



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

Nota técnica nº 10 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	6
Letalidade	10
Incidência	11
Sergipe	12
Letalidade para Sergipe	14
Modelagem para Sergipe	14
Conclusões	17
Bibliografia	17

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 09 de julho de 2020

Introdução

Esta nota técnica é a sequência das notas publicadas nas semanas prévias. 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. 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 futuras 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 (autorregressivos de médias moveis integrados), caso particular são os modelos SARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 1%, 2%, 3% 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 20.15 menor que a da semana passada que atingiu 22.75 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

Para identificar o avanço da COVID-19 no Brasil e compara-lo no cenário mundial, elaboramos o Gráfico 01, onde ao longo do tempo, observa-se que o Brasil segue uma tendência de estabilização nas mortes diárias e um ligeiro aumento nos novos casos diários pela presença de testes disponíveis. Também o número de testes aplicados a sua população nesta semana é, em média, de 20.5 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 118.8 testes por 1000 habitantes. Para comparar em termos relativos o avanço desta pandemia, utilizamos os percentuais, relacionando o país com o Mundo, onde os percentuais são calculados usando a simples divisão de novos casos no Brasil com os novos casos no Mundo multiplicado por 100, como visualizado no Gráfico 02, aqui podemos observar que o Brasil ultrapassou em quatro oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 11 oportunidades ultrapassou 30 %; em duas ultrapassou 50 % e em uma oportunidade atingiu 70 % das mortes mundiais (dia 26 de maio, com 1 039 mortes no Brasil e 1 485 no Mundo).

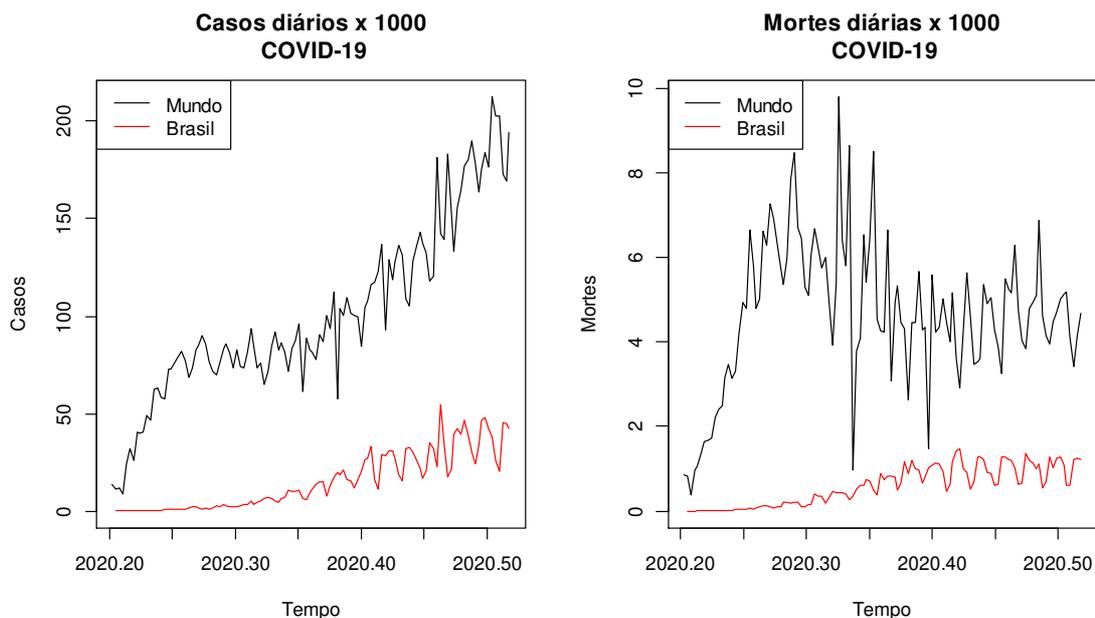


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

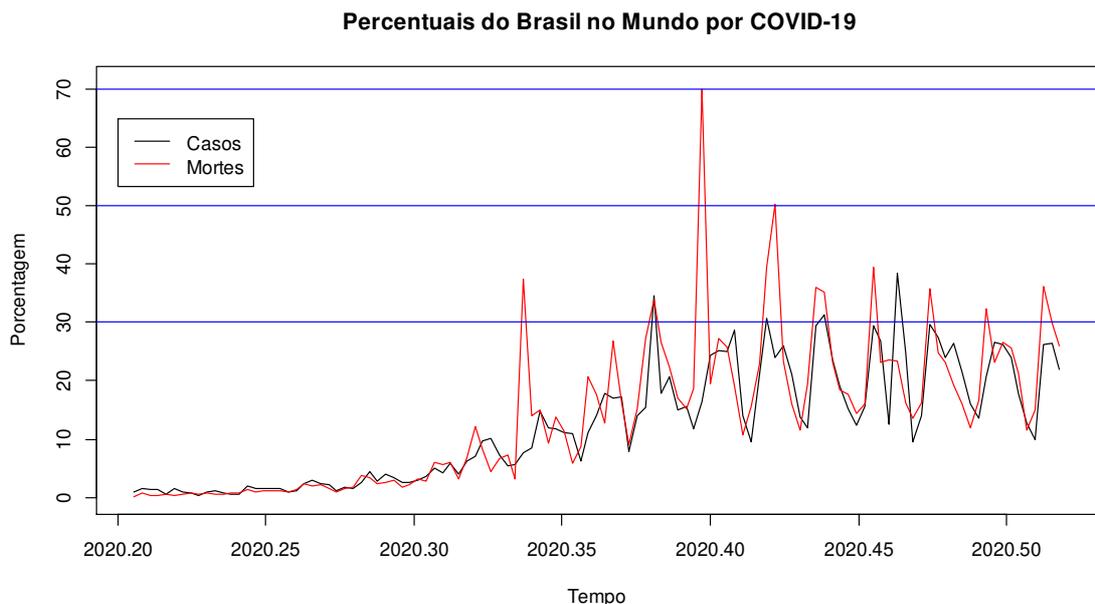


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 03 julho a 09 de julho. 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 aritmético de casos e mortes, cuja duplicação em dias está na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23 para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19. Este fato indicou protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganhou rapidamente posições no ranking tanto de casos quanto de mortes. Em números absolutos

