



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAS  
GRUPO DE ESTATÍSTICA APLICADA

## Nota técnica nº 6 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

**Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda**

### Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	5
Letalidade	9
Incidência	9
Sergipe	10
Letalidade para Sergipe	11
Modelagem para Sergipe	12
Conclusões	14
Bibliografia	14

### Contato

E-mail: [danielneyra@hotmail.com](mailto:danielneyra@hotmail.com)

São Cristóvão, Junho de 2020

## Introdução

Esta sexta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas previas. O trabalho segue os mesmos dados de estudo, e foi incluída a informação desta última semana. Também ressaltamos que esta, como outras publicadas na UFS, são complementares, e cada uma apresenta um olhar particular, aqui se resalta a previsões futuras de casos e mortes confirmadas por COVID-19. O intuito é informar cientificamente os acontecimentos por esta pandemia.

As projeções realizadas neste trabalho não têm como objetivo acertar as estatísticas reais e sim dar a direção deste fenômeno de pandemia. Modelos de regressão para ajustar a tendência foram aplicados aos casos acumulados e mortes acumuladas por COVID-19. Para os casos novos e mortes novas (dia a dia), os modelos de tendência, sazonalidade e ciclos foram abordados como Holt Winters e modelagem da família ARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 4% e a real, nesta nota técnica as atualizamos, pois entendemos que embora estas simulações não permitam alcançar os casos reais de contágio, os quais necessariamente são muito maiores, pelo menos tentamos dar uma ideia de quantos casos podem estar escondidos por causa da subnotificação. Também a taxa de prevalência em torno de 14,37 por cada 100 000 habitantes. Os objetivos deste trabalho seguem as mesmas premissas do primeiro, que são descrever com tabelas e gráficos os casos e mortes confirmadas do COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe, além de usar modelos matemáticos para explicar e projetar os casos e mortes para os próximos dias.

## Resultados

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 05 a 11 de junho. Pode-se observar que, independente das subnotificações, (seja por ausência de realização do teste, por falta de teste ou pela demora no resultado no teste) há um aumento aritmética de casos e mortes, cuja duplicação em dias esta na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14 para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11. Este fato indicou protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganha rapidamente posições no ranking tanto de casos e mortes. Semana passada, o Brasil era segundo em número de casos atrás apenas dos Estados Unidos e terceiro em número de mortos confirmados mundialmente, atrás de Estados Unidos e Reino Unido. Hoje, Brasil também se posiciona como segundo em número de casos e terceiro em número de óbitos e tecnicamente com a mesma quantidade de mortes, contudo Reino Unido já não apresenta mortes nos últimos dias, e provavelmente amanhã 12 de junho, o Brasil se posicione segundo também em número de mortes. Ontem o Brasil teve 32 913 casos e 1 274 óbitos de um total de 105 482 casos e 3 629 mortes no mundo, representando 31,2% dos casos e 35,1% das mortes, não sendo um evento isolado, onde os dias 04 junho, 27, 26 e 20 de maio também

atingiram estes percentuais. Uma visualização do Gráfico 01 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos os casos e mortes e que o dia até a curva se manter ou descer, não será ainda nesta semana, e que até a data do dia 11 de junho, foram de 802 828 casos confirmados e 40 919, aumentando em uma semana mais de 187 887 casos e mais de 6 898 mortos, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 11 184 casos a mais e 369 mortes a menos.

Tabela 1: Casos e mortes por COVID-19 na semana do dia 05 a 11 de junho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
2020-06-05	645771	35026	266940	343805
2020-06-06	672846	35930	277149	359767
2020-06-07	691758	36455	283952	371351
2020-06-08	707412	37134	290040	380238
2020-06-09	739503	38406	311064	390033
2020-06-10	772416	39680	325395	407341
2020-06-11	802828	40919	345595	416314

