



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

Nota técnica nº 09 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	10
Sergipe	11
Letalidade para Sergipe	13
Modelagem para Sergipe	14
Conclusões	16
Bibliografia	16

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 02 de julho de 2020

Introdução

Esta 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. 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 22.75 maior que a da semana passada que atingiu 18.67 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 de 15.2 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 107.2 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 para os casos; o Brasil ultrapassou em 4 oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 10 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).

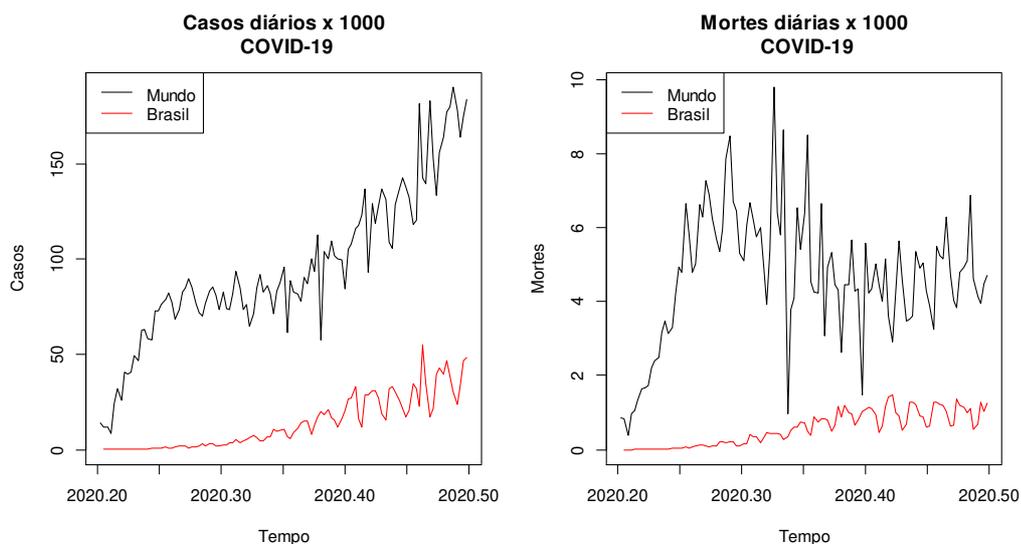


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

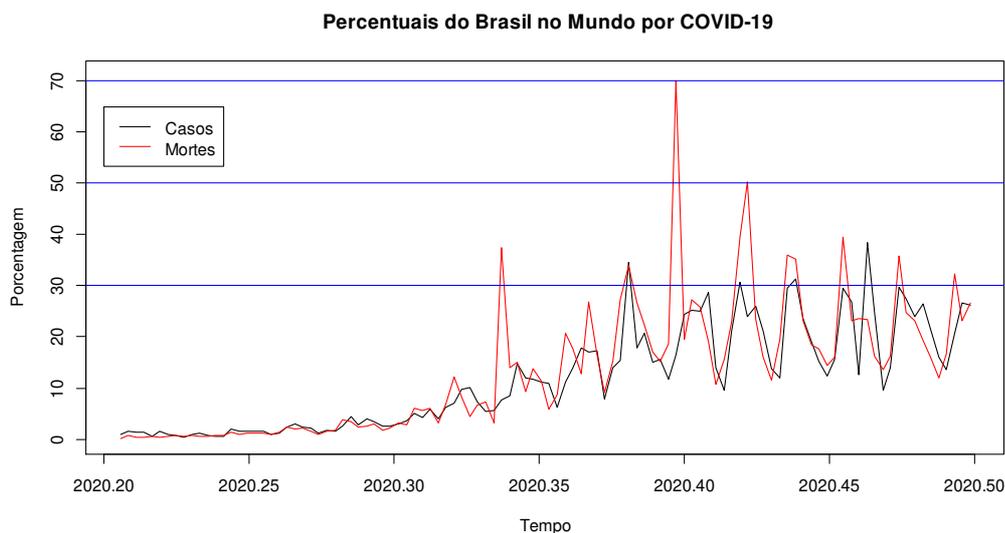


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 26 de junho a 02 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 aritmética de casos e mortes, cuja duplicação em dias esta 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 e mortes. Em números absolutos acumulados o Brasil 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 01 de julho o Brasil teve 46 712 casos e 1 038 óbitos de um total de 175 109 casos e 4 501 mortes no mundo, representando

26.7 % dos casos e 23.1 % 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 02 de julho, foram de 1 496 858 casos confirmados e 61884, aumentando em uma semana mais de 268744 casos e mais de 6913 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 18 772 casos a mais e 310 mortes a menos.

