



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

Nota técnica n^o 13 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	13
Modelagem para Sergipe	14
Conclusões	17
Bibliografia	18
Anexos	19

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 30 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 27.35 menor que a da semana passada que atingiu 28.35 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 59 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 169 testes por 1000 habitantes. Para avaliar 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 seis oportunidades 30 % dos novos casos no Mundo, já para as mortes; em 13 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), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com os Estados Unidos como centro da pandemia mundial.

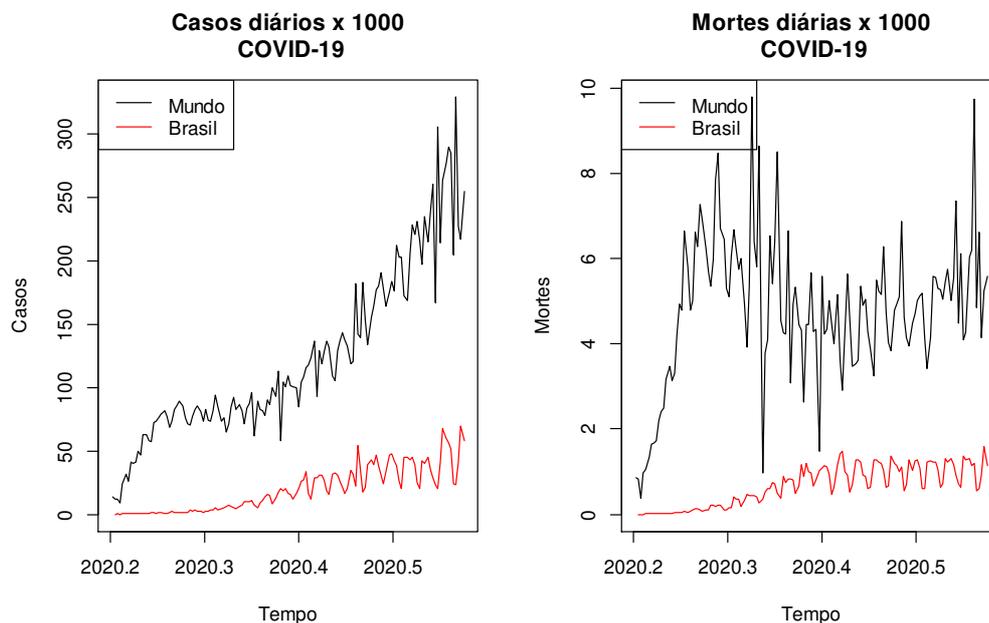


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

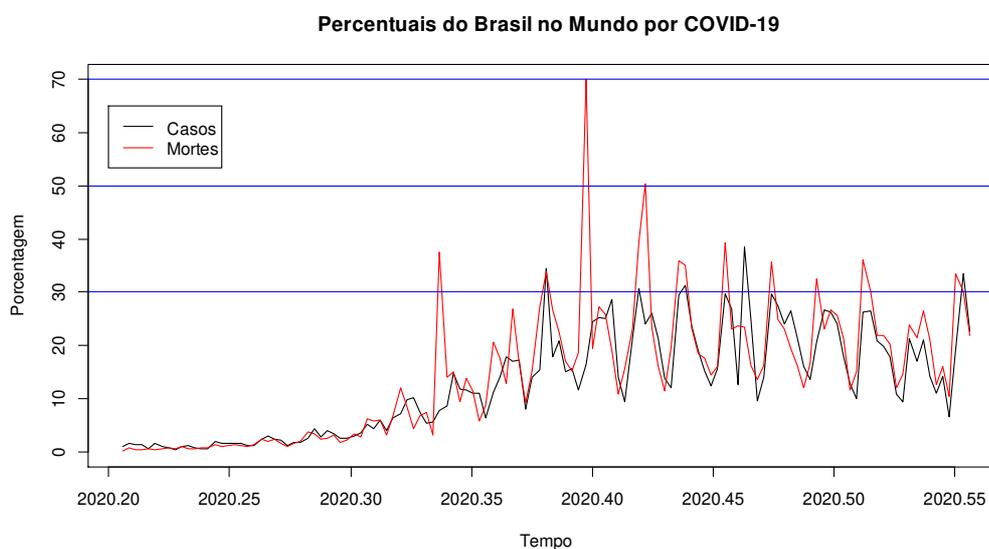


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 24 a 30 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: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27. Este fato indica 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. Ontem 29 de julho o Brasil teve 69 074 casos e 1 595 óbitos de um total de 216 369 casos e 5288 mortes no mundo, representando 31.9 % dos casos e 30.1 % das mortes, sendo também o maior número de casos novos e mortes novas registradas num único dia no país. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas e que o dia até a curva de novos casos e novas mortes descer não será ainda nesta semana, entretanto apresenta um platô á semanas mostrando uma estabilização na parte mais alta das frequências de casos e mortes, e que até a data do dia 30 de julho, foram de 2 610 102 casos confirmados e 91 263 mortes, aumentando em uma semana mais de 322 627 casos e mais de 7181 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 47 303 casos e uma diminuição de 213 mortes.

Tabela 1: Casos e mortes acumuladas por COVID-19 nesta semana.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
24/07/2020	2343366	85238	1592281	665847
25/07/2020	2394513	86449	1617480	690584
26/07/2020	2419091	87004	1634274	697813
27/07/2020	2442375	87618	1667667	687090
28/07/2020	2483191	88539	1721560	673092
29/07/2020	2552265	90134	1787419	675712
30/07/2020	2610102	91263	1824095	694744

