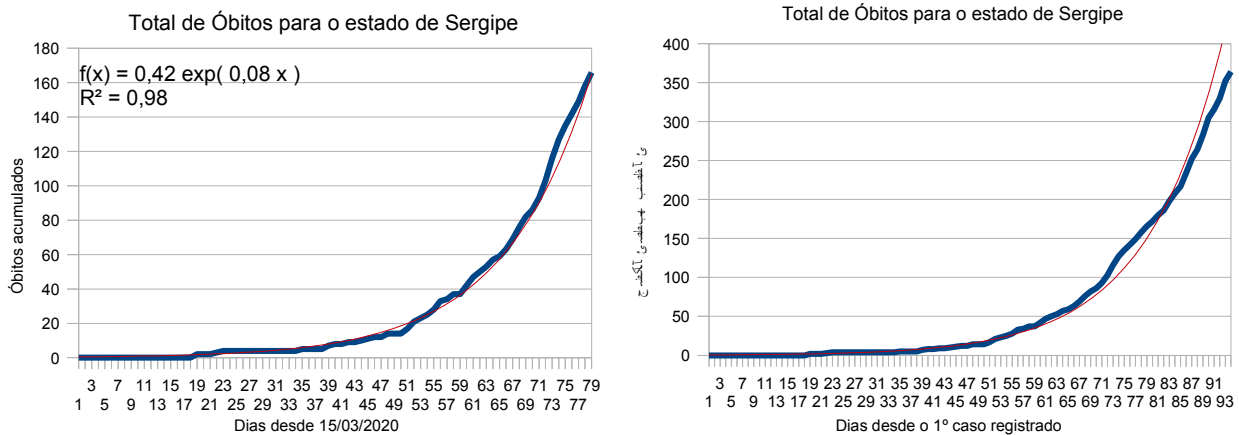
Percentual de Internações por caso confirmado



¹ Dados da Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe. Disponível em <https://todoscontraocorona.net.br>. Acessado em 16/06/2020.

Observa-se uma certa estabilização na razão de internações que tem média de 3,02% na última semana, com máximo de 3,31% dos casos, destes 39,4% em média demandam o tratamento intensivo de UTIs, com máximo de 41,7%.

Os gráficos abaixo mostram a evolução temporal do número de óbitos no estado de Sergipe.



O primeiro desde o dia 15/03 até dia 01/06 e mostrava, na curva em vermelho, uma tendência exponencial com grande precisão (98% de similaridade). O Segundo gráfico, atualizado até dia 16/06, mostra um pequeno, porém significativo, afastamento da tendência exponencial, conforme o comportamento esperado da curva que tem formato de “S”. Apenas no início é esperado um comportamento exponencial. Propomos no presente trabalho a projeção de fatalidades pela Covid-19 para o estado de Sergipe através da projeção de casos e a utilização dos percentuais atuais como forma de estimar tais valores.

A projeção de casos para o estado foi realizada utilizando o modelo de crescimento de Richards (Richards 1959, Wang 2012 e Vasconcelos 2020), que é uma variação do modelo logístico padrão largamente utilizado para estudo de crescimento populacional. O modelo é descrito pela equação diferencial de primeira ordem:

$$\frac{dC}{dt} = rC \left\{ 1 - \left(\frac{C}{K} \right)^a \right\} \quad (1)$$

onde C é uma função do tempo que pode ser interpretada como o número de casos acumulados até o tempo t , r é a taxa de crescimento, a é um parâmetro relacionado a assimetria da curva em relação ao modelo logístico padrão (retomado para $a = 1$) e K é o número final de casos da pandemia.

A solução analítica da equação (1) é dada por:

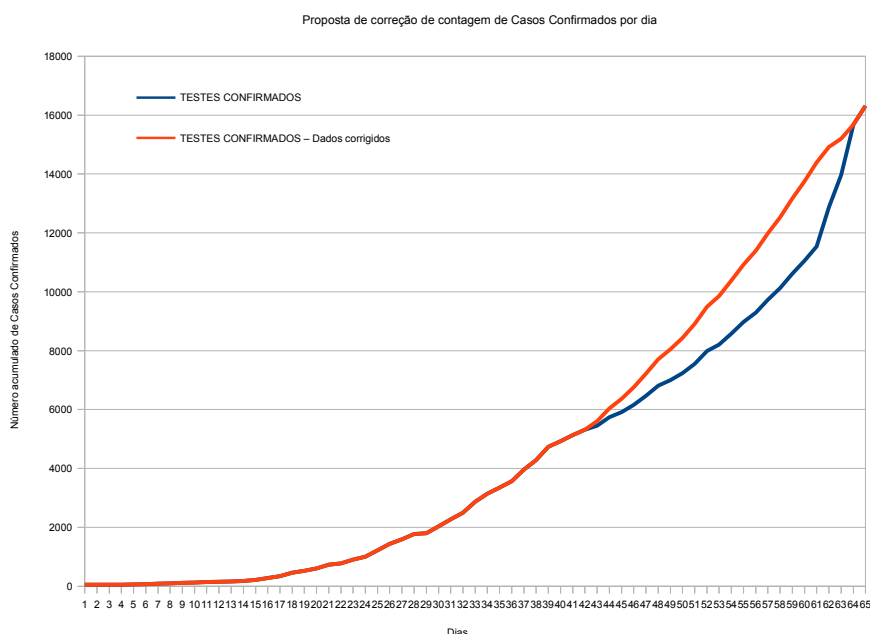
$$C(t) = \frac{K}{\left[1 + a e^{(-ar(t-t_c))} \right]^{1/a}} \quad (2)$$

onde t_c é ponto de inflexão da curva $C(t)$, marcando o pico de novos casos (e matematicamente o ponto onde $C''(t) = 0$).

Os dados do estado relativos ao número de casos diários, disponíveis para download na Secretaria de Estado da Saúde, contém a seguinte informação “Entre os dias 13 e 15 de junho, além dos casos correspondentes a amostras processadas no LACEN, foram acrescentados 3.306 casos que correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 e que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Em 13 de Junho foram acrescentados 1.332 casos novos sendo que 951 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão

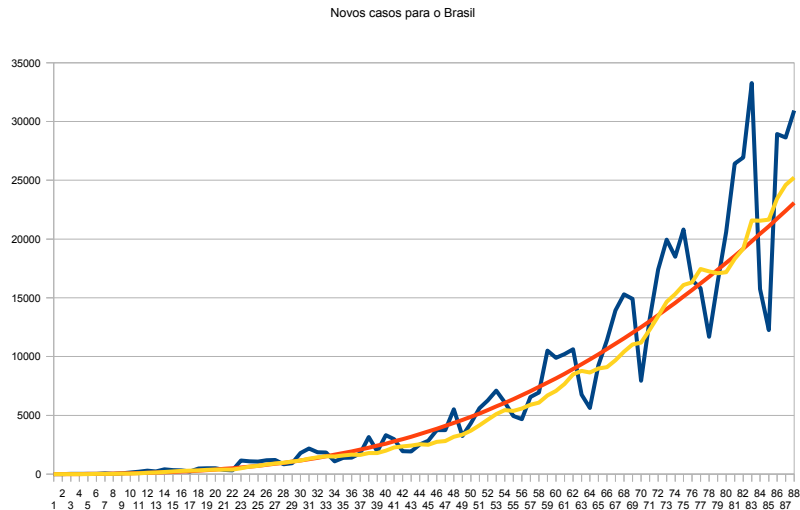
sendo divulgados neste período. Em 14 de Junho foram acrescentados 1.103 casos novos sendo que 970 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão sendo divulgados neste período. Em 15 de junho foram acrescentados 1.708 casos novos sendo que 1.385 correspondem a exames que foram realizados de 25/05/2020 a 01/06/2020 que foram processadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e que os resultados estão sendo divulgados neste período.”

Tal observação vem ao encontro de observação realizada anteriormente de que havia uma queda abrupta, não esperada, para os casos justamente naquele período. A projeção de casos depende não apenas do valor absoluto de casos em determinado dia, mas da sua distribuição temporal, que muda inclinações e tendências de crescimento. Dessa forma, sabendo oficialmente que os dados a partir de 25/05/2020 apresentam uma desfaçom, sabe-se de antemão que a utilização daqueles dados gerará uma projeção distorcida, não compatível com o verdadeiro crescimento do número de casos no estado. Optou-se então por propor uma correção nos dados, não colocando os 3306 casos agrupados nos três dias como informado pela secretaria de saúde, mas distribuídos uniformemente desde o dia 25/05/2020 até o dia 15/06/2020. Tal procedimento é relativamente arbitrário, porém não mais que qualquer outra distribuição desses valores, incluindo a distribuição de todos eles no período informado como de atraso, o que equivaleria dizer que todos os resultados estariam prontos no mesmo dia, o que não é a prática observada. Vale também observar dois pontos: 1) Os dados presentes na planilha obtida via Secretaria do Estado da Saúde apresentam pequenas divergências em relação ao número diário de casos apresentado pelo Ministério da Saúde² sem comprometer o número total no dia observado. 2) No ajuste realizado, percebe-se uma pequena distorção nos três dias anteriores ao dia 25/05, que se usados para a distribuição de casos, geraria uma curva ainda mais “homogênea” para o crescimento de casos, porém não há informação oficial que sustente essa distribuição.