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
26/06/2020	1274974	55961	697526	521487
27/06/2020	1313667	57070	715905	540692
28/06/2020	1344143	57622	733848	552673
29/06/2020	1368195	58314	757462	552419
30/06/2020	1402041	59594	790040	552407
01/07/2020	1448753	60632	826866	561255
02/07/2020	1496858	61884	852816	582158

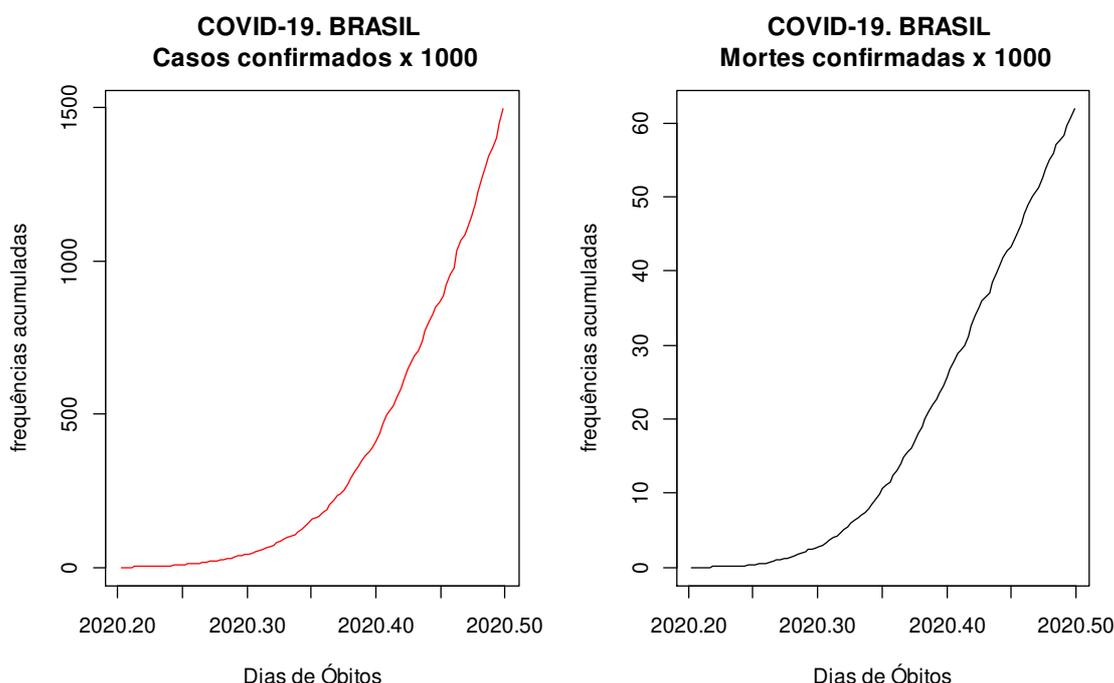


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 8 555 novos casos e 267 novas mortes, e os seguem os estados de Rio de Janeiro, Ceara, Pará, Maranhão, Bahia, Amazonas como se mostra na Tabela 02 a seguir:

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

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	8555	289935	267	15030
RJ	2667	115278	118	10198
CE	4318	113017	34	6180
PA	2647	105853	40	4960
MA	2805	83256	33	2081
BA	3178	76485	49	1902
AM	1461	72284	20	2843

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 02 de julho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 48 105 casos neste dia, sendo um dos maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1 258 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