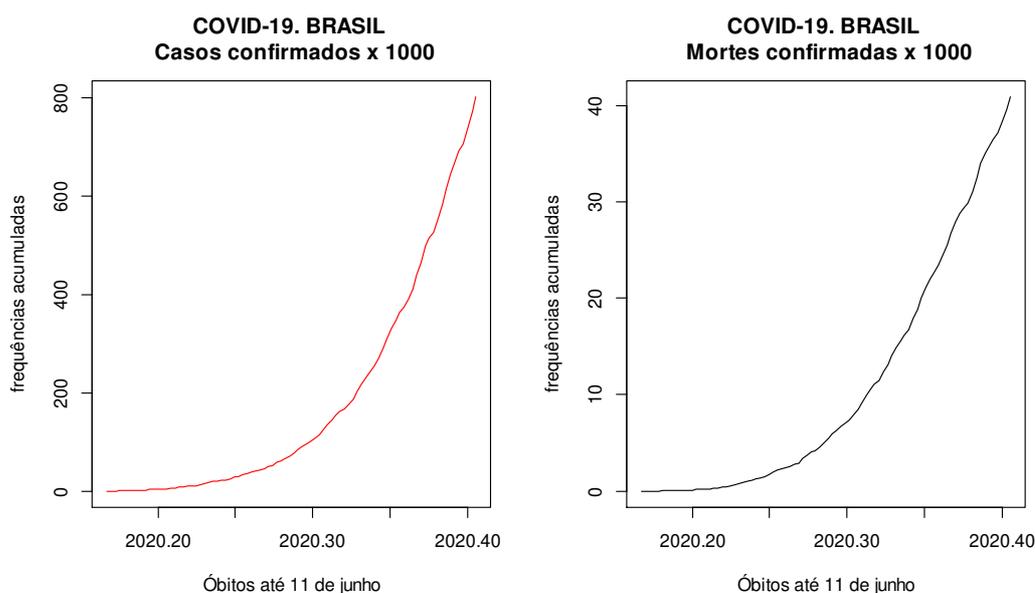


Gráfico 01: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 6 178 novos casos e 340 novas mortes, e os seguem os estados de Rio de Janeiro, Ceara, Pará, Maranhão, Amazonas, Pernambuco, sendo São Paulo e Rio de Janeiro que a diferença da semana passada, estes retomaram as maiores quantidades expressivas em novos casos e novas mortes como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil (11/06/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	6178	156316	340	9862
RJ	1394	74373	210	7138
CE	3018	71402	171	4480
PA	2947	62095	74	3927
MA	1439	53508	37	1322
AM	1615	52849	48	2363
PE	925	41935	78	3531

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 11 de maio de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 30412 casos neste dia, sendo um dos maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1239 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 02 e 03.

**COVID-19. BRASIL. Número de casos diários**

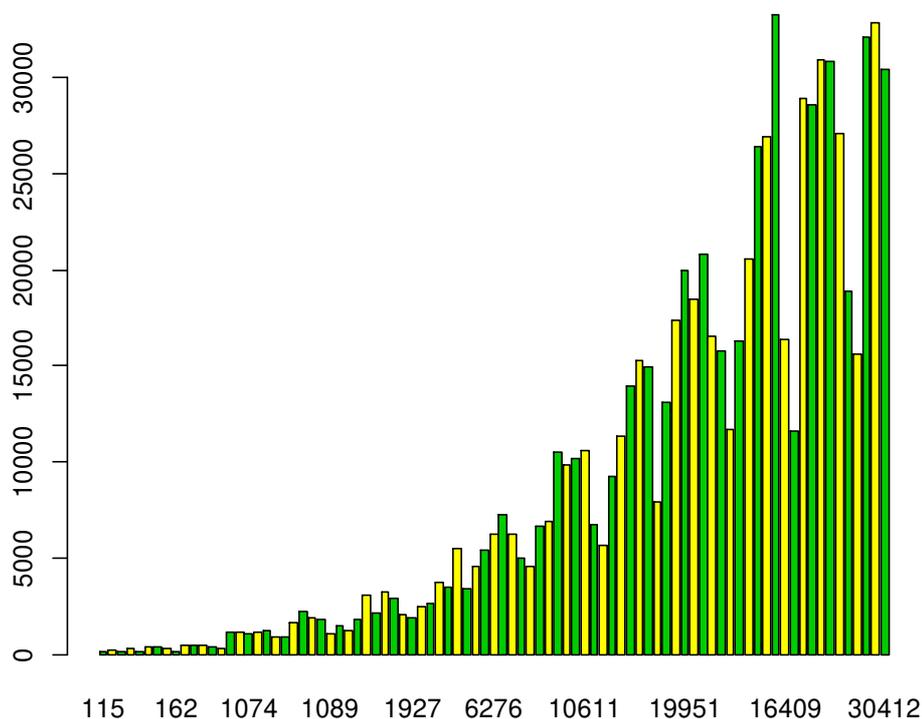


Gráfico 02: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

**COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias**

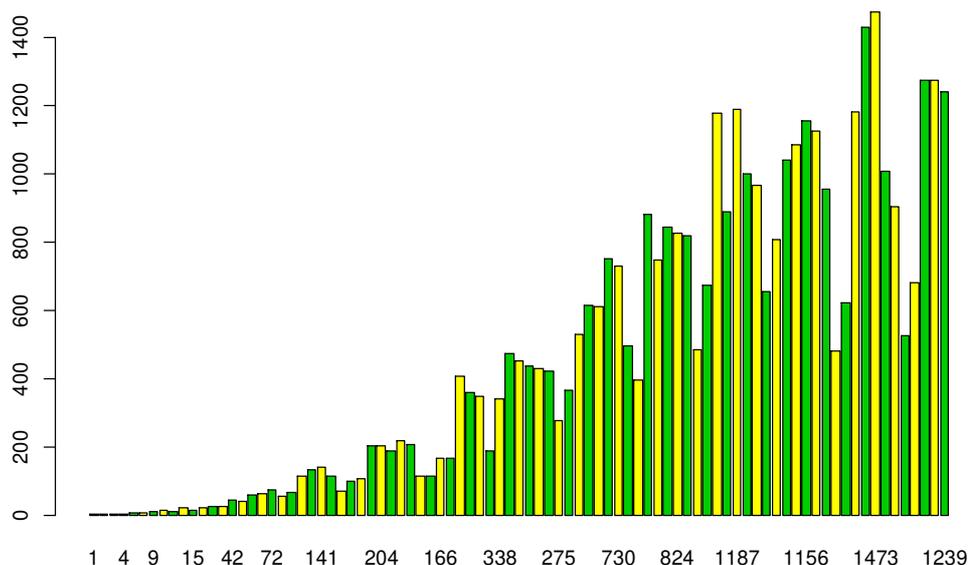


Gráfico 03: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### **Modelagem para o Brasil**

Foram usados modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no Brasil, estas séries tem apenas o componente de tendência e modelos de potência, exponencial e modelos não lineares foram abordados, porém escolheu-se o modelo com menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste, todos abaixo de 1%, e para a modelagem ter melhor performance de estimação, foram usados apenas os 20 últimos casos. No ajuste dos casos, foi usado o modelo cúbico por apresentar erro de ajuste de 0,95%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 1% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0,8%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 12 de junho com 822 109 casos e 41 694 mortes, e para o dia 13 de junho serão 846 582 casos e 42 702 mortes, conforme visualizado na Tabela 03. Uma saída é mostrada no Gráfico 04.