acumulados o país é segundo em número de casos e mortes atrás apenas dos Estados Unidos, para novos casos e novas mortes, atualmente o país apresenta maior número absoluto de mortes no cenário mundial. Ontem 08 de julho o Brasil teve 44 571 casos e 1 223 óbitos de um total de 192 578 casos e 5 164 mortes no mundo, representando 23.1% dos casos e 23.7% das mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos os casos e mortes e que o dia até a curva descer não será ainda nesta semana, entretanto apresenta uma estabilização de momento, e que até a data do dia 09 de julho, foram de 1 755 779 casos confirmados e 69184, aumentando em uma semana mais de 258 921 casos e mais de 7300 mortos, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 9 823 casos a mais e 387 mortes a mais.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 na semana do dia 26 de junho a 02 de julho.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
03/07/2020	1539081	63174	868372	607535
04/07/2020	1577004	64265	876359	636380
05/07/2020	1603055	64867	906286	631902
06/07/2020	1623284	65487	927292	630505
07/07/2020	1668589	66741	976977	624871
08/07/2020	1713160	67964	1020901	624295
09/07/2020	1755779	69184	1054043	632552

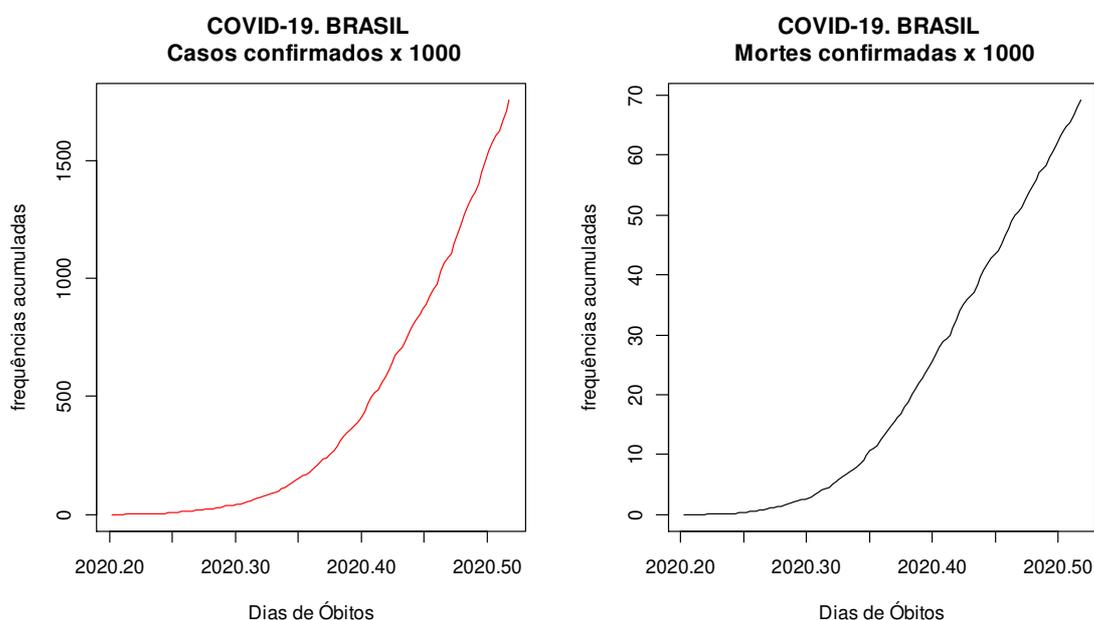


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 8 657 novos casos e 313 novas mortes, e os seguem os

estados de Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Bahia, Maranhão, Amazonas como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil (09/07/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	8657	349715	313	17118
CE	3519	131000	109	6741
RJ	2243	128324	89	11115
PA	2592	120731	41	5196
BA	3582	98319	61	2328
MA	851	95323	38	2357
AM	915	81318	15	2985

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 09 de julho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 42 619 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 220 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