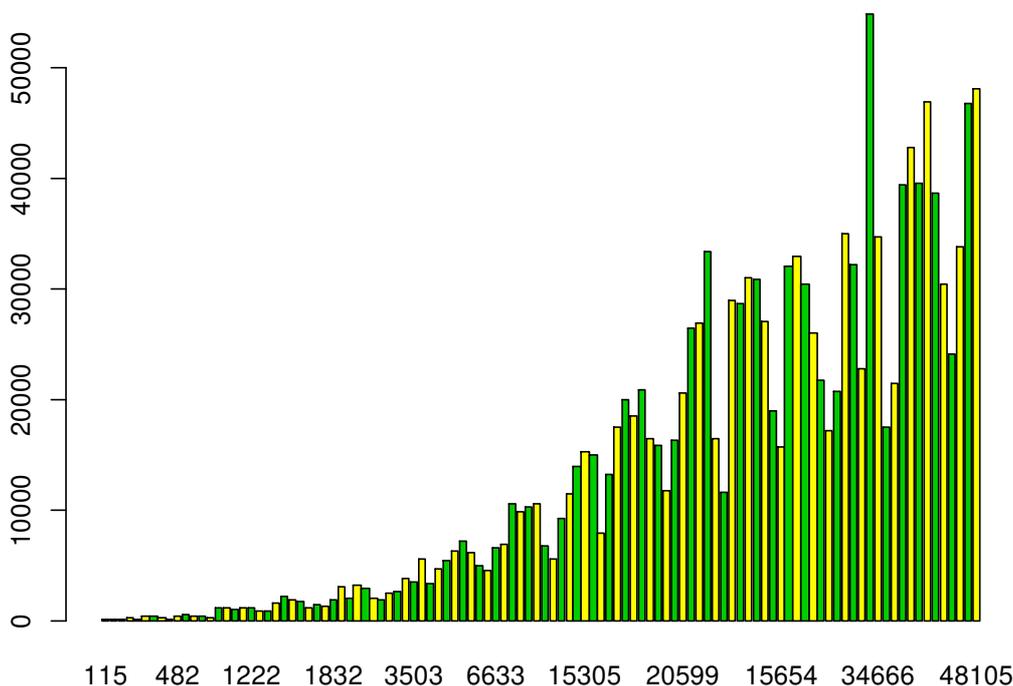


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

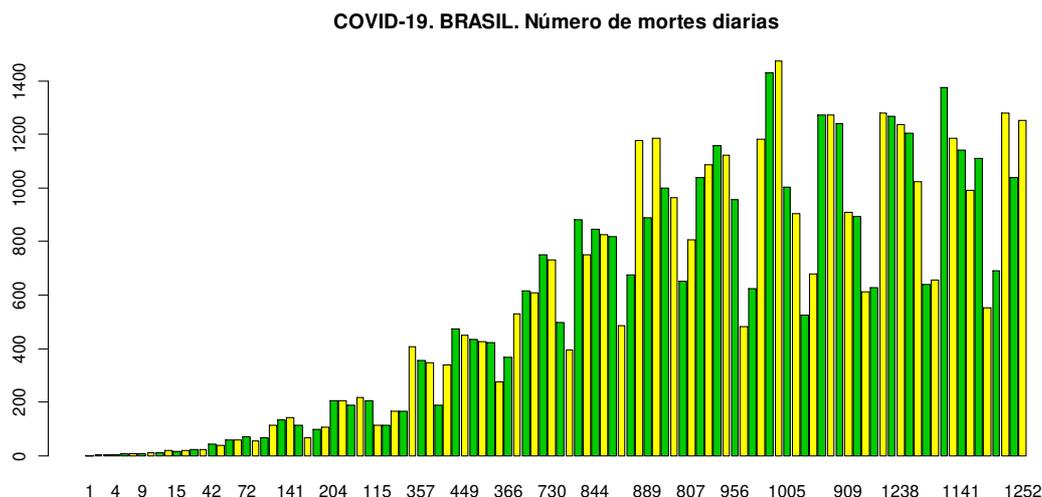


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.63%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.63% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.43%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 03 de julho com 1 525 087 casos e 62 559 mortes, e para o dia 04 de julho serão 1 561 348 casos e 63 483 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
03/07/2020	1525087	62559	1502596 - 1547577	61886 - 63232
04/07/2020	1561348	63483	1529539 - 1593157	62531 - 64434

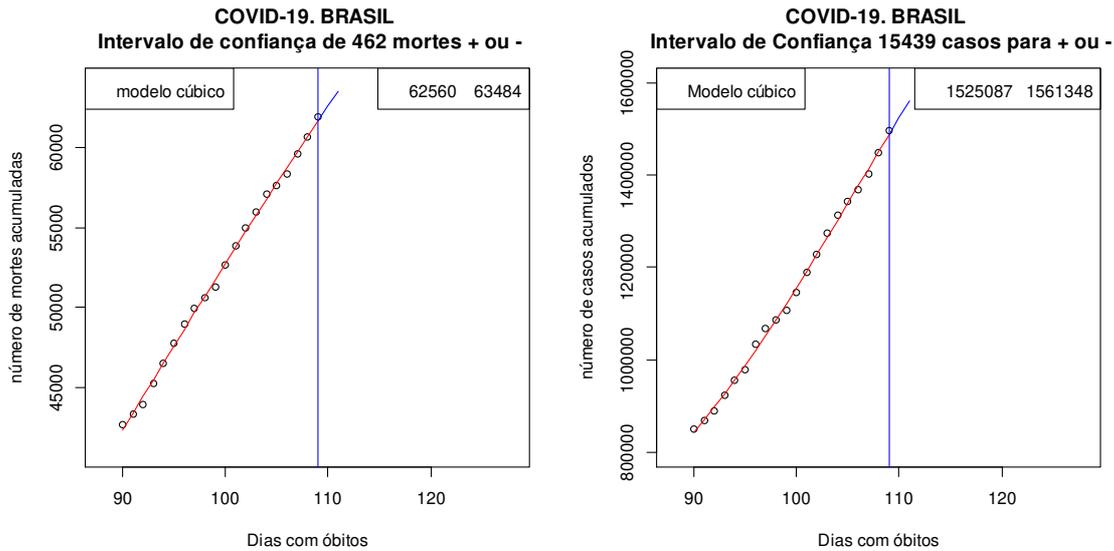


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 03 e 04 de julho.

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 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 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 últimas 5 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 3 últimas são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Isto indica uma estabilização tanto nos casos como nas mortes.