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias após 11 de junho de 2020.

Data projetada	Casos	Mortes	Intervalo de Confiança Casos	Intervalo de Confiança mortes
12/06/2020	822109	41694	806656 - 837562	40911 – 42476
13/06/2020	846582	42702	824726 – 868437	41595 – 43809

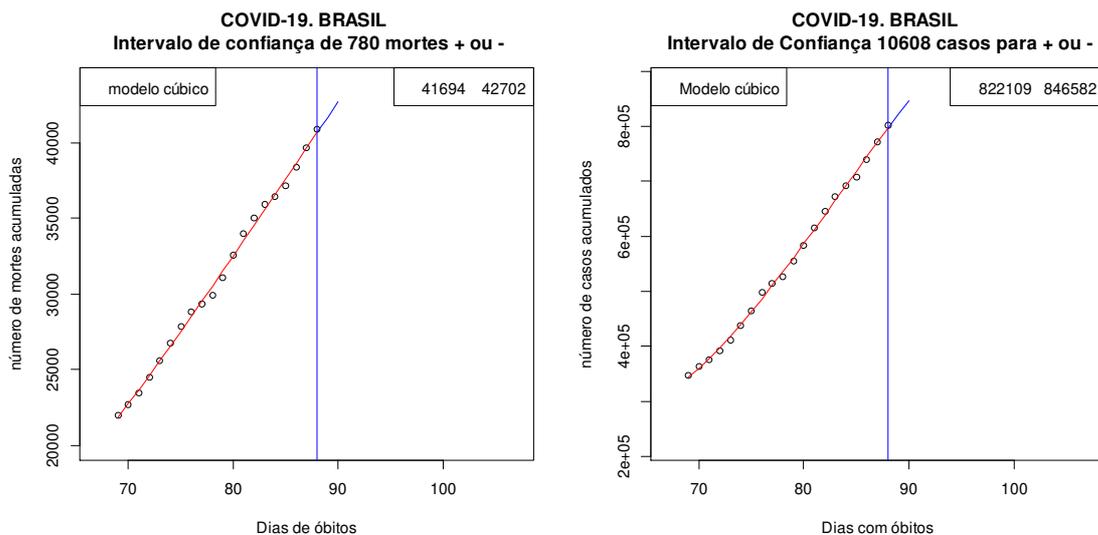


Gráfico 04: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 12 e 13 de junho.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sábado e segunda-feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. O efeito sazonal que cada semana apresenta, nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de boxplot por semana após o primeiro óbito, observando o gráfico podemos afirmar que tanto casos e mortes apresentam as maiores médias semanais, indicando crescimento aumentos como segue:

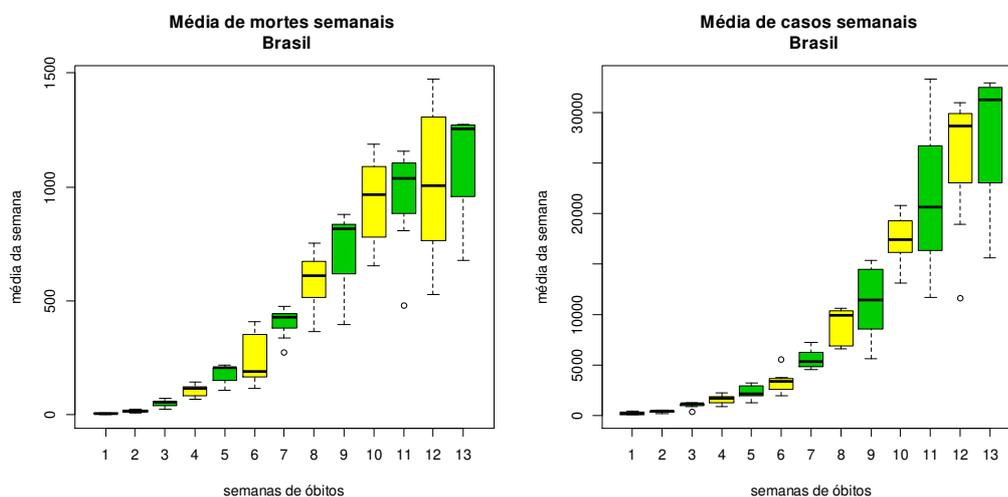


Gráfico 5. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a tendência permitem abordar técnicas de séries temporais para realizar previsões futuras para novos casos e novas mortes. Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holt-Winters e Sarima para ajustar a séries de novos casos e novas mortes, por apresentar três componentes temporais como, tendência, sazonalidade e ciclos, a bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões, e neste caso em particular realizamos projeção para os

próximos sete dias, semana passada o erro de ajuste externo (comparação entre os valores projetados e os valores desta semana) superaram 5%, por um descompasso na divulgação dos dados por parte do ministério da saúde. Para esta semana em média manteremos em torno de 31 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 2 400 casos para mais e para menos e 980 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 143 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vêm podemos atingir aproximadamente 218 000 casos e 6 800 mortes. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação no final de semana, ver a Tabela 04 e uma saída é mostrada no Gráfico 06.