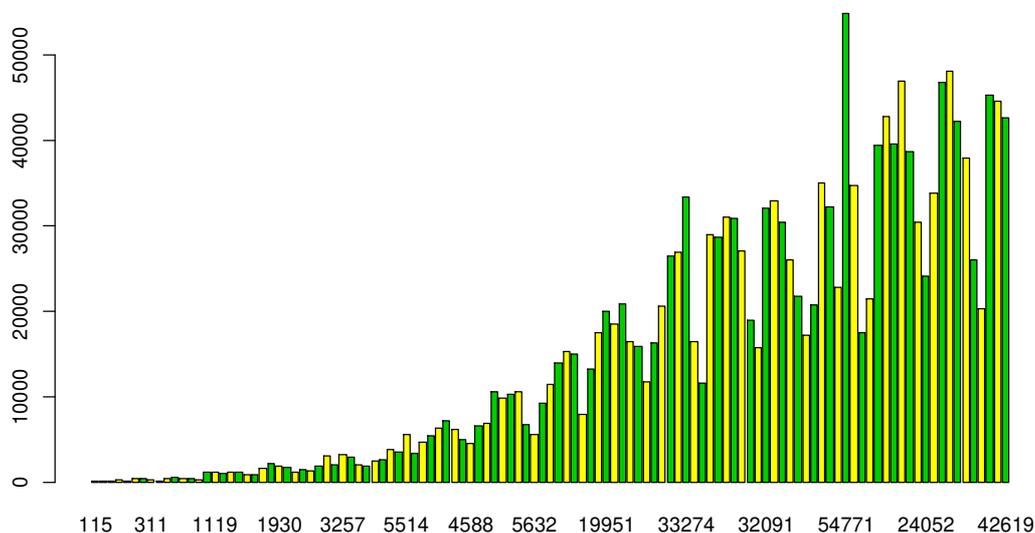


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

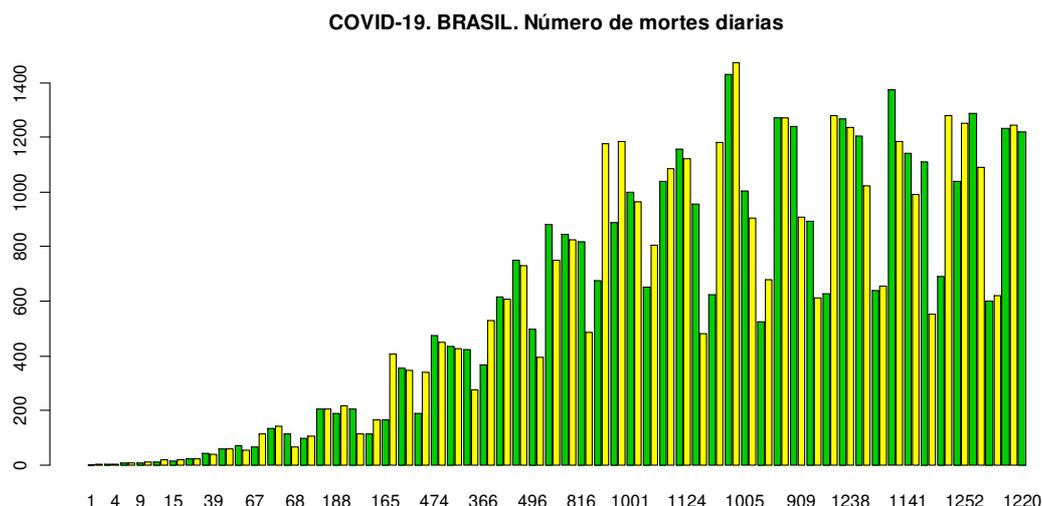


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 têm 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 0.58%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.58% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.37%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 10 de julho com 1 780 497 casos e 70 056 mortes, e para o dia 11 de julho serão 1 813 129 casos e 71 109 mortes, conforme visualizado na Tabela 03. Uma saída é mostrada no Gráfico 06.

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias.

Data projetada	Casos	Mortes	Intervalo de Confiança Casos	Intervalo de Confiança mortes
10/07/2020	1780497	70056	1756378 - 1804617	69386 – 70724
11/07/2020	1813129	71109	1779016 - 1847242	70162 – 72054

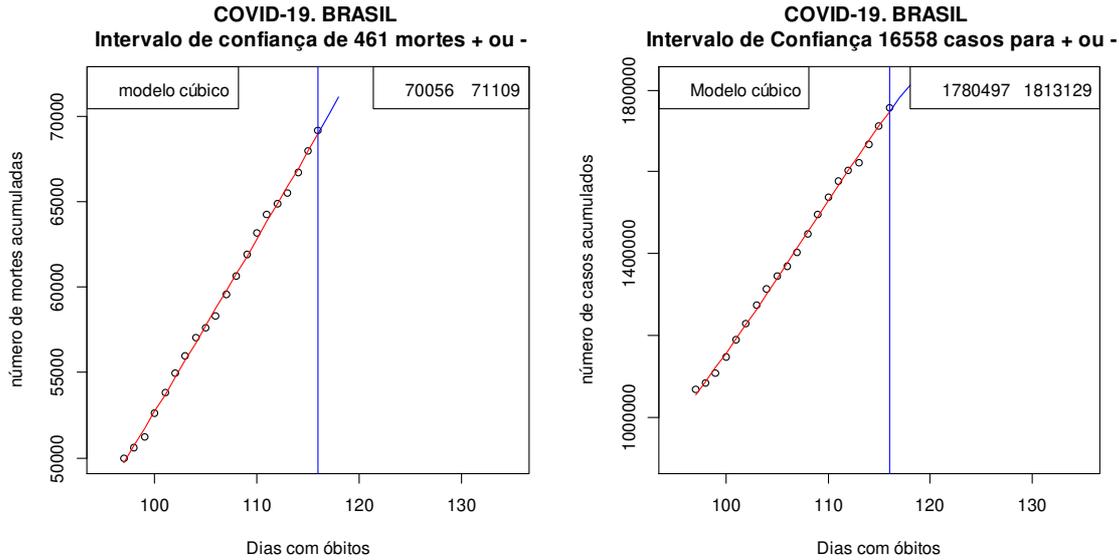


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 10 e 11 de julho.

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 efeitos 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 07 podemos afirmar que tanto casos e mortes apresentam menores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que as última 6 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 4 últimas são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Isto indica uma estabilização tanto nos casos como nas mortes, ou seja o platô está presente no país.