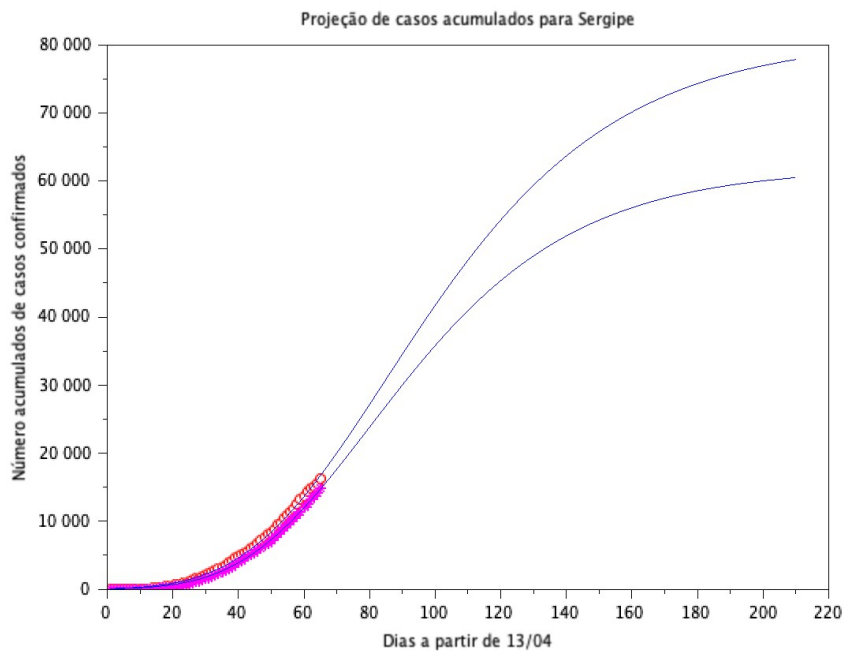
Outra prática que tem sido utilizada para apresentação e mesmo modelagem de dados é apresentar a média móvel do número de casos (e novos casos), tomando como valor para determinado dia, a média dos valores em 7 dias, incluindo o dia em questão. Tal medida suaviza a curva, tornando-a, mais próxima das curvas analíticas. Como exemplo, mostramos abaixo os dados de novos casos diários para o Brasil (em azul) e as curvas de média móvel (em amarelo) e a curva da expressão do modelo (em laranja).

² Dados disponíveis no site <https://covid.saude.gov.br> baixados no dia 16/06/2020.



A função descrita pela equação (2) calculada para $t = 0$ representa o número de casos no dia inicial da modelagem. Dessa forma, os parâmetros da equação (r , a , t_c e K) não são todos independentes, podendo um deles ser calculado em função dos demais. Escolhemos eliminar K (a ser calculado) e determinar pelo ajuste dos dados os demais parâmetros. Também foi deixado o número $C(t = 0) = C_0$ como parâmetro a ser determinado numericamente.

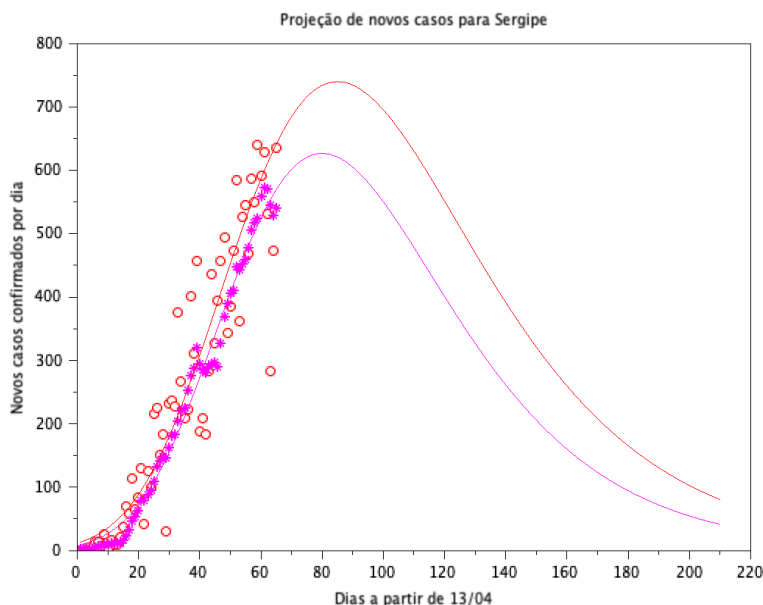
A figura abaixo apresenta o ajuste realizado a solução do modelo de Richards (2) com os dados corrigidos mostrados no gráfico (3), pontos em vermelho, e com a média móvel dos dados, pontos em magenta. O ajuste foi realizado utilizando a função `datafit` do software livre SciLab. O dia 1 utilizado foi o dia 13/04, correspondendo ao primeiro dia que os dados fornecidos pela Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe disponibilizou os dados de forma contínua.