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para casos e mortes no Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
12/06/2020	33617	897	34669	910
13/06/2020	36725	834	33449	858
14/06/2020	23296	487	24150	504
15/06/2020	18713	655	20943	693
16/06/2020	35289	1154	34489	1275
17/06/2020	35157	1188	35429	1310
18/06/2020	35337	1194	35247	1298

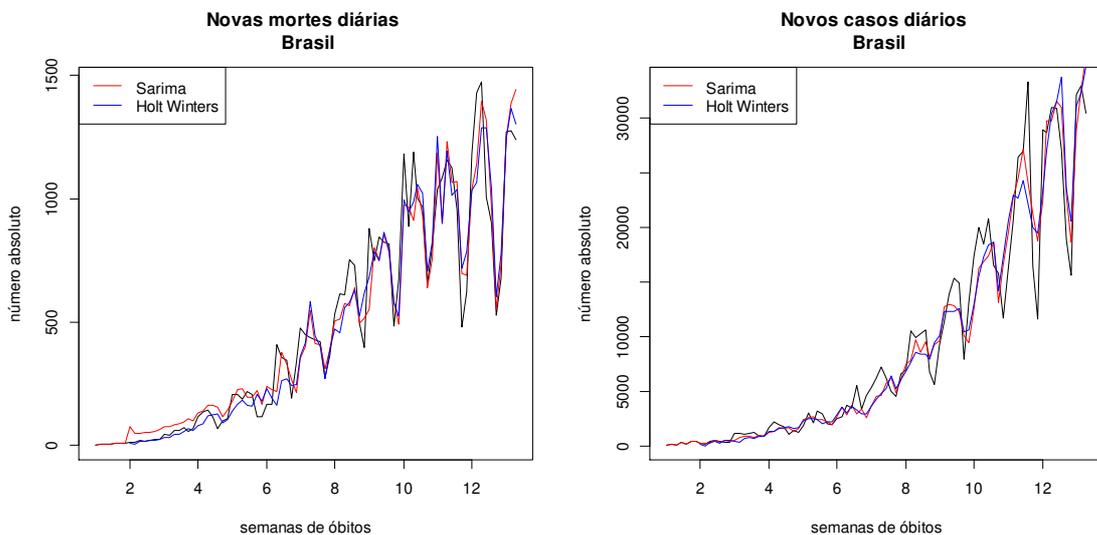


Gráfico 06. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o Gráfico 07, no qual se visualiza os dias em relação aos *log* de casos e mortes, cada linha separa quando os casos e as mortes dobram e elas têm que se alinhar numa reta. Atualmente, dobram-se os casos a cada 11 dias, e para as mortes, a cada 14 dias.

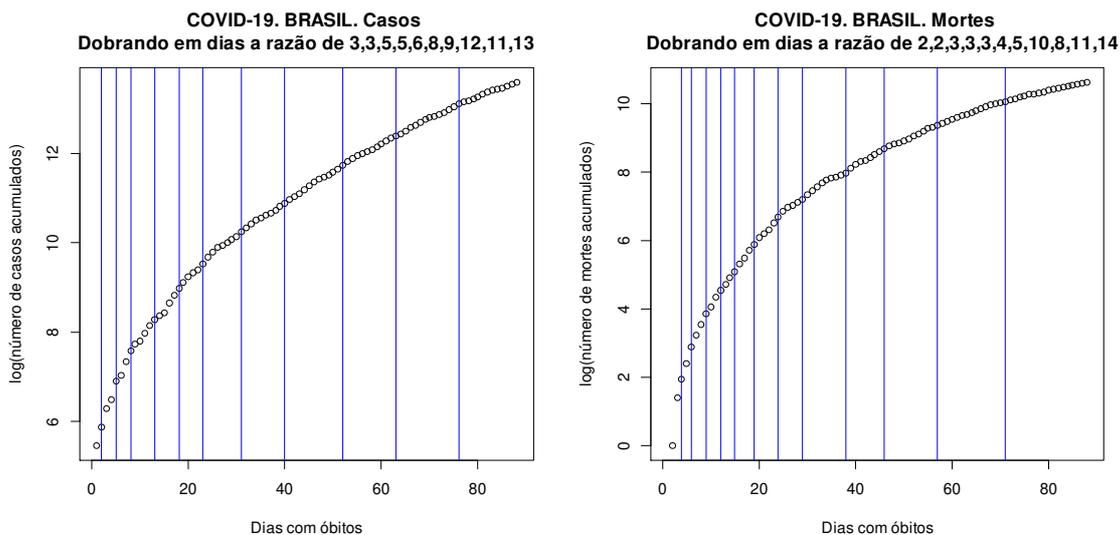


Gráfico 07: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

Uma projeção a partir dos últimos 20 dias de óbitos no Brasil, usando casos e mortes confirmadas de COVID-19 no Brasil, num cenário para 100 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 90 dias. A justificativa de estender os dias de crescimento é a interiorização no Brasil da pandemia, esta semana no limíte os casos podem atingir os valores de 1 189 003 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 859 089. Já as mortes num ambiente menos favorável pode atingir 60 220 mortes e num ambiente mas favorável seriam 43 504 mortes.