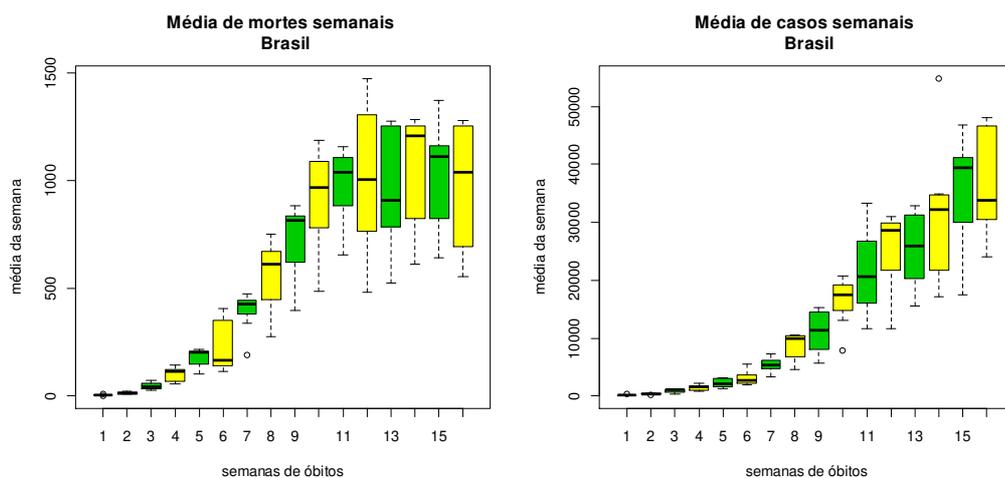


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 42 800 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 4 500 casos para mais e para menos e 990 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 150 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vêm podemos atingir aproximadamente 301 000 casos e 6 930 mortes. Semana passada se projetou 260 000 casos e o valor real foi 268 744, para as mortes projetou-se 6 900 e o valor real foi 6913. 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
03/07/2020	50239	1046	51100	1041
04/07/2020	42864	1059	41959	1058
05/07/2020	37653	569	32148	559
06/07/2020	35192	669	30703	660
07/07/2020	40409	1291	43969	1279
08/07/2020	46485	1093	50063	1096
09/07/2020	48211	1218	48440	1235

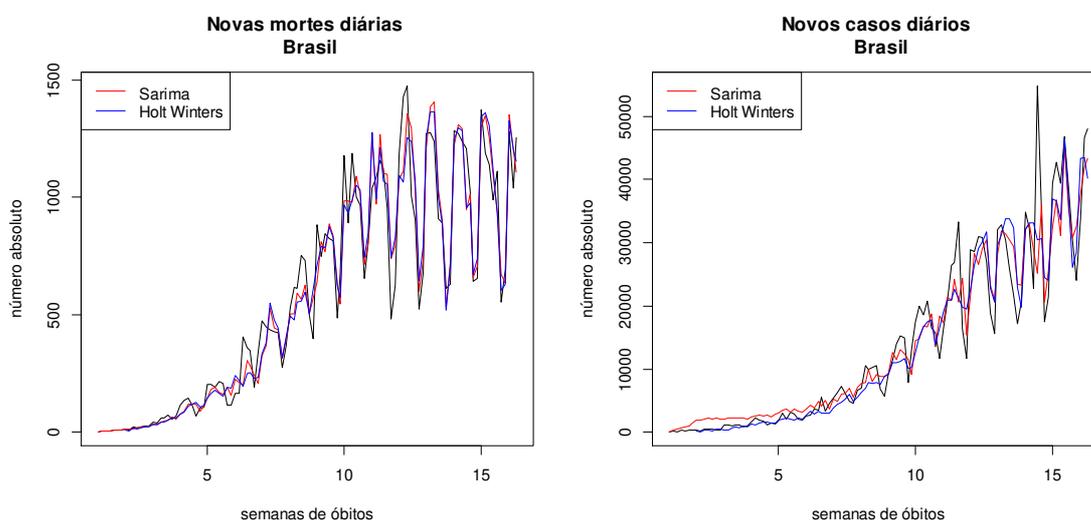


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

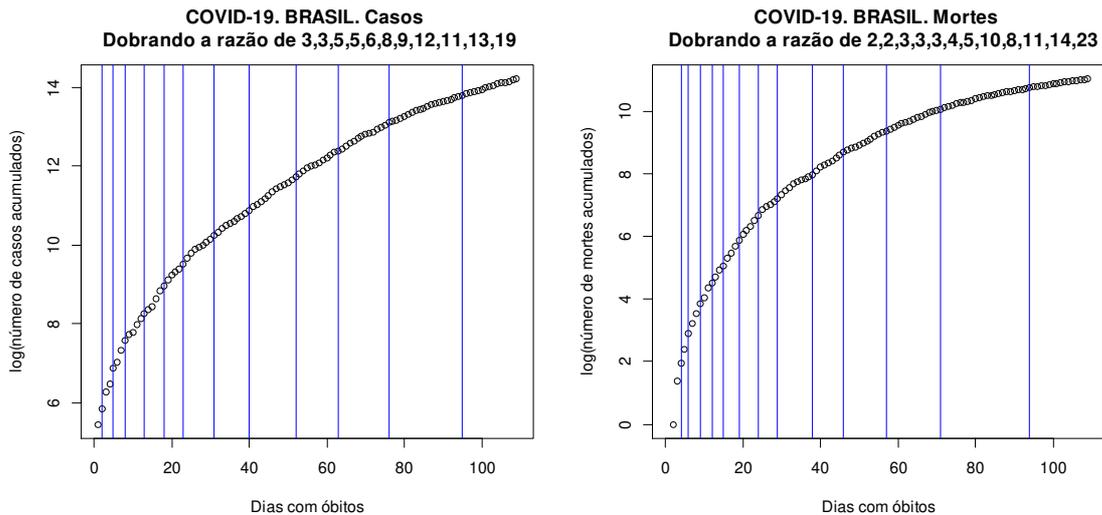


Gráfico 09: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 110 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 100 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 2 029 854 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 1 612 336. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 75 773 mortes e num ambiente mas favorável seriam 62 875 mortes.