Como resultado temos a projeção de um total de cerca de 81 mil casos totais no estado, com uma média móvel de 62 mil casos. Os parâmetros obtidos para as curvas são: $C_0 = 83.05$; $r = 0.3611$; $a = 0.0711$ e $t_c = 84.9962$ para a curva de casos acumulados e $C_0 = 53.35$; $r = 0.3083$; $a = 0.0933$ e $t_c = 79.973$ para a curva da média móvel. Correspondendo a indicação que o pico de

novos casos (tc) ocorrerá (aproximadamente) 85 após o dia 13/04, ou seja, próximo ao dia 05/07/2020.

Os parâmetros obtidos permitem também obter, por derivação, a curva de novos casos diários, mostradas abaixo.



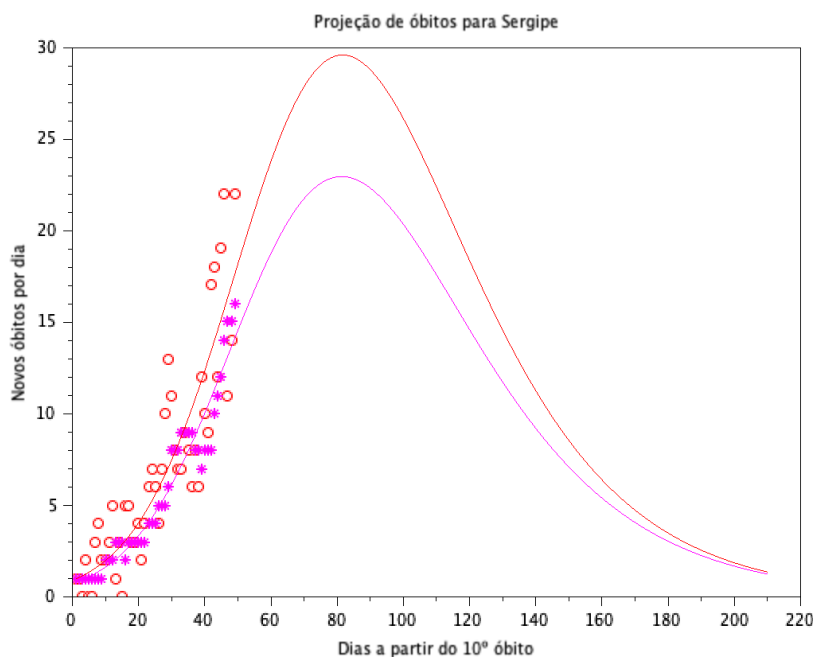
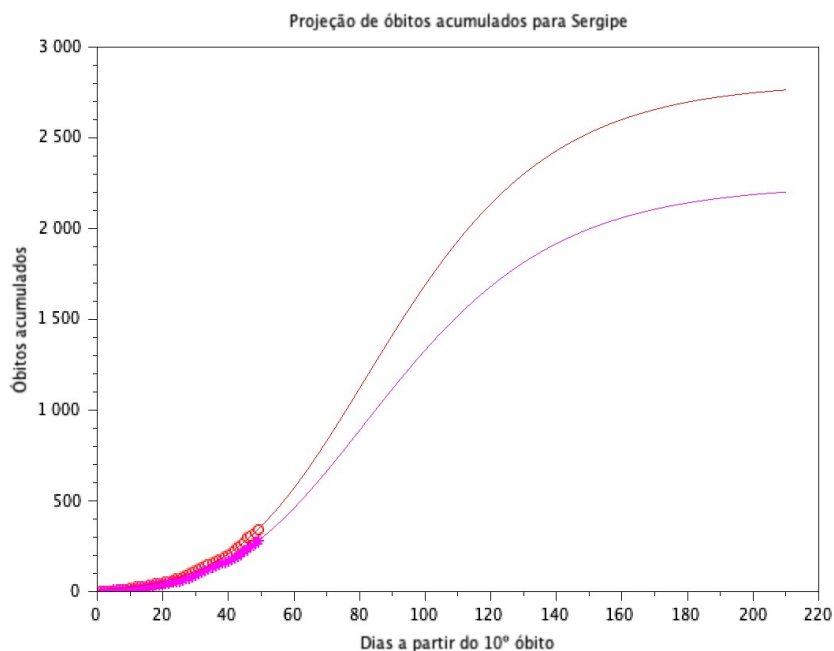
Essa curva indica que teremos cerca 740 novos casos por dia próximo ao pico do contágio, na semana do dia 05/07. Vale salientar que a curva é uma curva de tendência, cujos valores reais podem variar para mais e para menos (se mantendo em torno dessa tendência), como pode ser visto no gráfico mostrado acima nos pontos vermelhos e magenta (dados reais), em torno das curvas de tendência da mesma cor.