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

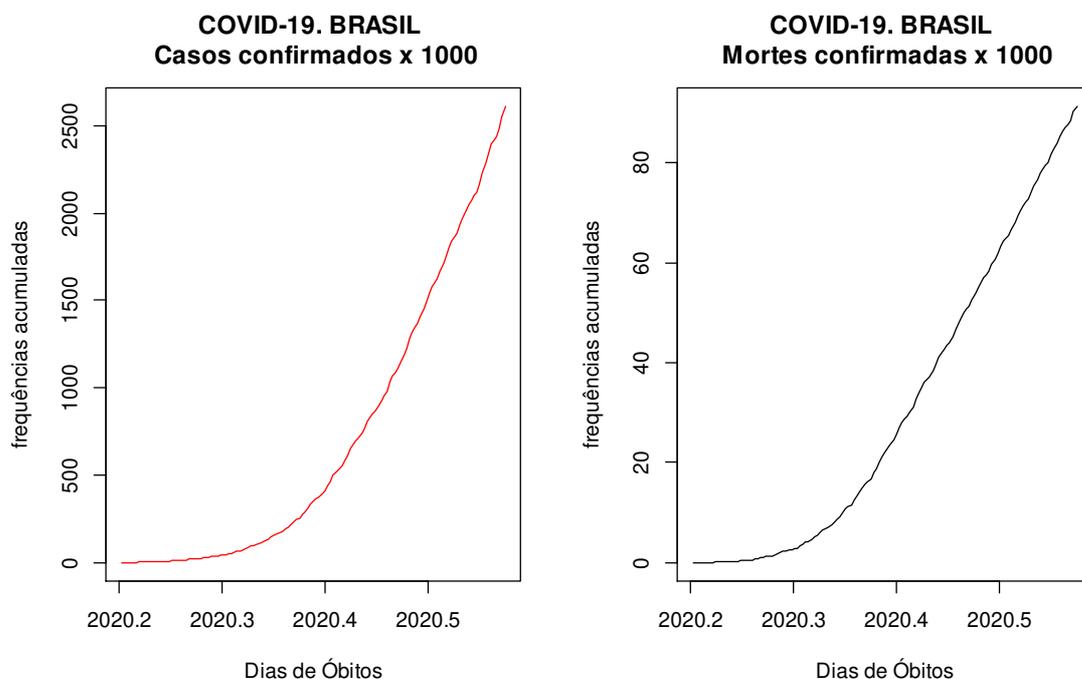


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 26 543 novos casos e 713 novas mortes, e os seguem os estados de Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Bahia, Maranhão, Minas Gerais como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos primeiros sete estados do Brasil nesta quinta feira.

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	26543	514197	713	22389
CE	3522	169072	30	7643
RJ	2008	161647	165	132198
BA	4021	157334	51	3321
PA	1664	151849	0	5694
MG	2749	119394	57	2608
MA	1706	117694	19	2978

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 30 de julho de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 57 837 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 129 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

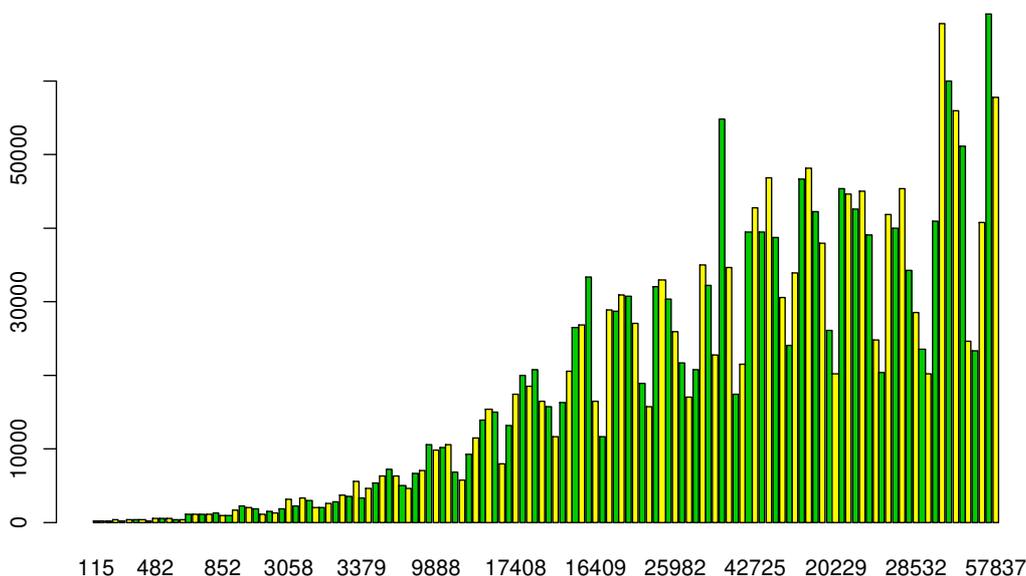


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

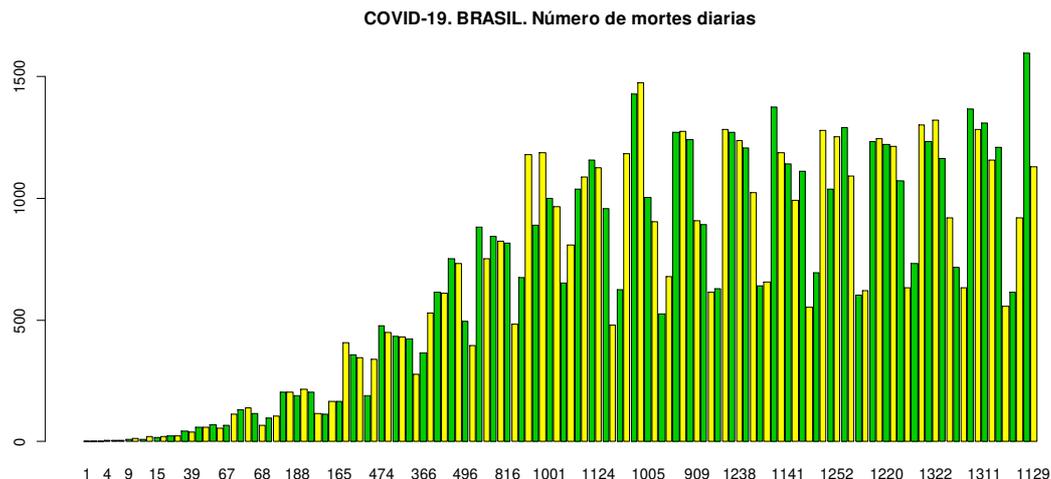


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.57%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.57% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.32%. As projeções de casos e mortes para dois dias à frente pode ser 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
31/07/2020	2649363	91982	2610102 2690313	91199 – 92764
01/08/2020	2697708	92929	2639791 2755624	91823 – 94035