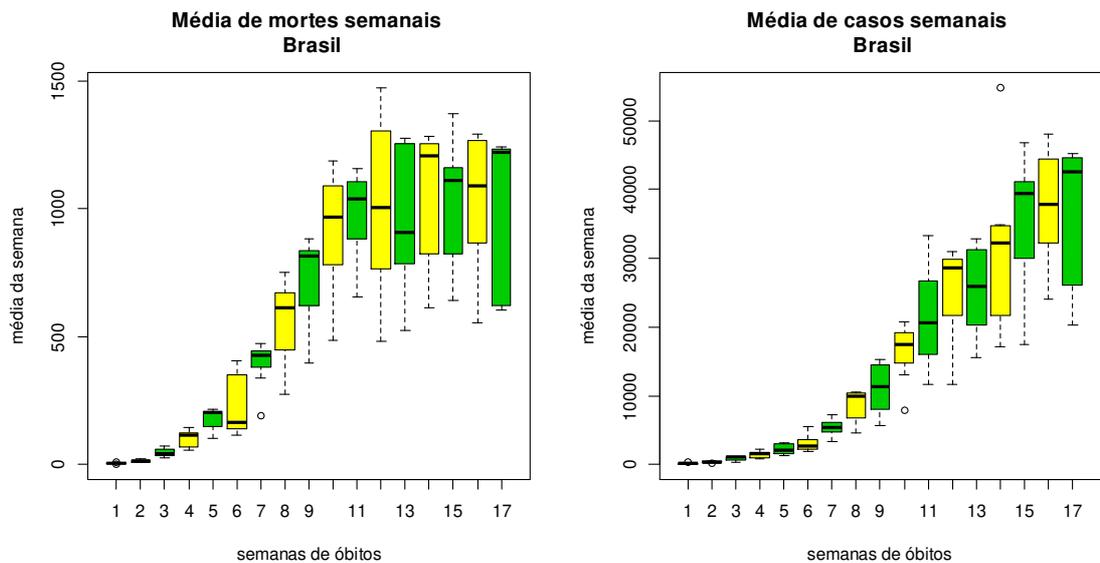


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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. Para esta semana em média manteremos em torno de 37 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 4 600 casos para mais e para menos e 1040 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 110 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 260 000 casos e 7 300 mortes. Semana passada se projetou 301 000 casos e o valor real foi 258 921, para as mortes projetou-se 6 930 e o valor real foi 7 300. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação no final de semana, ver a Tabela 04 e Gráfico 08.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
10/07/2020	35416	1201	48154	1225
11/07/2020	35423	1093	41020	1087
12/07/2020	31656	610	30412	597
13/07/2020	29284	660	27420	653
14/07/2020	39052	1277	45205	1283
15/07/2020	38821	1208	48248	1222
16/07/2020	37975	1240	46385	1253

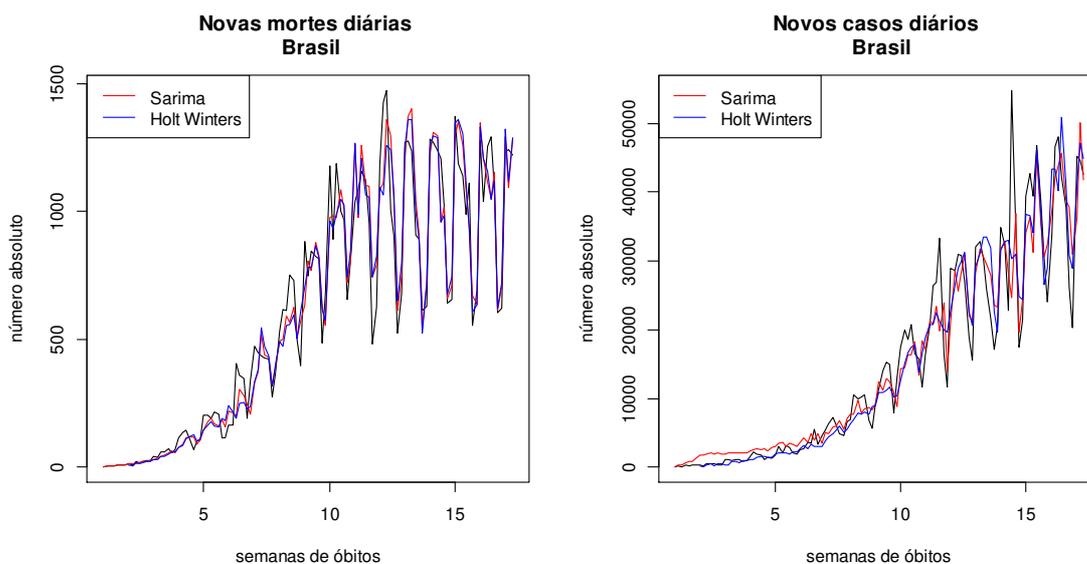


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o Gráfico 09, 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 19 dias, e para as mortes, a cada 23 dias.

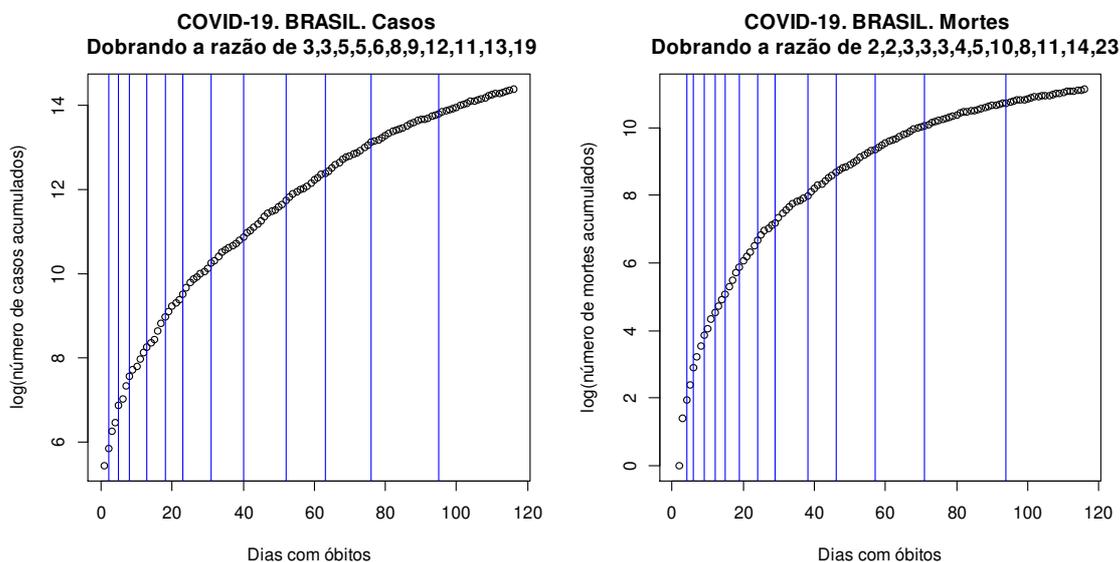


Gráfico 09: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 120 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 110 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. Esta semana no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 1 911 546 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 1 841 271. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 74 095 mortes e num ambiente mas favorável seriam 71 913 mortes.