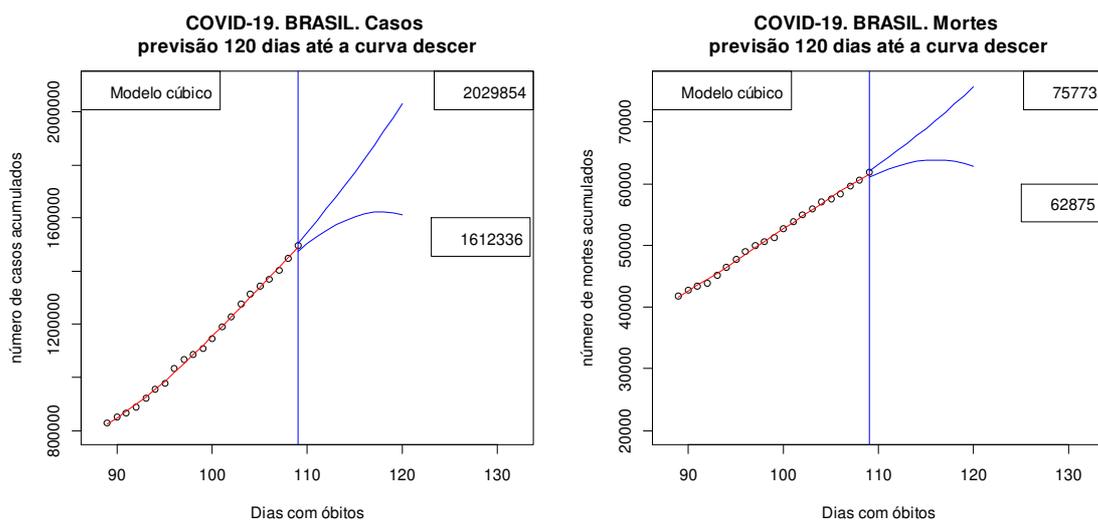


Gráfico 10. Projeção de potencia a partir dos últimos 20 dias.

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.

Variável	110 dias		120 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	1460481	1692609	1612336	2029854
Mortes	58802	66944	62875	75773

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 02 de julho por cada 1 000 habitantes foram 15.2 (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com o dia 25 de junho onde era de 14.7 testes), saindo da posição 114 da semana passada para a 112 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 3% 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 6 188 400 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

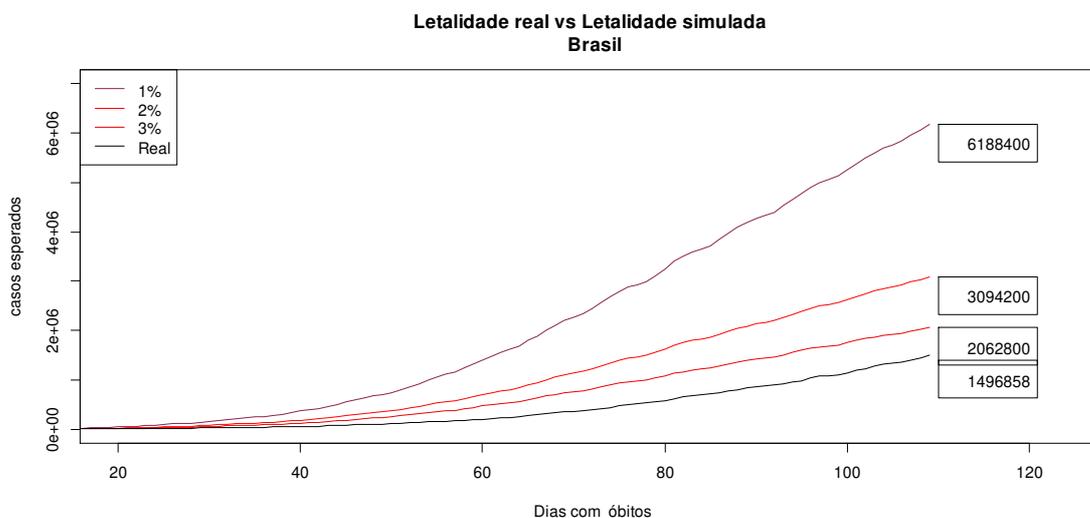


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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.