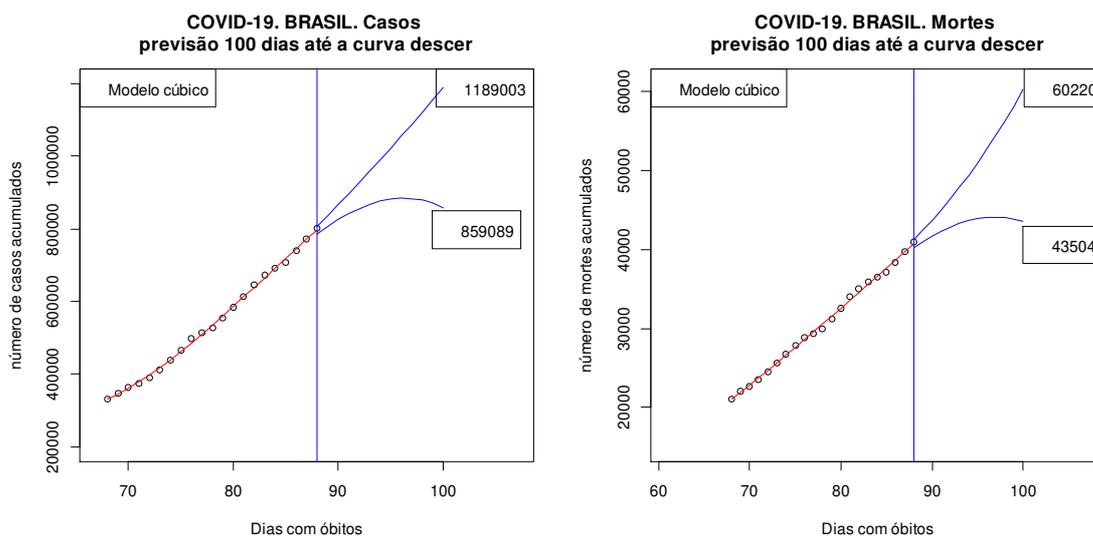


Gráfico 8. Projeção de potencia a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 90 dias (13 de junho) e 100 dias (23 de junho) após o primeiro óbito até a curva descer usando um modelo cúbico.

Variável	90 dias		100 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	802315	984468	859089	1189003
Mortes	37818	46851	43504	60220

## Letalidade

Assumimos que as mortes confirmadas podem propor uma possibilidade mais realista das consequências de esta pandemia e que os dados oficiais podem apresentar sub-notificação. A justificativa é os poucos testes realizados no Brasil, que até o dia 10 de junho por cada 1 000 habitantes foram 4,7 testes, sendo um dos países com menos testes percapita aplicados a sua população. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 4% e a real, fornecendo os número de casos que podem ter sido escondidos por causa da subnotificação. Considerando uma letalidade de 1%, e a partir das mortes confirmadas, podemos afirmar que o Brasil atingiria 4 091 900 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

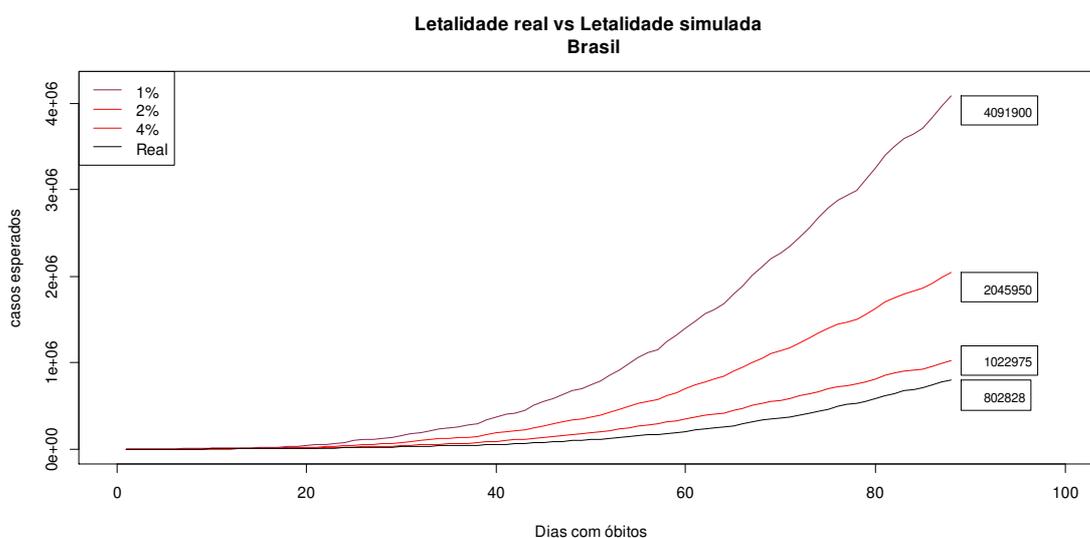


Gráfico 9. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

## Incidência

Este indicador mede a proporção da população que já tem a doença. A taxa de incidência é o número de novos casos de uma doença, dividido pelo número de pessoas em risco, considerando toda a população brasileira em risco, e que sua população estimada é de 211 489 034 habitantes, a conta é dada por  $I = \left( \frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100000$ . Mostra-se a partir do Gráfico 10, que a incidência é também crescente, saindo

de 14,63 da semana passada para 14,38 nesta semana mantendo constante a aceleração do contágio.