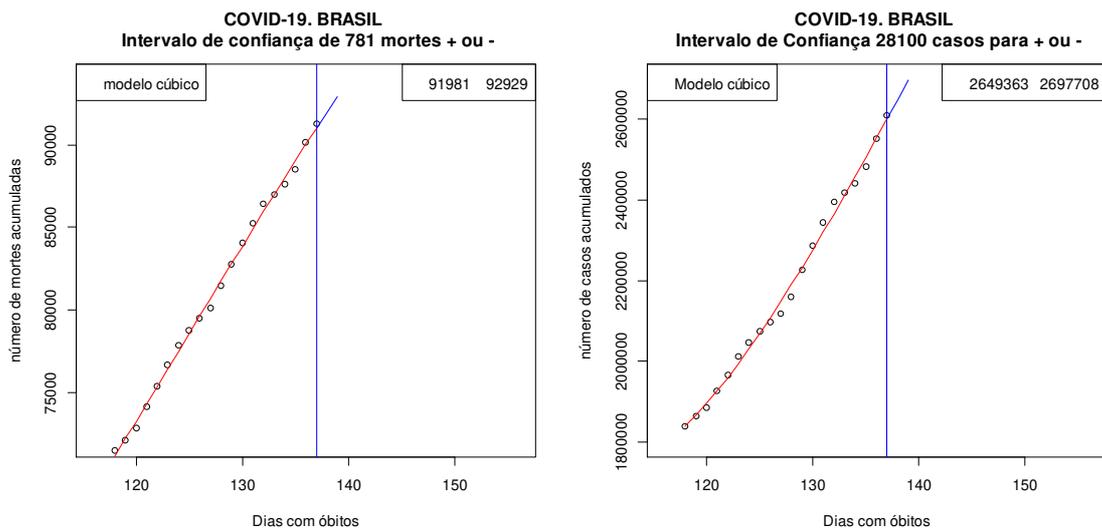


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 semanal presente nas séries sugere 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 10 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 6 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 há mais de um mês e meio para os casos confirmados e há mais de dois meses nas mortes confirmadas.

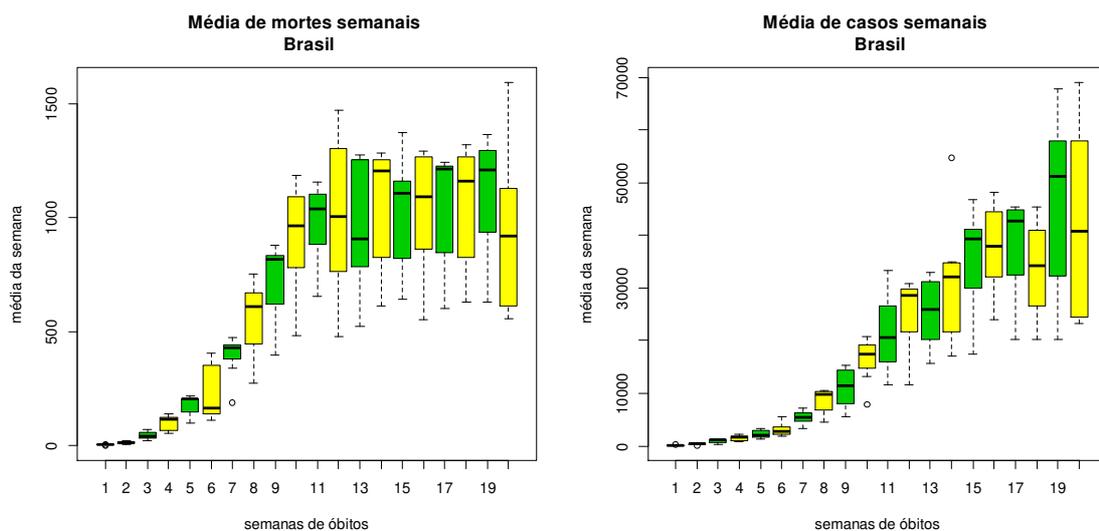


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 serão em torno de 47 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 500 casos para mais e para menos e 1 030 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 122 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 330 000 casos e 7 220 mortes. Semana passada se projetou 288 587 casos e o valor real foi 322 627, para as mortes projetou-se 7 561 e o valor real foi 7 181. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal, ver tabela 04.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
31/07/2020	51463	1142	53092	1158
01/08/2020	46956	1095	47365	1085
02/08/2020	30897	580	30823	581
03/08/2020	29228	608	29131	601
04/08/2020	44707	1063	48932	1082
05/08/2020	67791	1435	68089	1379
06/08/2020	59398	1174	60400	1160

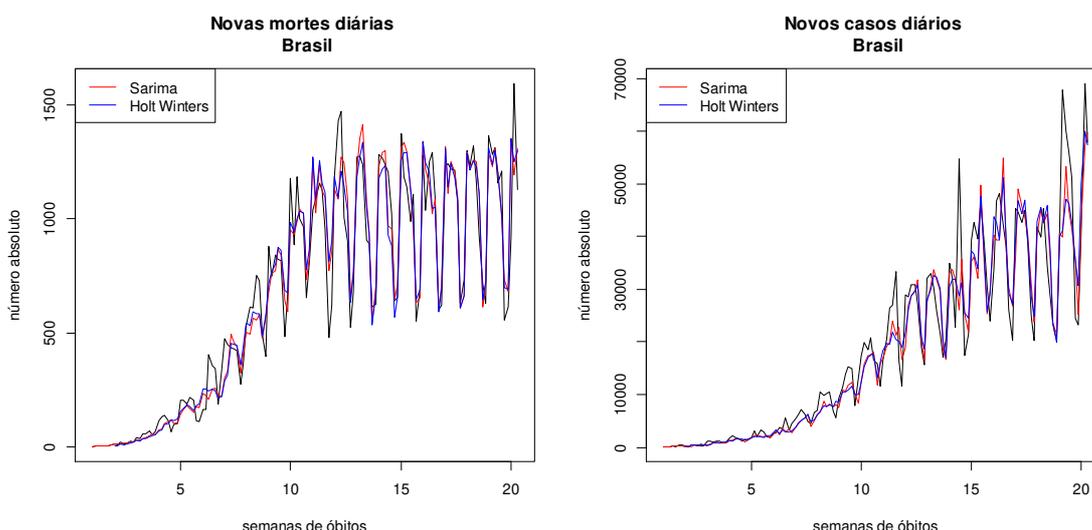


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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 27 dias, e para as mortes, a cada 23 dias.