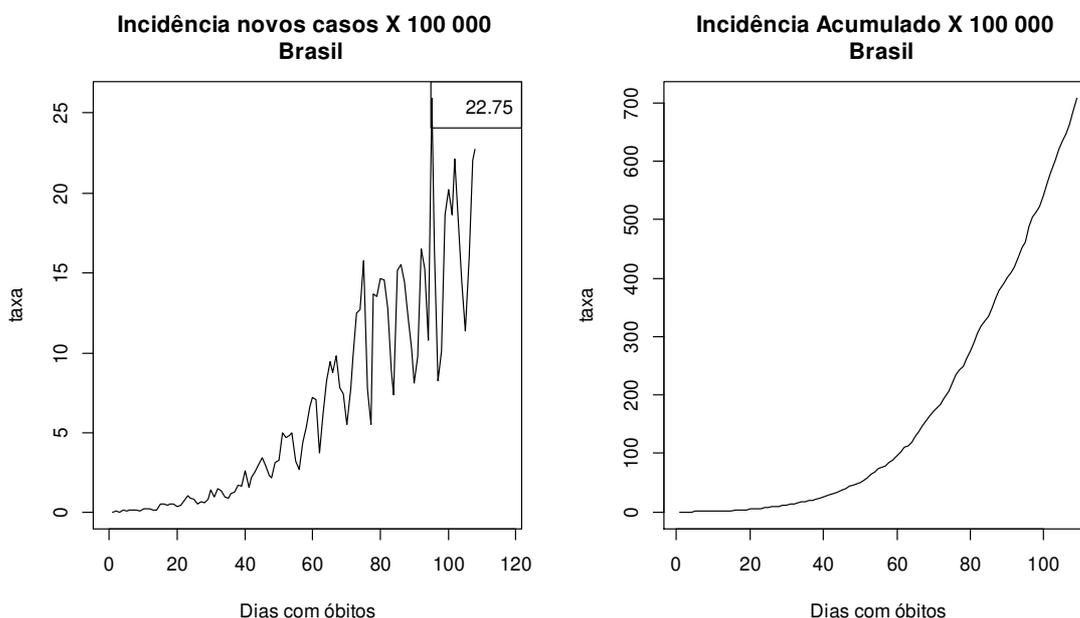


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 02 de julho, 26 612 casos confirmados e 725 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 5531 casos e 171 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 1787 caso e 17 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	26/06/2020	819	21908	25	579
SE	27/06/2020	1411	23319	26	605
SE	28/06/2020	1102	24421	15	620
SE	29/06/2020	396	24817	33	653
SE	30/06/2020	594	25411	23	676
SE	01/07/2020	504	25915	25	701
SE	02/07/2020	697	26612	24	725

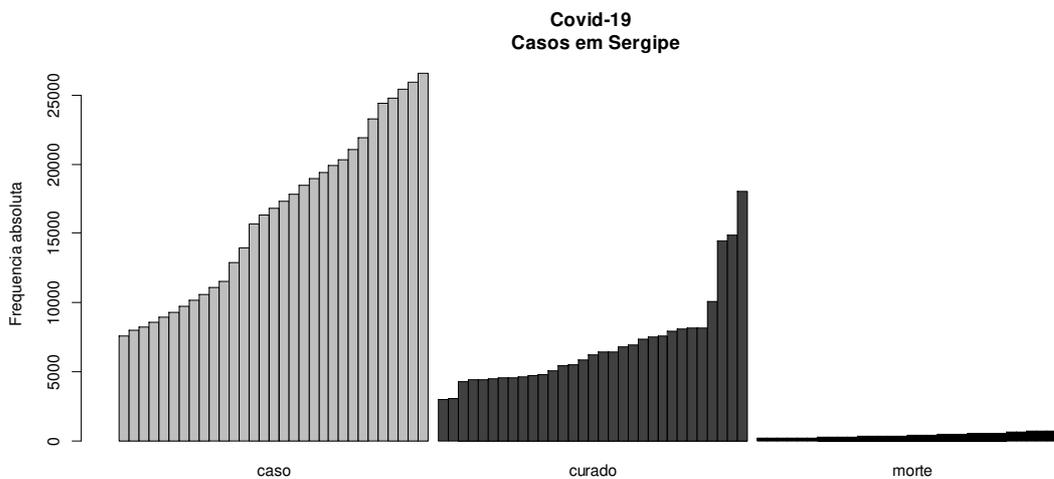


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para visualizar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde o dia 02 de julho atingiu 697 novos casos e 24 novas mortes.