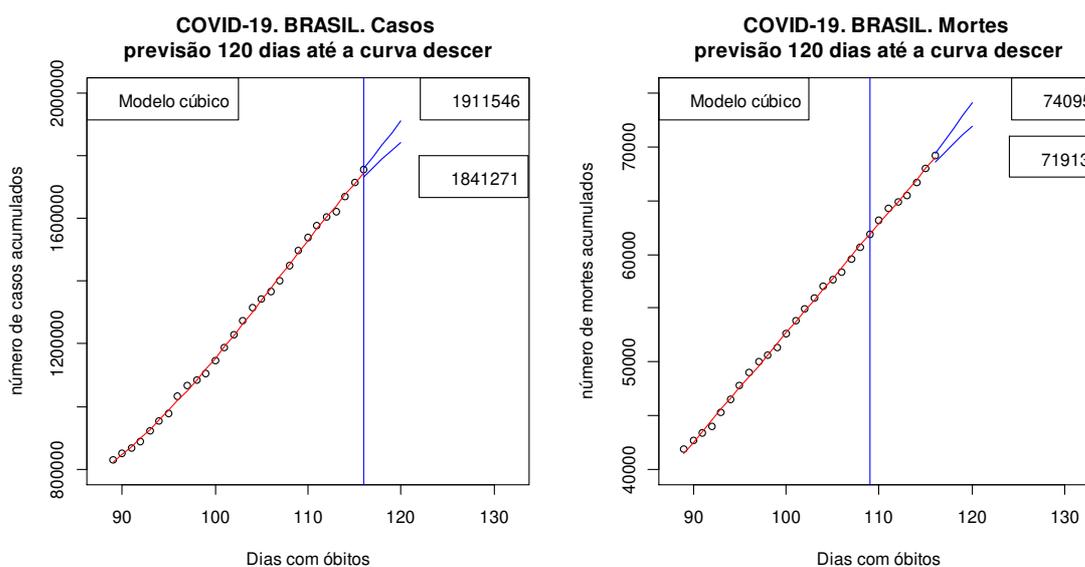


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 110 dias (03 de julho) e 120 dias (13 de julho) após o primeiro óbito até a curva descer usando um modelo cúbico.

	110 dias		120 dias	
Variável	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	1460481	1692609	1841271	1911546
Mortes	58802	66944	71913	74095

Letalidade

Assumindo 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 são os poucos testes realizados no Brasil, que até o dia 09 de julho por cada 1 000 habitantes foram 21 (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com o dia 02 de julho onde era de 15.2 testes), saindo da posição 112 da semana passada para a 103 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 3% e a real, fornecendo o 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 6 918 400 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

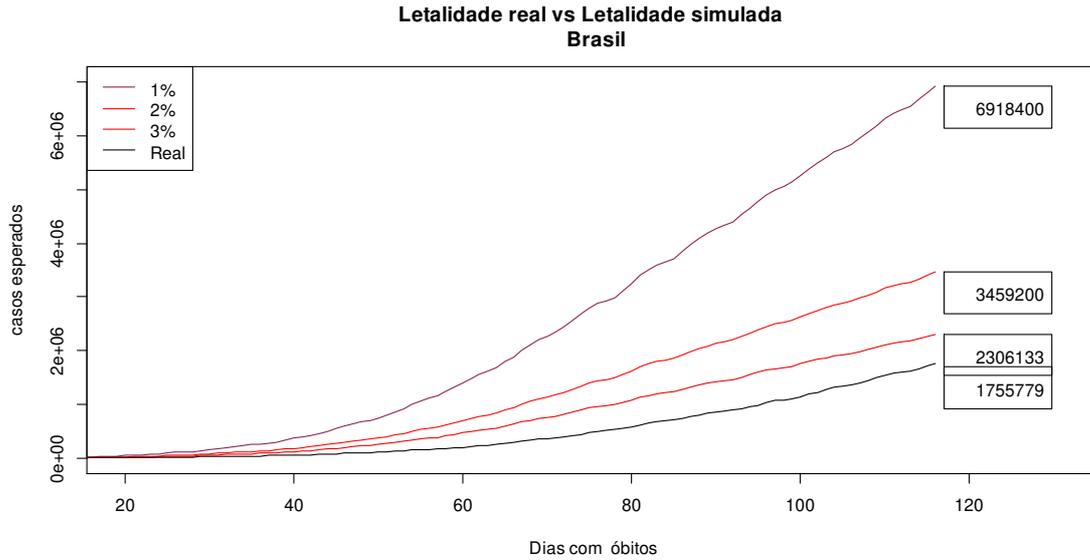


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 12, que a incidência é também crescente, saindo de 14.38 da semana passada para 22.75 nesta semana apresentando aceleração do contágio.