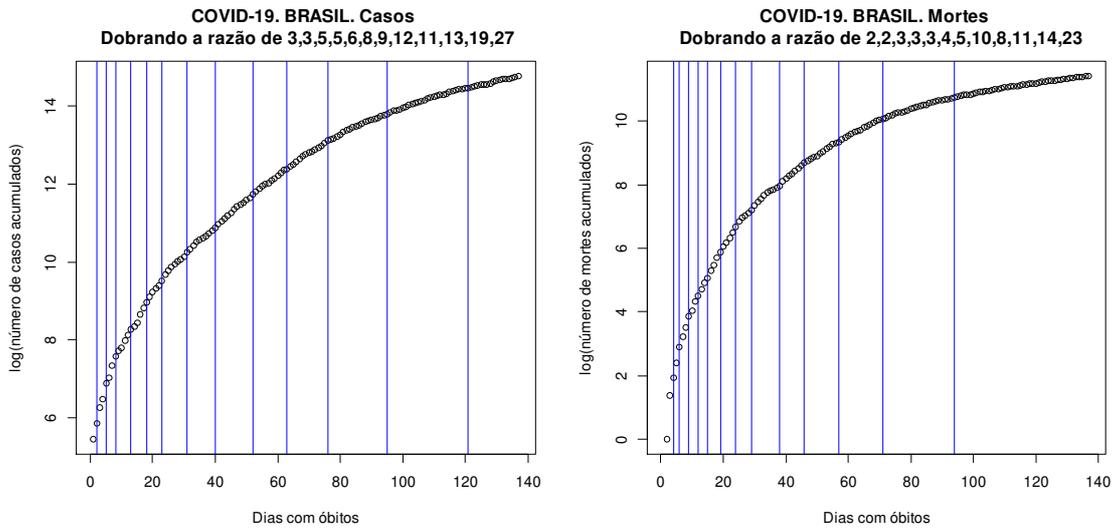


Gráfico 09: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 140 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 130 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento expressivo com menor aceleração da curva. Para o dia 02 de Agosto (140 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 3 052 293 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 2 506 553. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 98 595 mortes e num ambiente mais favorável seriam 87 330 mortes.

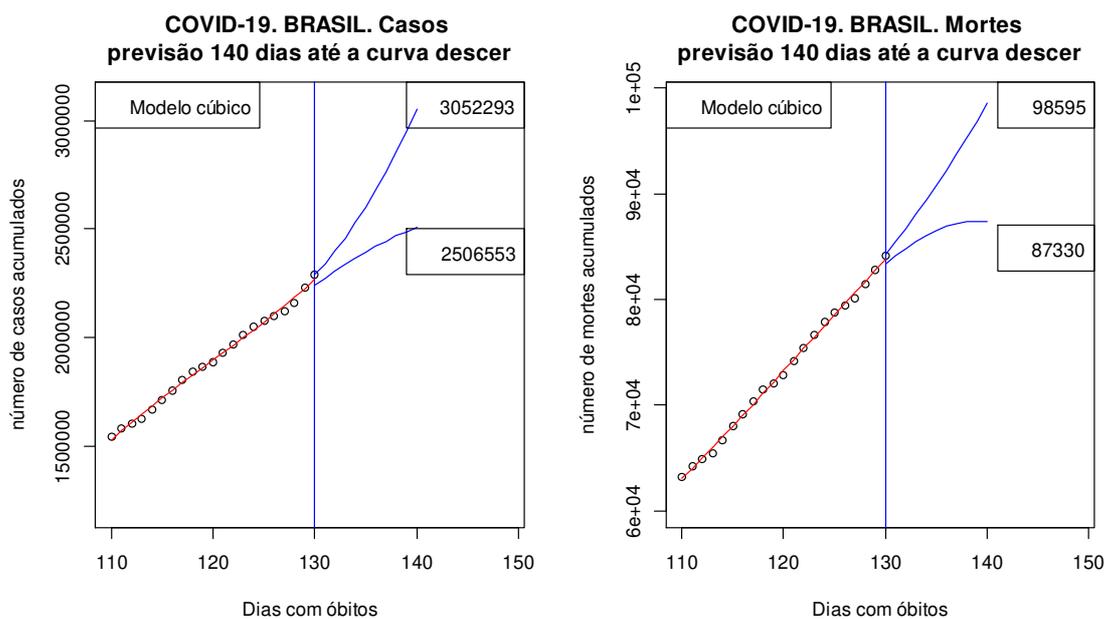


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 130 dias (23 de julho) e 140 dias (02 de Agosto) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	130 dias		140 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	2100813	2209844	2506553	3052293
Mortes	80412	86707	87330	98595

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 30 de julho por cada 1 000 habitantes foram 58 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada), contudo abaixo da velocidade mundial), saindo da posição 107 da semana passada para a 62 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 8 126 300 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

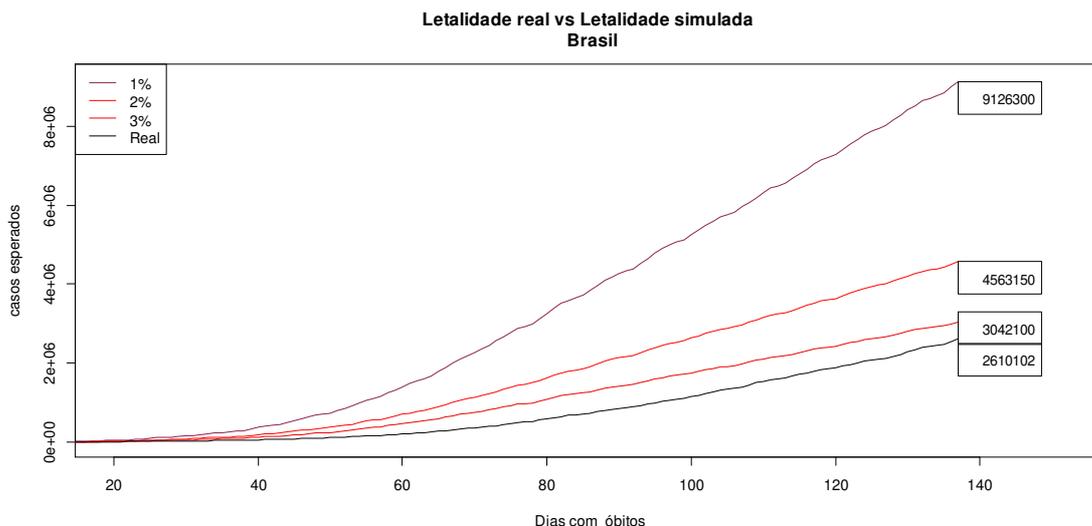


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 28.35 da semana passada para 27.35 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1234 casos por cada 100 000 habitantes.