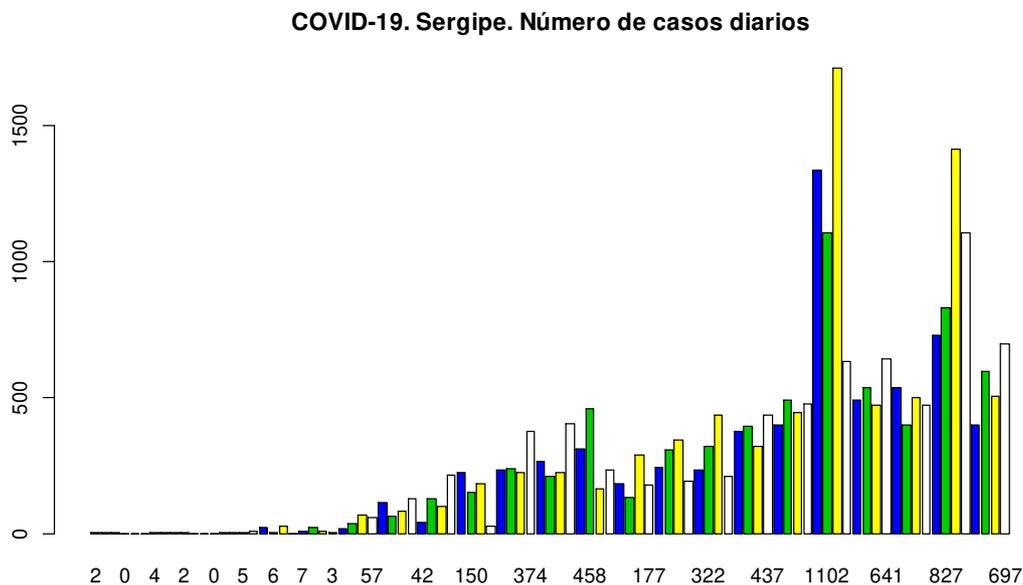


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

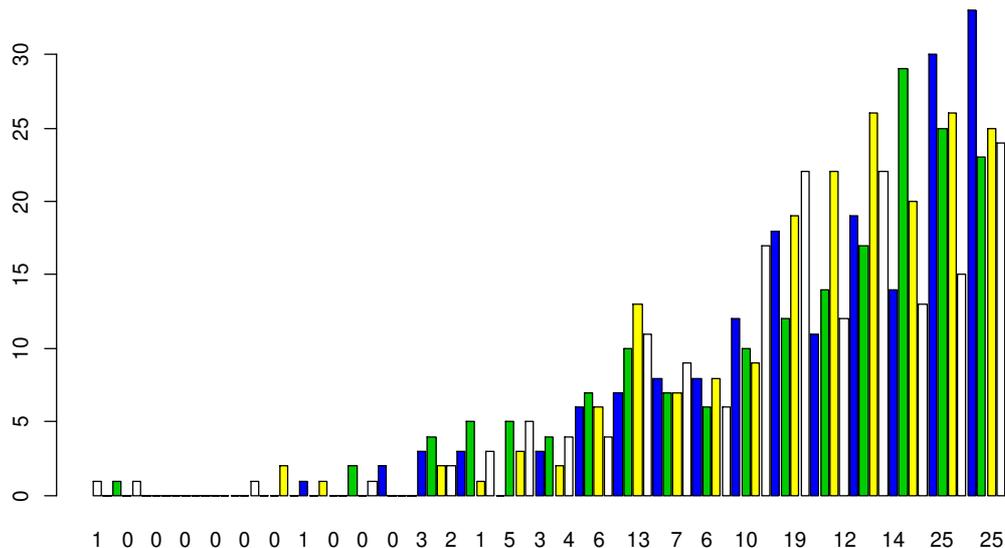


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.72% sendo a semana passada de 2.63%, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 4.2%, ela esta-se aproximando da média nacional pois há três semanas vem crescendo dia a dia, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

Letalidade real em Sergipe

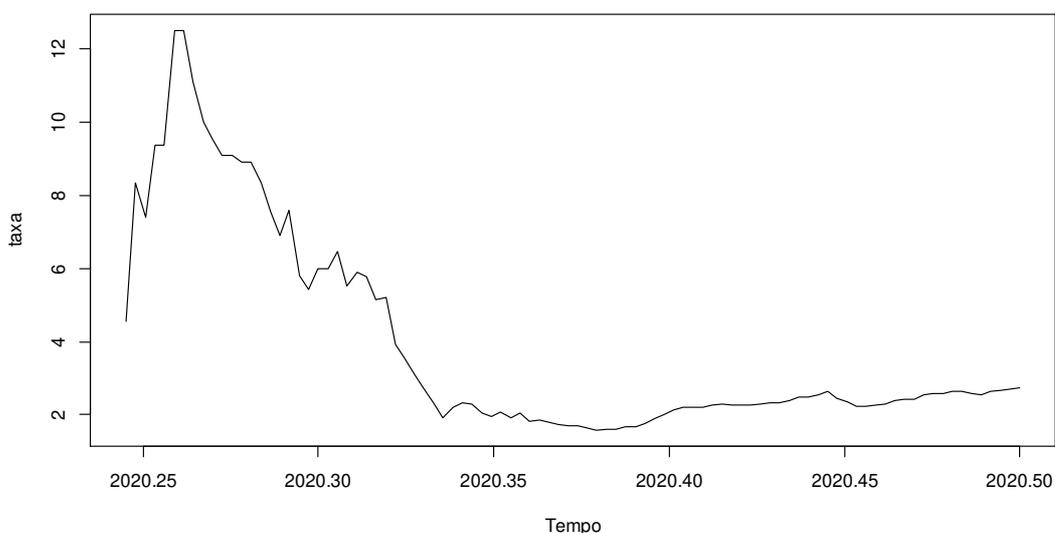


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 1,48% e as mortes com 3,01%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções atingirão ao 03 de julho, 26 016 casos e 751 mortes, e para o dia 04 de julho, serão 27 456 casos e 777 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
03/07/2020	26954	26016 – 27893	751	745 – 757
04/07/2020	27456	26274 – 28639	777	769 – 785

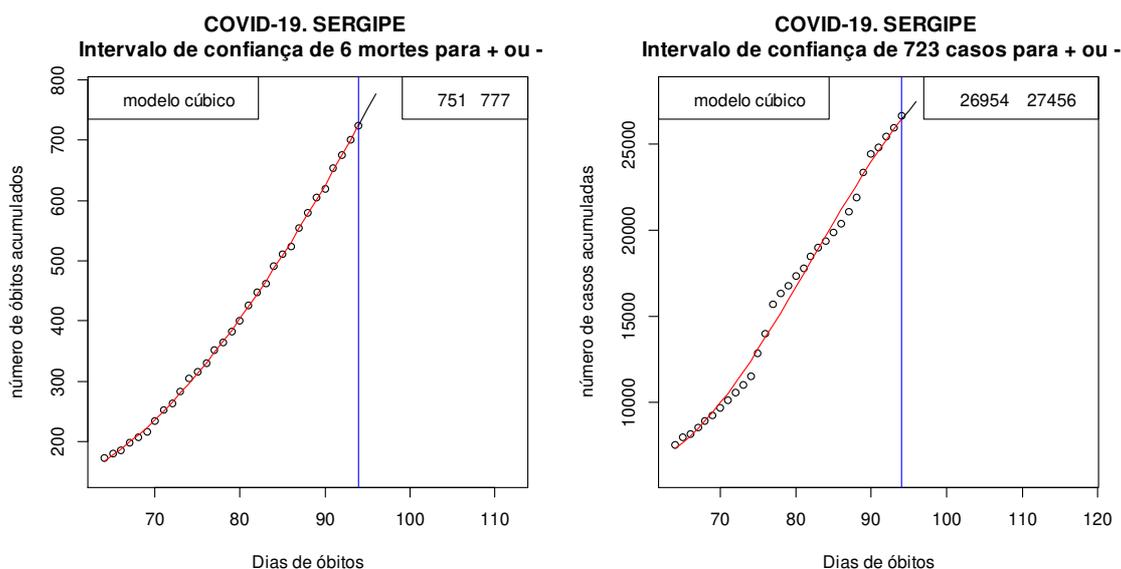


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 três semanas, uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