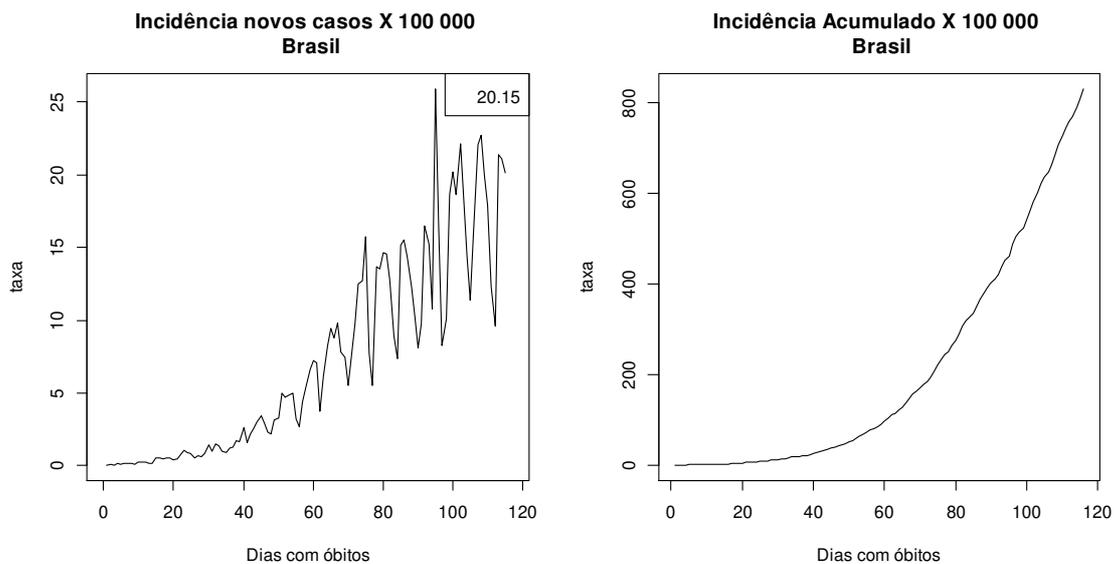


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 09 de julho, 33 416 casos confirmados e 901 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 6 804 casos e 176 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 1 273 casos a mais e 5 mortes a mais, como mostra a Tabela 05. No Gráfico 13 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	03/07/2020	1574	28186	39	764
SE	04/07/2020	1575	29761	19	783
SE	05/07/2020	456	30217	15	798
SE	06/07/2020	501	30718	28	826
SE	07/07/2020	922	31640	25	851
SE	08/07/2020	850	32490	24	875
SE	09/07/2020	926	33416	26	901

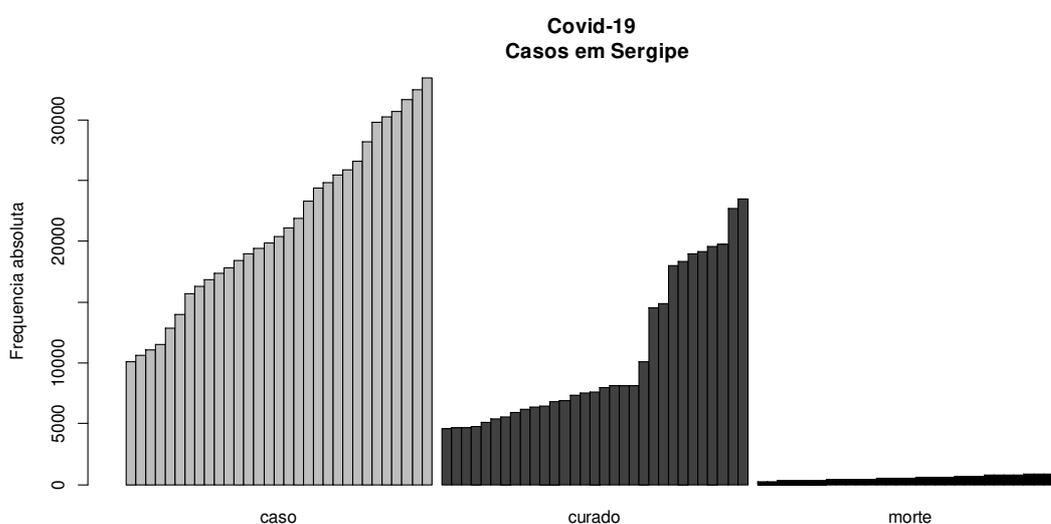


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para visualizar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde o dia 09 de julho atingiu 926 novos casos e 26 novas mortes.