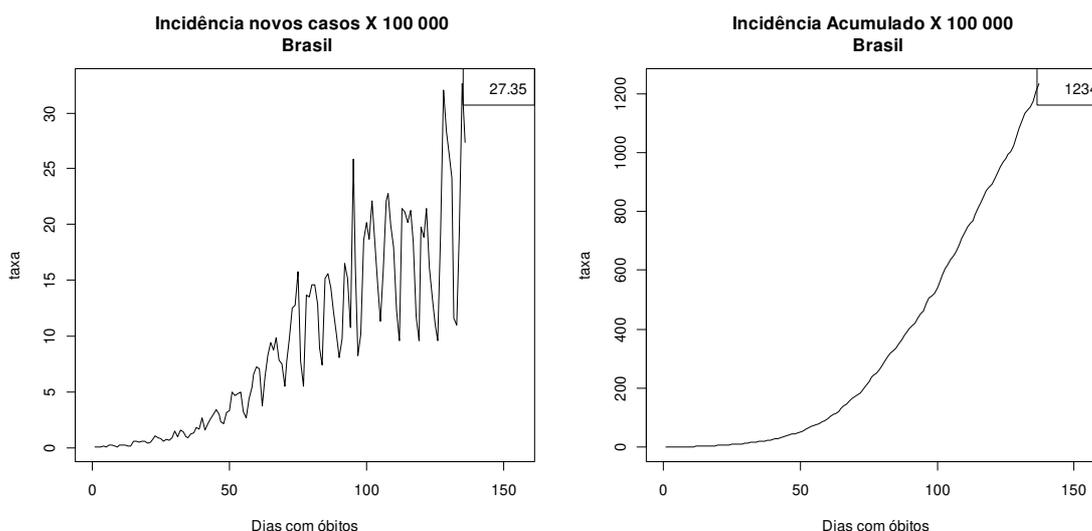


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 30 de julho, 57684 casos confirmados e 1408 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 8287 casos e 151 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 116 casos a mais e 35 mortes a menos, 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	24/07/2020	1735	51132	37	1284
SE	25/07/2020	1132	52264	19	1303
SE	26/07/2020	344	52603	11	1314
SE	27/07/2020	1009	53612	26	1340
SE	28/07/2020	1397	55009	19	1359
SE	29/07/2020	1205	56214	31	1390
SE	30/07/2020	1470	57684	18	1408

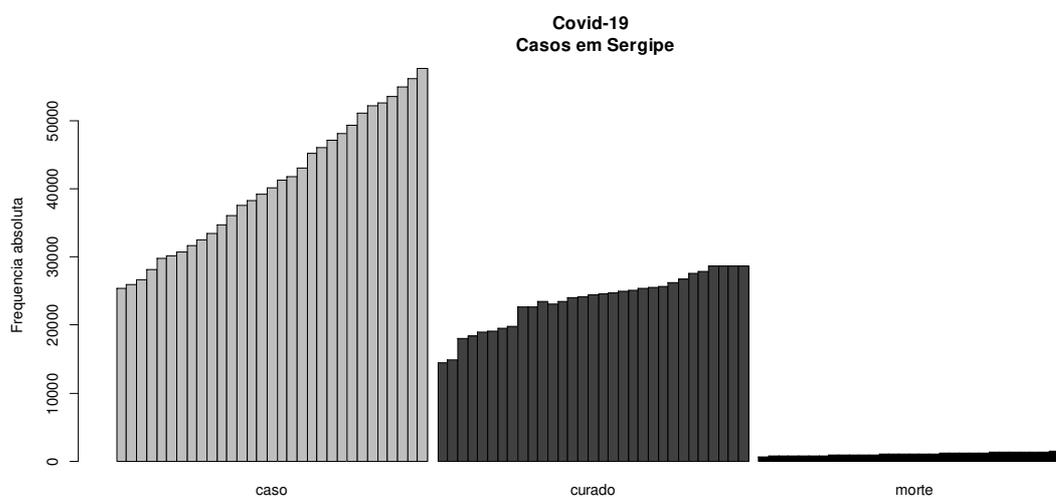


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 30 de julho atingiu 1470 novos casos e 18 novas mortes.