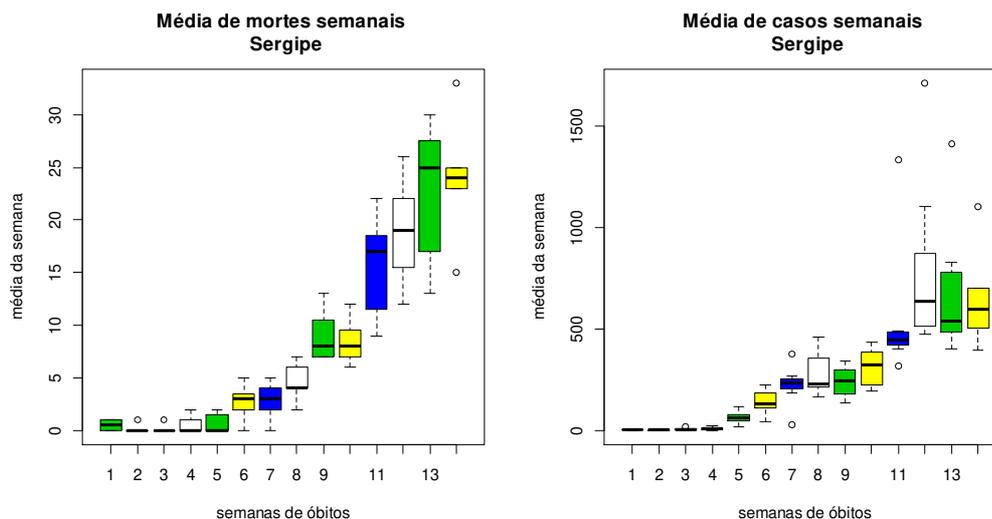


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 720 casos e 26 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 5100 casos e 180 mortes. Semana passada projetamos 4700 casos e 160 mortes, sendo os valores reais de 5531 casos e 171 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizado 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
03/07/2020	688	25	725	31
04/07/2020	784	25	1014	28
05/07/2020	682	14	750	23
06/07/2020	681	32	618	35
07/07/2020	681	22	642	28
08/07/2020	680	23	645	28
09/07/2020	779	25	790	31

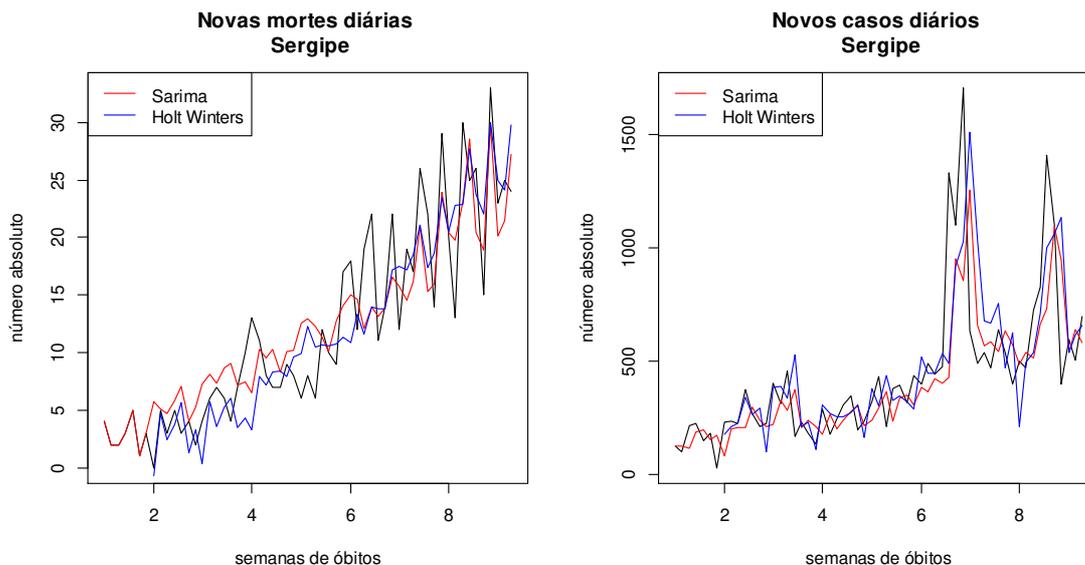


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

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 114 semana passada e esta semana está na posição 112 um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 4.2%, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 4.5%, indicando um fornecimento maior de testes a sua população.
4. A presença por enquanto estável de casos novos e mortes novas indicam que estas estatísticas serão mantidas, onde semana que vêm atingirá mais de 310 000 casos e 6 930 mortos.
5. A projeção para 120 dias até a curva descer, ou talvez se manter, indicam uma desaceleração no seu crescimento potencial contudi 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 670 casos e 22 mortes, esta semana serão em média 720 casos e 26 mortes.
7. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, se aproximando 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.