Com as projeções de número de casos acumulados para os próximos dias podemos então estimar a demanda de internação hospitalar e de leitos de UTI nas próximas semanas.

| Período | Projeção | Mínimo ¹ | Máximo ² |
|-------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 15 dias (1º/07/2020) | Casos Acumulados | 23820 | 27150 |
| | Internações | 720 | 898 |
| | UTI | 283 | 374 |
| | Óbitos* | 579 | 716 |
| 30 dias (16/07/2020) | Casos Acumulados | 32975 | 38170 |
| | Internações | 996 | 1263 |
| | UTI | 392 | 526 |
| | Óbitos* | 801 | 1007 |

Tabela 1: Projeções baseadas no crescimento do número de casos confirmados, considerando a manutenção das razões de internações, ocupação de UTIs e óbitos. ¹ Os valores mínimos foram calculados com a média móvel e valores médios de percentuais. ² Os valores máximos foram calculados com a projeção de casos e as variações percentuais máximas da última semana. *Os óbitos não contabilizam possíveis ocorrências devidas a falta de leitos e/ou atendimento.

O mesmo modelo de crescimento pode ser usado, como em Vasconcelos *et. al* 2020, para modelar a curva de óbitos, independente da projeção de casos. Foram então utilizados os dados relativos aos óbitos, disponibilizados nas páginas oficiais já citadas, contados a partir do 10º óbito confirmado para o ajuste da equação (2), cujo ajuste é mostrado abaixo.



O primeiro gráfico se refere ao número acumulado de óbitos confirmados e o segundo ao número de novos óbitos por dia, mantendo a mesma designação de cores para os dados absolutos e para a média móvel, como usado anteriormente. Os parâmetros de ajuste obtidos foram $C_0 = 9.68$; $r = 0.1118$; $a = 0.2933$ e $t_c = 81.62$ para a curva de casos acumulados e $C_0 = 7.41$; $r = 0.1242$; $a = 0.2519$ e $t_c = 81.34$ para a curva da média móvel.

Com esses resultados, podemos projetar o número de óbitos nos períodos da Tabela 1. Em 15 dias (1º/07/2020): entre 556 e 693 óbitos; em 30 dias (16/07/2020): entre 886 e 1118 óbitos.

Concordando com os resultados, dentro das margens, obtidas pelas projeções de casos utilizando os percentuais atuais de óbitos.

Essa abordagem é particularmente interessante pois nos permite estimar o pico de novas mortes entre 16/07/2020 e 18/07/2020, quando serão registradas entre 23 e 30 novos óbitos por dia. Tal resultado indica que o pico de novas mortes ocorre cerca de 12 dias após o pico de novos casos, o que é compatível com a literatura em relação ao período entre contágio e falecimento (veja, por exemplo Linton et. al. 2020). Pode-se também projetar o número total de fatalidades, mantidas as tendências atuais, como sendo entre 2235 e 2800.

Destaco por fim que as projeções aqui apresentadas dependem da manutenção das medidas de prevenção e de distanciamento social, que garantem a continuidade dos parâmetros utilizados. A mudança nessas medidas terão certamente impactos nas projeções apresentadas, tanto para a redução, no caso do aumento das medidas adotadas, quanto do aumento, no caso do afrouxamento e relaxamento dessas.

Referências

Natalie M. Linton et. al. Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data. *J. Clin. Med.* 2020, 9, 538; doi:10.3390/jcm9020538

Richards, F.J., 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10, 290–300.

Xiang-Sheng Wang et. Al Richards model revisited: Validation by and application to infection dynamics. *Journal of Theoretical Biology* 313 (2012) 12–19.

Giovani L. Vasconcelos et. al. Modelling fatality curves of COVID-19 and the effectiveness of intervention strategies. Pre-print:
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.02.20051557v3.full.pdf>