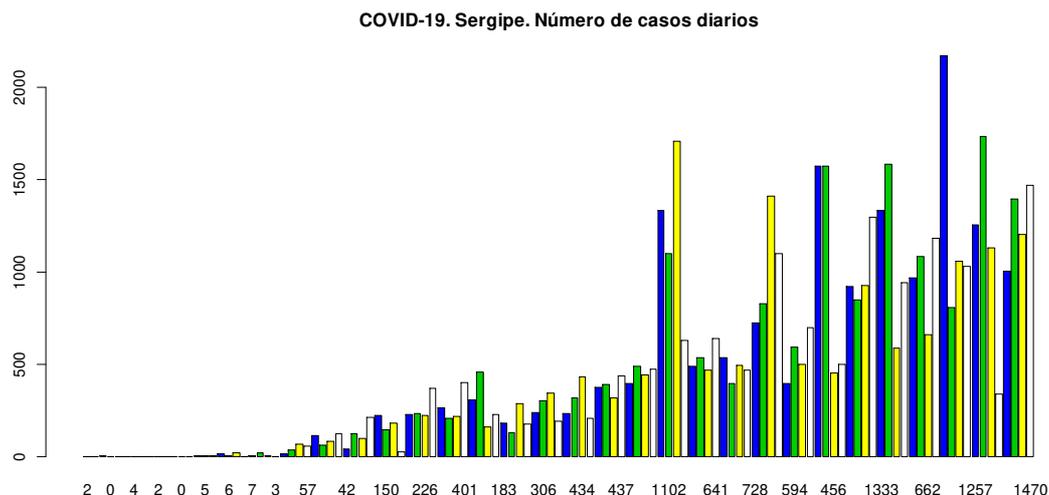


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

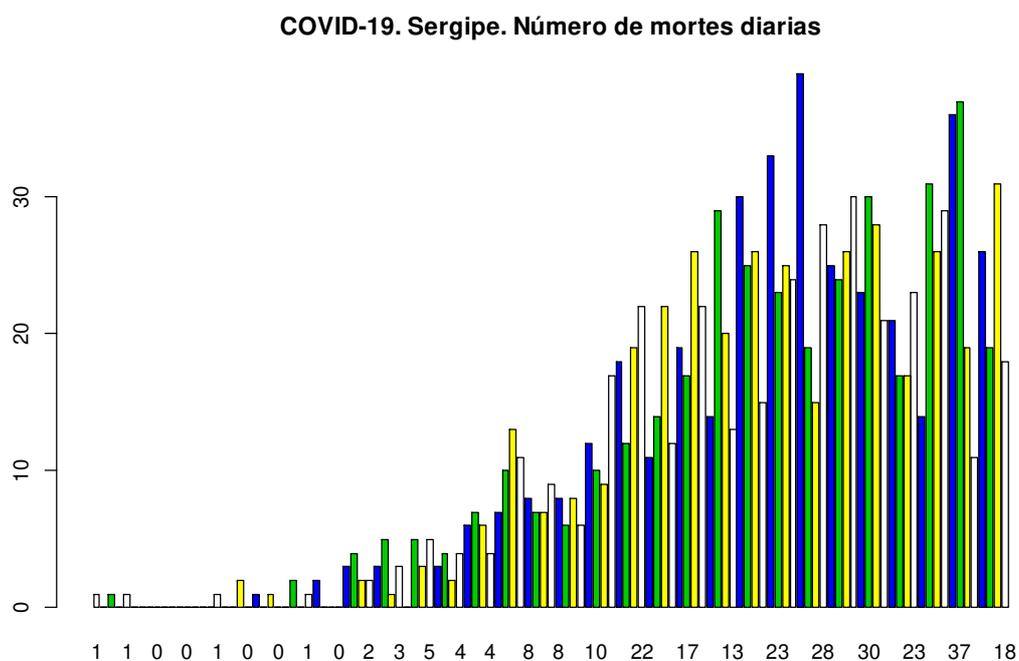


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.44 % sendo a semana passada de 2.52 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,5%, ela esta se aproximando da média nacional pois há cinco semanas vem crescendo, para observação disponibilizamos o Gráfico 16.

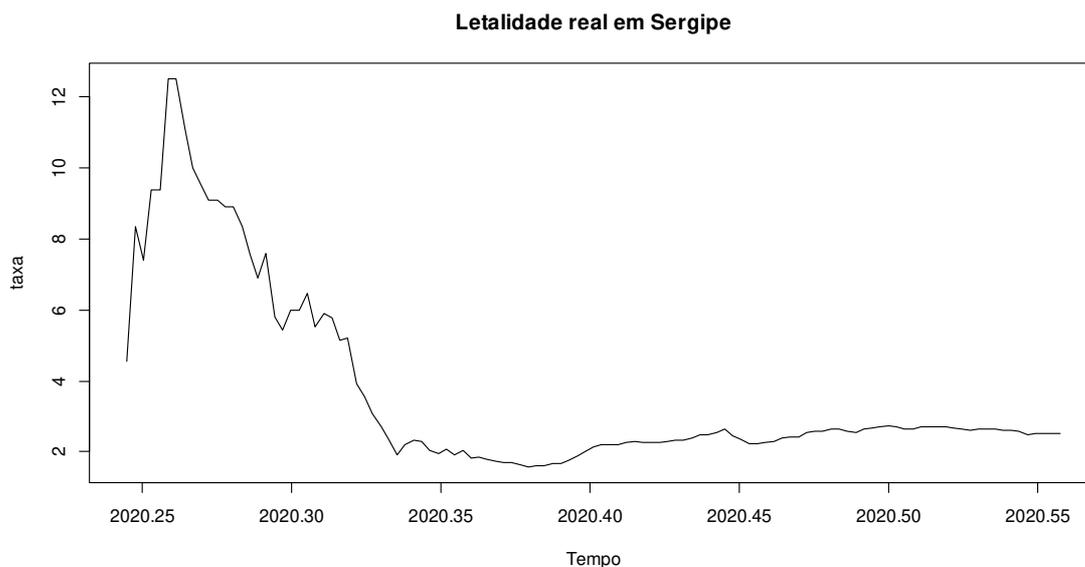


Gráfico 16. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 0.75 % e as mortes com 0.59 %, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções de casos e mortes acumuladas para os próximos dois dias são apresentadas na Tabela 06. Uma saída é mostrada no Gráfico 17.

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

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
30/07/2020	58643	58002 - 59283	1441	1426 – 1455
01/08/2020	59784	58977 - 60591	1467	1449 – 1485