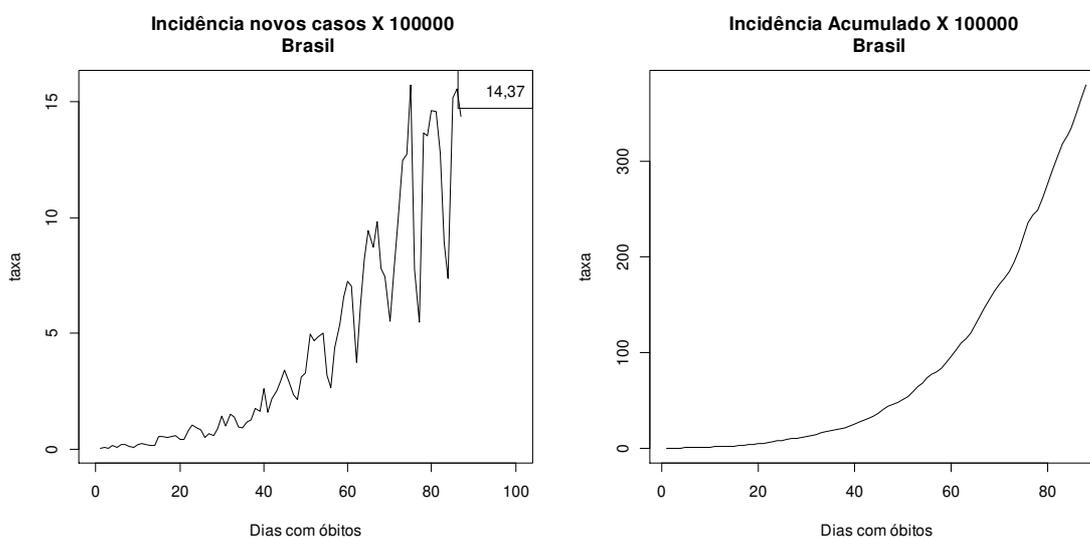


Gráfico 10. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

## Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 11 de junho 11 058 casos confirmados e 283 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 2858 casos a mais e 97 mortes, como mostra a Tabela 05. Já no Gráfico 11 podemos visualizar a evolução de casos, mortes e curados.

Tabela 05. Casos e Mortes no estado de Sergipe

Estado	Data	Casos		Mortes	
		Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SE	2020-06-05	377	8577	12	198
SE	2020-06-06	395	8972	10	208
SE	2020-06-07	318	9290	9	217
SE	2020-06-08	437	9727	17	234
SE	2020-06-09	399	10126	18	252
SE	2020-06-10	489	10615	12	264
SE	2020-06-11	443	11058	19	283

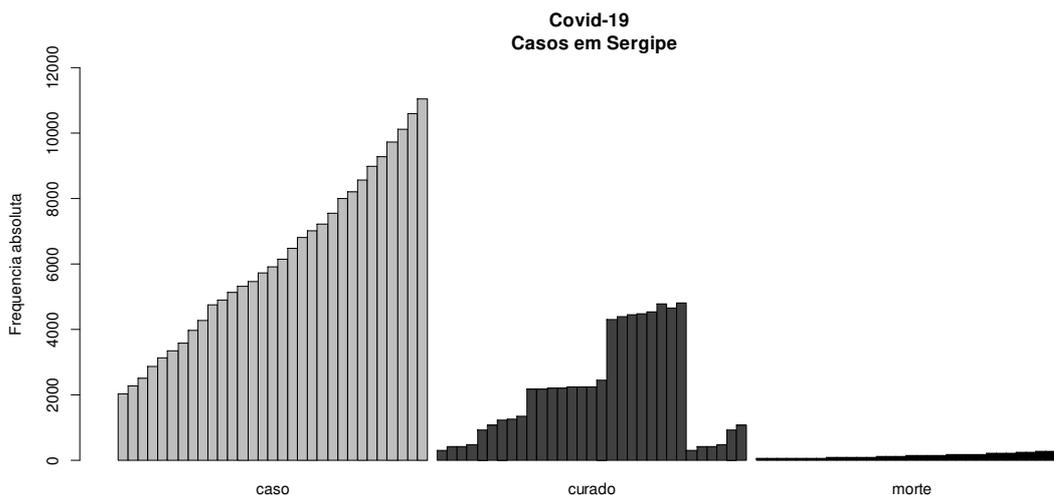


Gráfico 11. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

## Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2,55% sendo a semana passada de 2,27%, indicador muito abaixo da média nacional a qual está próxima de 5,1% para observação disponibilizamos o Gráfico 12.