COVID-19. Sergipe. Número de casos diários

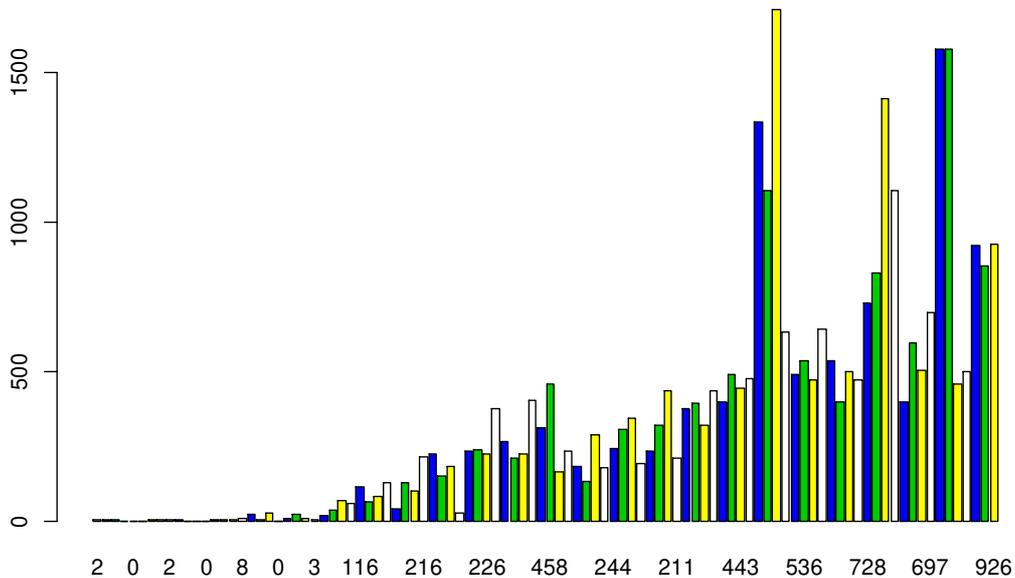


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

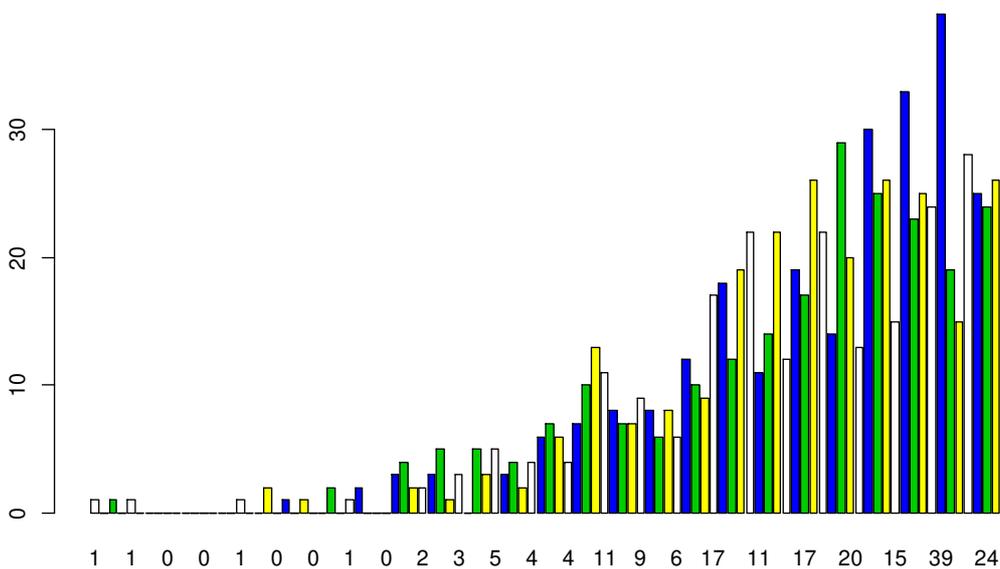


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.70% sendo a semana passada de 2.72%, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 4%, ela esta se aproximando da média nacional pois há quatro semanas vem crescendo dia a dia, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

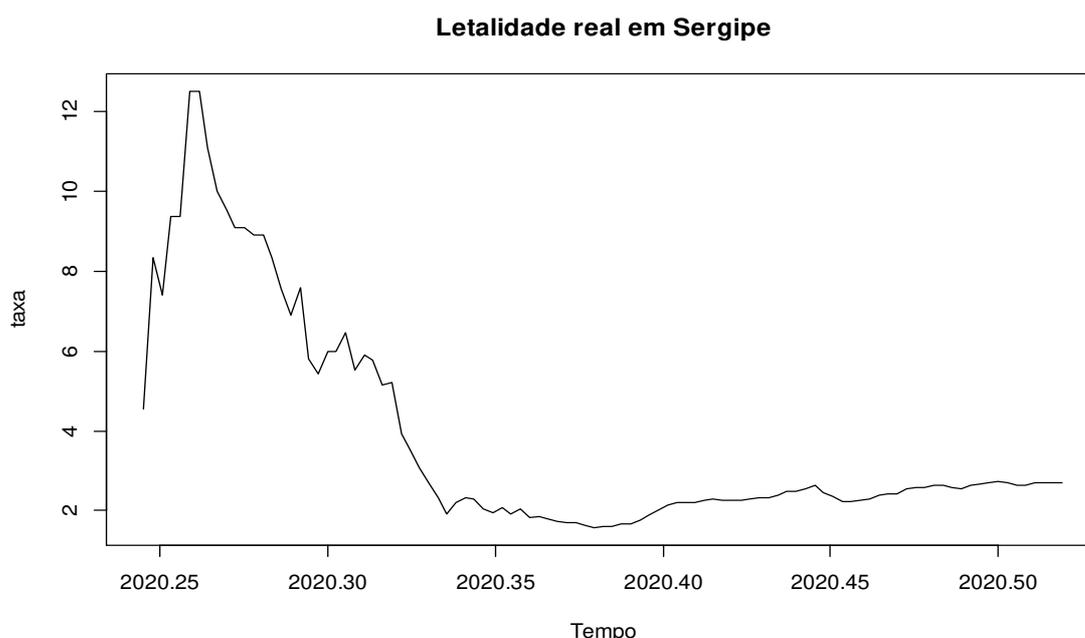


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 2.01% e as mortes com 0.64%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 10 de julho, 35024 casos e 927 mortes, e para o dia 11 de julho, serão 36 248 casos e 952 mortes projetadas, conforme visualizado na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 17.

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
10/07/2020	35024	34174 - 35875	927	919 - 934
11/07/2020	36248	35177 - 37320	952	942 - 961

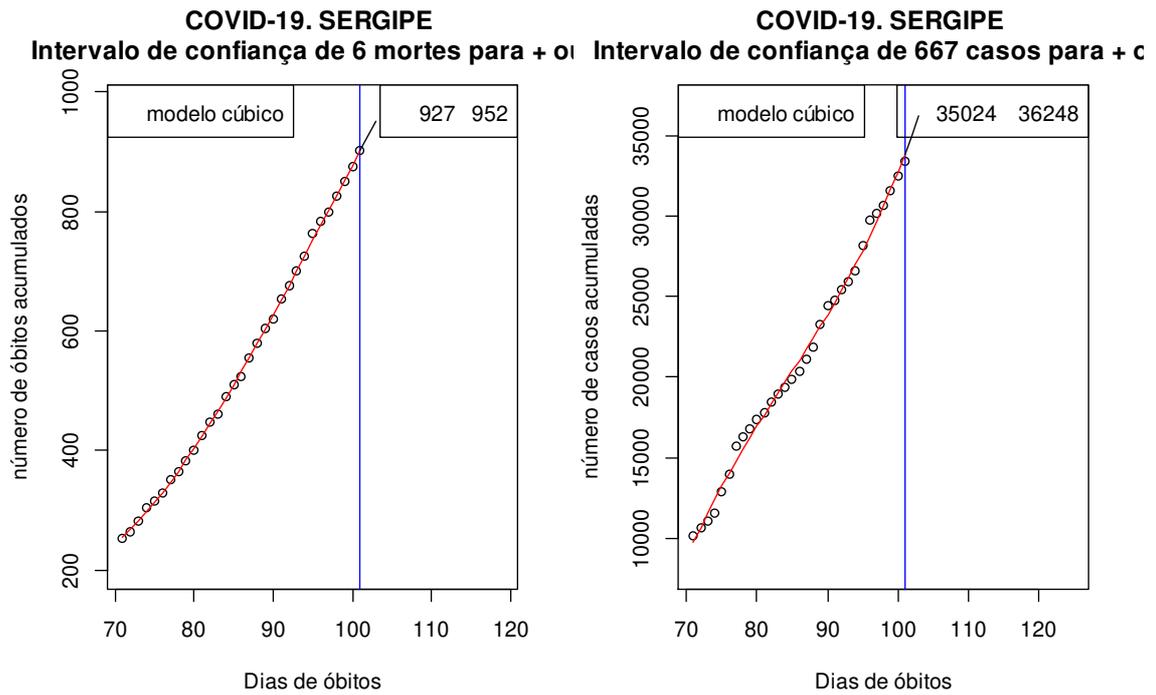


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando uma estabilização tanto em casos e mortes, um teste de comparações múltiplas entre médias semanais permite afirmar que estatisticamente há igualdade nas últimas quatro semanas tanto para casos e mortes, uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