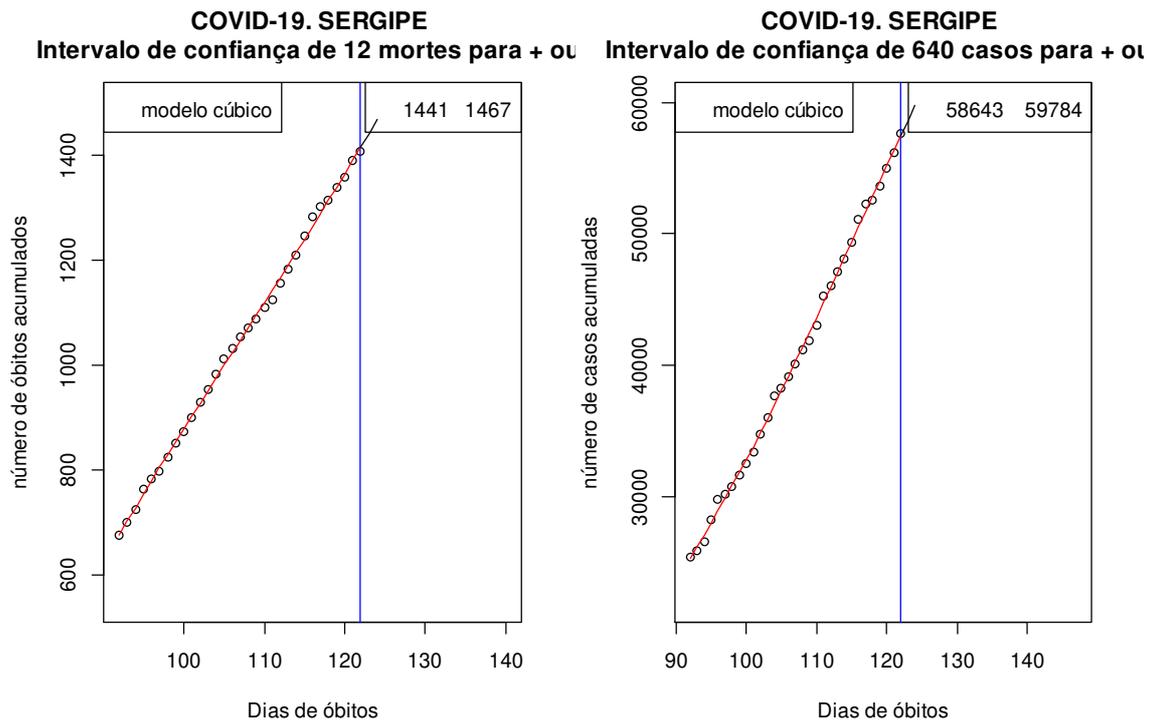


Gráfico 17: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando uma estabilização tanto em casos e mortes, um teste de comparações múltiplas (Tukey) entre médias semanais permite afirmar que estatisticamente há igualdade nas últimas seis semanas ($p > 0.05$) tanto para casos e mortes, indicando a presença de um platô há mais de um mês. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

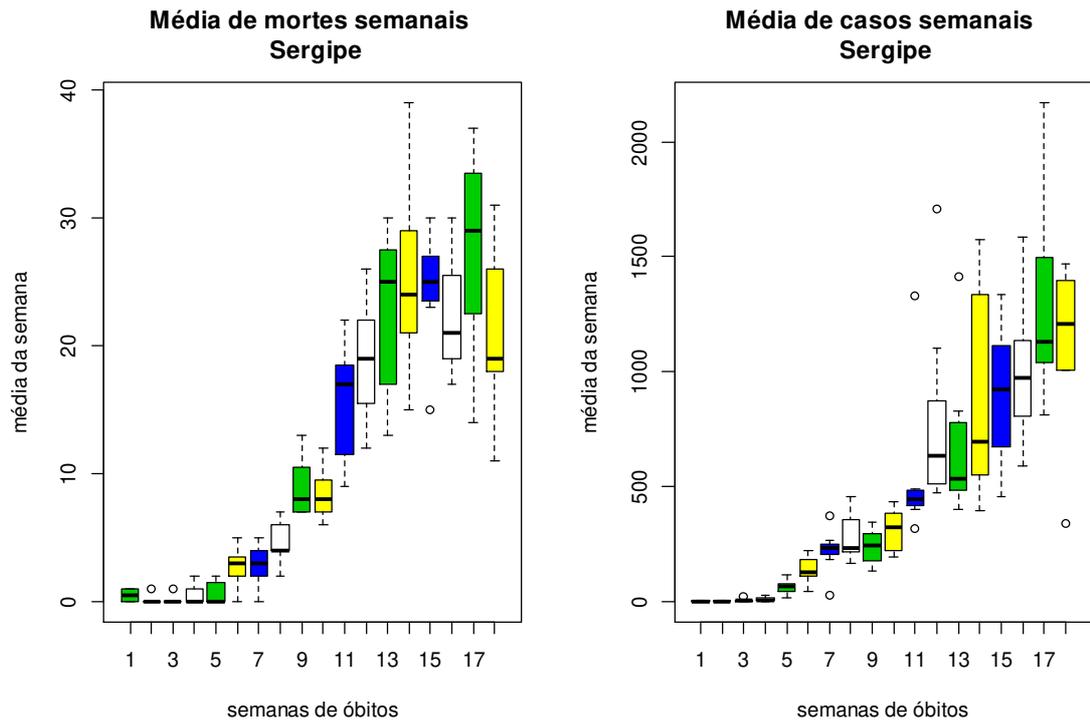


Gráfico 18. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 serão 1 150 casos e 26 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 8 500 casos e 200 mortes. Semana passada projetamos 7 500 casos e 168 mortes, sendo os valores reais de 8171 casos e 176 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
31/07/2020	1266	28	1348	27
01/08/2020	1155	21	1447	20
02/08/2020	1163	17	1317	17
03/08/2020	1186	27	1137	27
04/08/2020	1192	22	1306	22
05/08/2020	1189	25	1257	24
06/08/2020	1187	24	1407	23