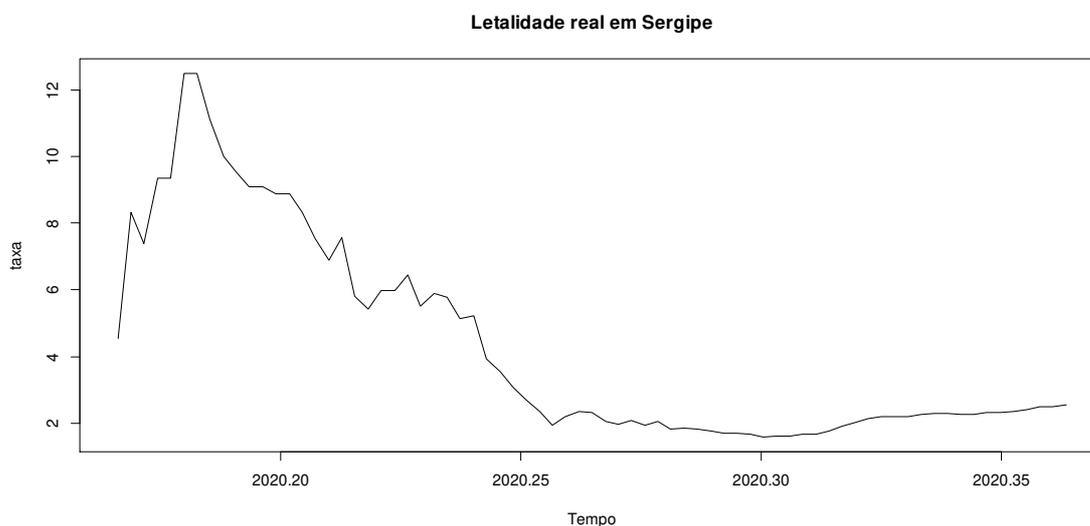


Gráfico 12. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## Modelagem para Sergipe

Usam-se modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no estado de Sergipe, então escolheu-se o modelo que tem menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste; para os casos atingiu 1,38% e as mortes com 3,13%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 12 de junho 11 564 casos e 290 mortes, e para o dia 13 de junho, serão 12 095 casos e 302 mortes projetadas, conforme visualizado na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 13.

Tabela 06: Projeção a partir de casos e mortes acumuladas para os próximos 2 dias.

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
12/06/2020	11564	11422 - 11706	290	280 – 296
13/06/2020	12095	11916 - 12274	302	291 – 311

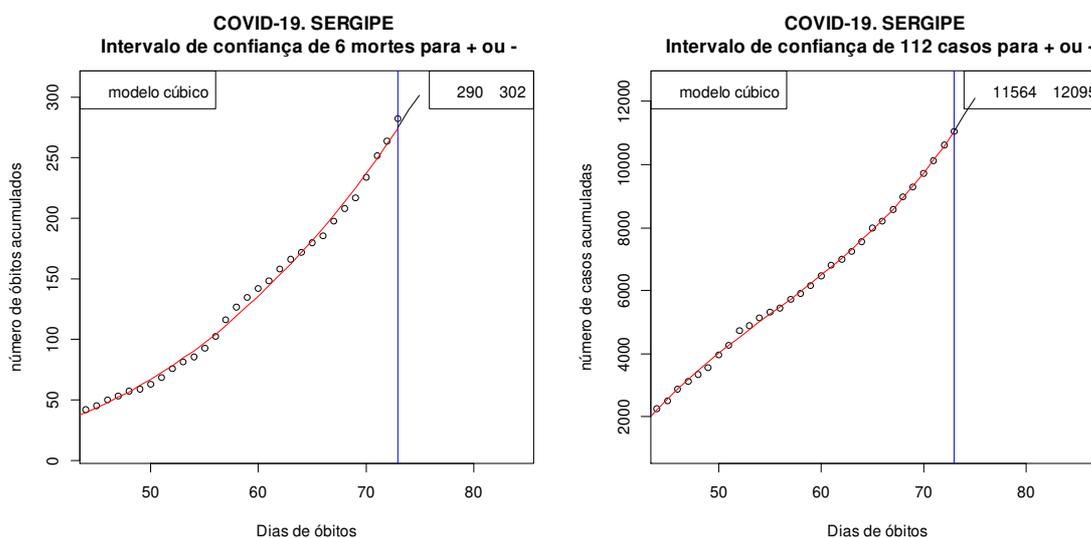


Gráfico 13: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um crescente aumento se comparado semana passada, visualizado no Gráfico a seguir

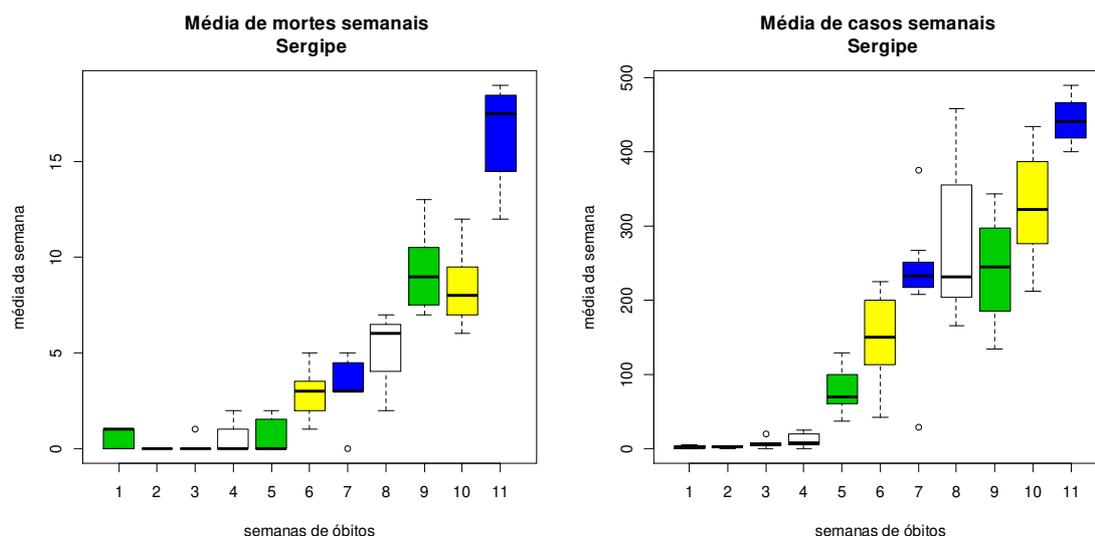


Gráfico 14. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que na última semana as mortes são estatisticamente maiores que as semanas previas ( $p < 0,05$ ). Os casos são estatisticamente iguais à última semana ( $p > 0,05$ ), mas maiores que as semanas previas ( $p < 0,05$ ).

Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holtwinters e Sarima para ajustar a séries apenas para novos casos, por apresentar três componentes temporais como, tendência, sazonalidade e ciclos. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos sete dias, em média ocorreram 450 casos e 15 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 3 100 casos e 110 mortes, apresentadas na Tabela 07 e uma saída é visualizado no Gráfico 15.

Tabela 07. Modelagem e previsões futuras para novos casos e novas mortes em Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
12/06/2020	443	15	450	17
13/06/2020	447	16	450	17
14/06/2020	436	16	429	18
15/06/2020	461	14	439	19
16/06/2020	449	14	496	19
17/06/2020	463	15	498	19
18/06/2020	465	14	499	20

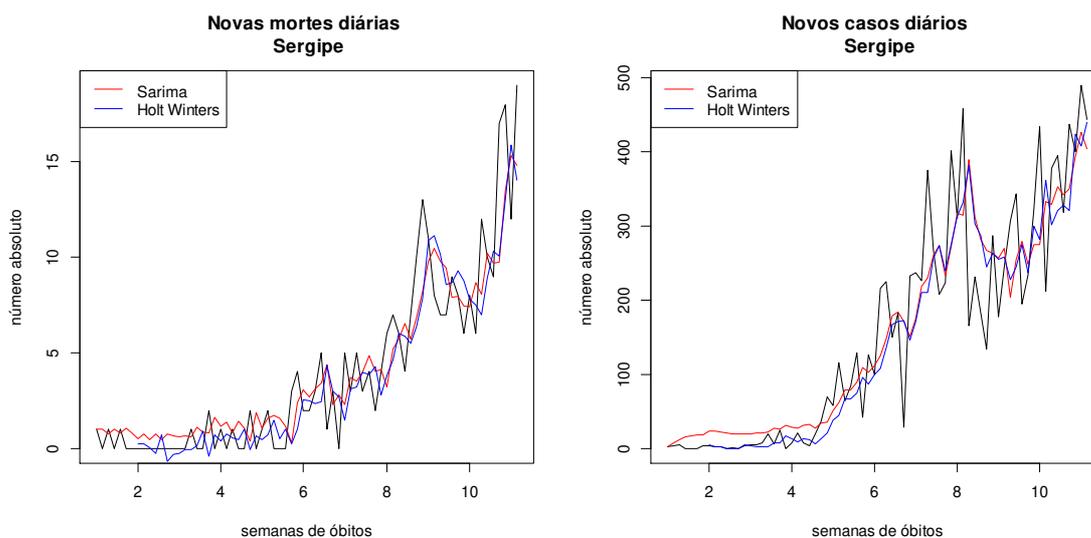


Gráfico 15. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

## Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. Durante a semana o Brasil ultrapassou 5 dias aos Estados Unidos em casos e mortes diárias e os dias que não ultrapassou foram por mudanças no lançamento das informações pelo ministério da saúde, que logo após estes dois dias voltou a sua plataforma padrão.
3. Embora entre a semana passada e esta, a letalidade ter caído para 5,1%, este indicador é considerado alto a nível mundial.
4. A presença crescente de casos novos indicam que o Brasil ainda mantém seu crescimento potencial, onde semana que vêm atingirá mais de 218 000 casos e 6 800 mortos.
5. A projeção para 100 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam que o Brasil será um dos países que mais demorará em se estabilizar e descer na curva de crescimento.
6. No âmbito regional, Sergipe novamente retomou seu crescimento potencial em casos e mortes, sendo esta semana estatisticamente maior que a semana passada. O estado quadruplicará seus casos diários e duplicará suas mortes diárias na semana do dia 12 a 19 de junho.
7. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta duas últimas semanas.

## Bibliografia

1. Universidade de medicina. Jhons Hopkins. Coronavirus. <https://jhu.edu/map.html>. (visto em 07/05/2020)

2. Ministerio da saúde do Brasil. Painel Coronavirus. <https://covid.saude.gov.br>
  3. <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,primeiro-caso-da-Covid-19-no-brasil-e-do-fim-de-janeiro-diz-ministerio-da-saude>.
  4. Ehlers,Ricardo.(2007): Análise de séries Temporais.Universidade Federal do Paraná.
  5. Morettin, A. P., Clélia, M. C.(2006) Análise de séries temporais}. Editora Egard Blucher, 2<sup>a</sup> edição.
  6. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recommendations for coronavirus prevention. Revista de Saúde Pública. 25 março de 2020.
  7. Ehlers, Ricardo.(2007). Análise de séries Temporais. Universidade Federal do Paraná.
  8. Venables WN, Ripley BD (2002). Modern Applied Statistics with S. 4th edição. Springer-Verlag, New York.
-