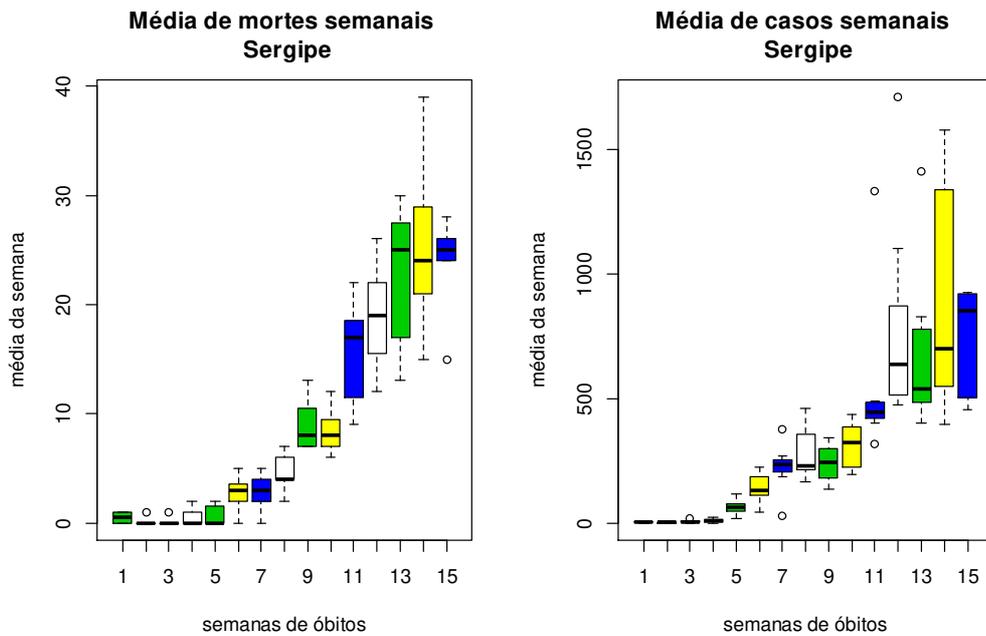


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 900 casos e 26 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 6 500 casos e 180 mortes. Semana passada projetamos 5100 casos e 180 mortes, sendo os valores reais de 6804 casos e 229 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizada no Gráfico 17.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
10/07/2020	1247	36	1198	34
11/07/2020	1378	20	1307	24
12/07/2020	646	15	808	19
13/07/2020	514	28	828	32
14/07/2020	762	24	982	26
15/07/2020	691	24	913	26
16/07/2020	810	26	1032	29

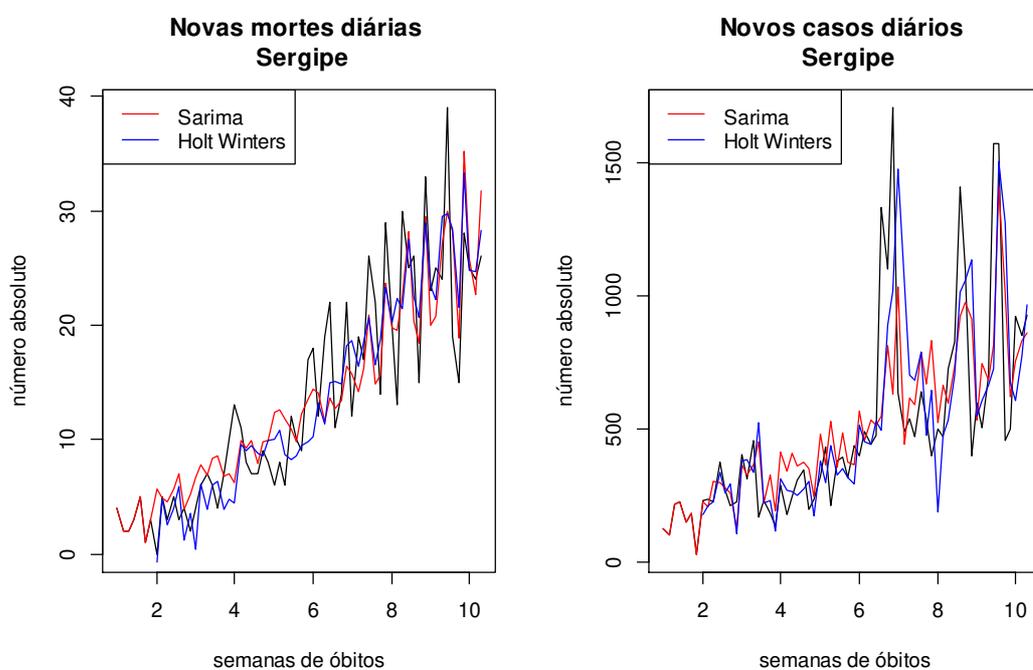


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. No âmbito mundial o Brasil está na segunda posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 112 semana passada e esta semana está na posição 103 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.9%, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 4.1%, indicando um fornecimento maior de testes a sua população.
4. A presença por enquanto estável de casos novos e mortes novas indicam a presença de um platô ou meseta gerada, e semana que vem atingirá mais de 260 000 casos e 7 300 mortos.
5. A projeção para 120 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam uma desaceleração no seu crescimento potencial, contudo, o Brasil já é um dos países que mais demorará em descer na curva de crescimento.
6. No âmbito regional, Sergipe novamente retomou seu crescimento potencial em casos e mortes, onde semana passada tinha uma média 972 casos e 25 mortes, esta semana serão em média 900 casos e 26 mortes.
7. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.

Bibliografia

1. Universidade de medicina, Jhons Hopkins. <https://jhu.edu/map.html> Worldometers dados on line. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
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^a 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.