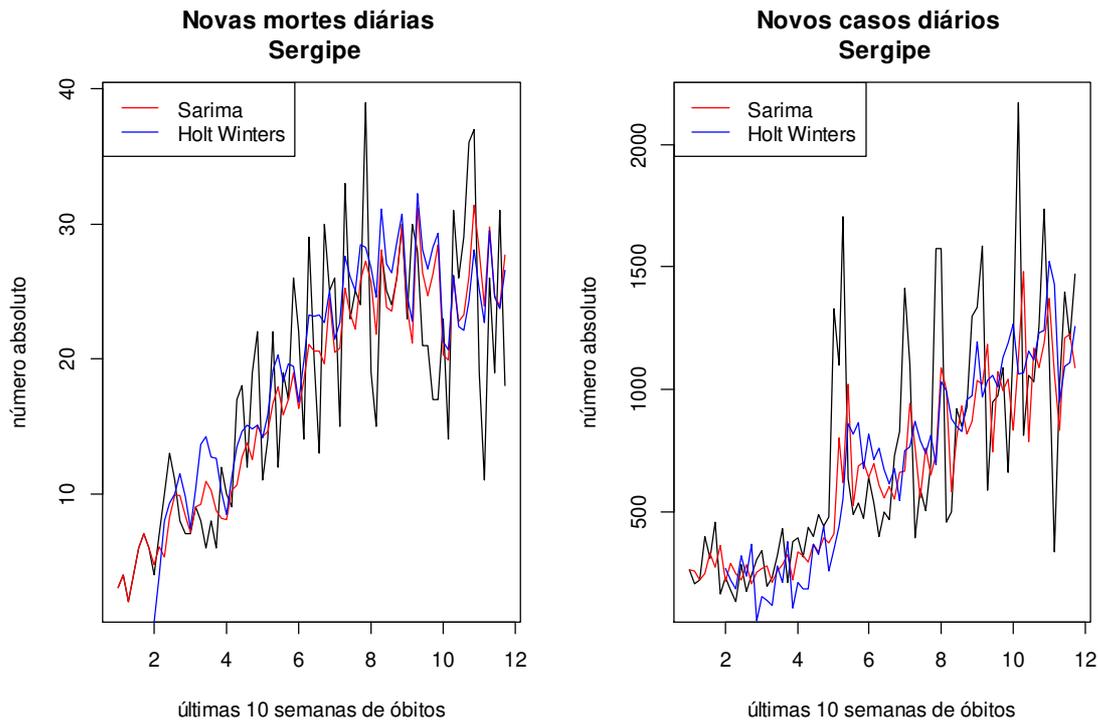


Gráfico 17. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

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 107 semana passada e esta semana está na posição 62 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade em torno de 3.5 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.7 %, 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 há mais de um mês e meio, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva. Contudo nos valores absolutos sempre há um leve aumento de casos semanais.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 330 000 casos e 7 220 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 140 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.

7. No âmbito regional, Sergipe mantém seu crescimento potencial em casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 1 184 casos e 23 mortes, esta semana serão em média 1 156 casos e 27 mortes.
8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.
9. Comparando as projeções futuras e seus correspondentes valores reais de de novos casos e novas mortes durante a semana, com erros de ajuste de abaixo de 1% para o Brasil e o estado de Sergipe, permitem adotar logisticas de combate ao COVID-19, e dar um suporte aos órgão correspondentes principalmente ao setor saúde no Brasil e no estado de Sergipe.

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 recomendations 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.

Anexos.

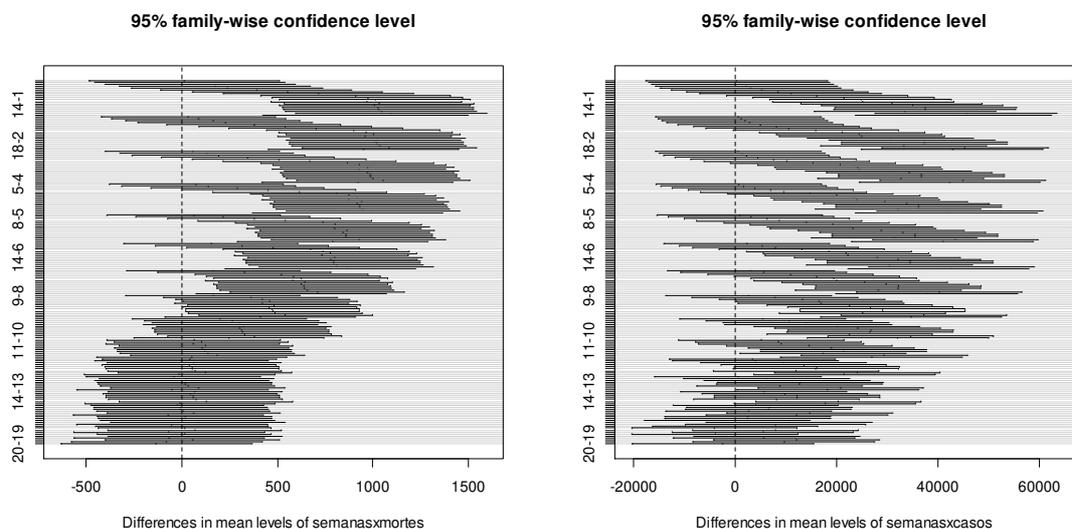


Gráfico 18. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

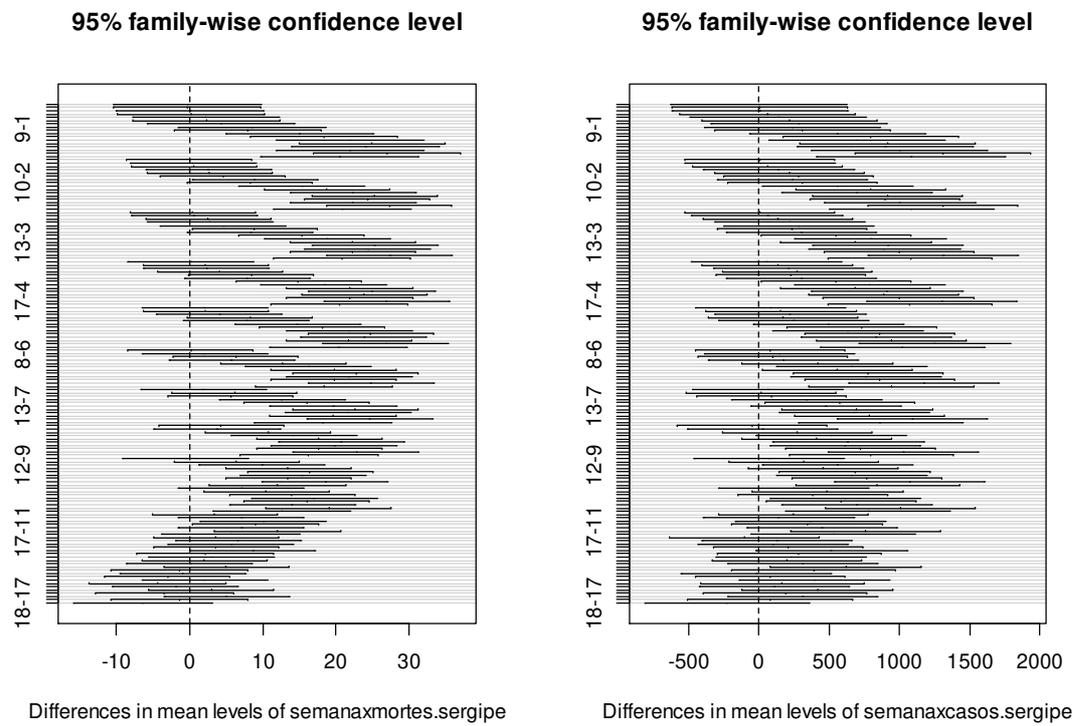


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.