



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

Nota técnica nº 18 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Sumário

Introdução.....	2
Resultados Brasil.....	2
Modelagem para o Brasil	6
Letalidade	10
Incidência	10
Resultados Sergipe	11
Modelagem.....	13
Letalidade.....	15
Conclusões	16
Bibliografia	17
Anexos.....	17

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 03 de setembro 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%, 2.5% 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 20.7 menor que a da semana passada que atingiu 20.9 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 Brasil

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 67 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 253 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 e mortes no Brasil com os novos casos e mortes 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 (1 039 mortes no Brasil e 1 485 no Mundo no dia 26 de maio), estes dois eventos colocam ao Brasil junto com

os Estados Unidos como centro da pandemia mundial no momento, porém começa a perder protagonismo mundial, se afastando e atingindo no máximo 20% de contribuição no mundo.

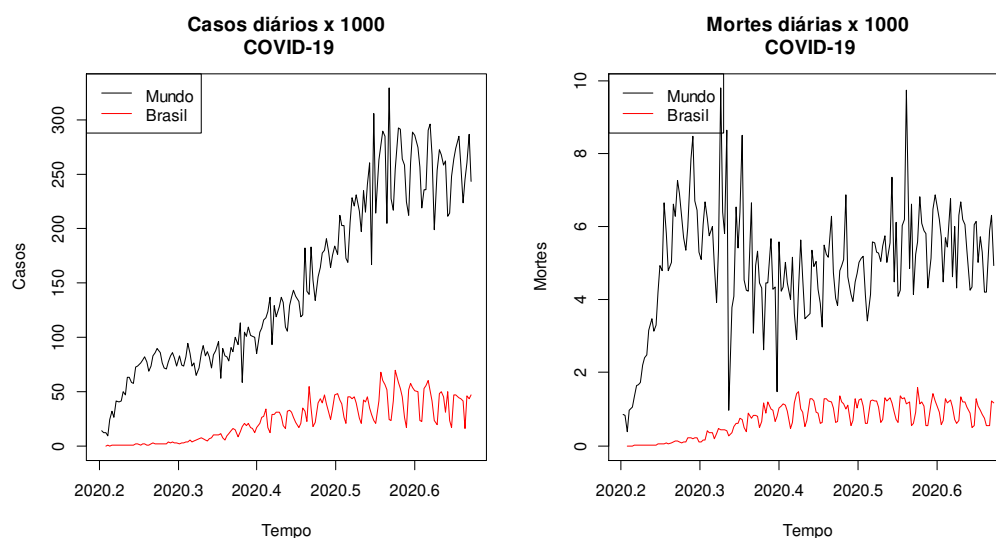


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

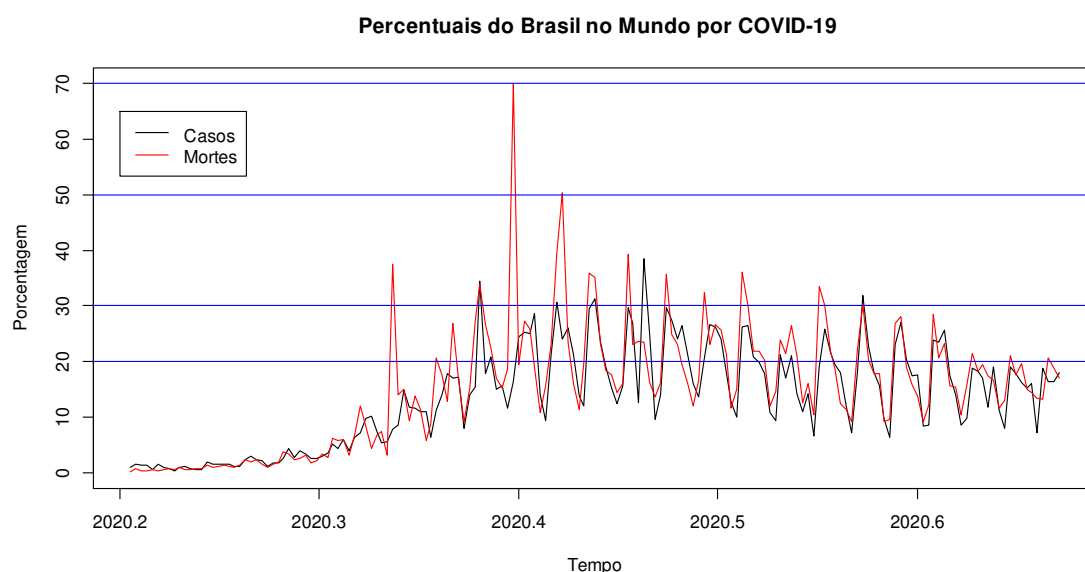


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana. 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 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44; para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27,45. 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 02 de setembro o Brasil teve 46 934 casos e 1 184 óbitos de um total de 256 053 casos e 5 659 mortes no mundo, representando 18.3 % dos casos e 20.9 % das mortes, indicando uma queda nos percentuais se comparado com as semanas previas, perdendo espaço para a Índia que acelerou o número de casos e mortes. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas, contudo há presença de desaceleração nesta semana, também 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 03 de setembro, foram de 4 041 638 casos confirmados e 124 614 mortes, aumentando em uma semana mais de 280 247 casos e mais de 5 965 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 20 831 casos e uma diminuição de 306 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
28/08/2020	3804803	119504	2976796	708503
29/08/2020	3846153	120262	3006812	719079
30/08/2020	3862311	120828	3021559	709924
31/08/2020	3908272	121381	3097734	689157
01/09/2020	3950931	122596	3159096	669239
02/09/2020	3997865	123780	3210405	663680
03/09/2020	4041638	124614	3247610	669414

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

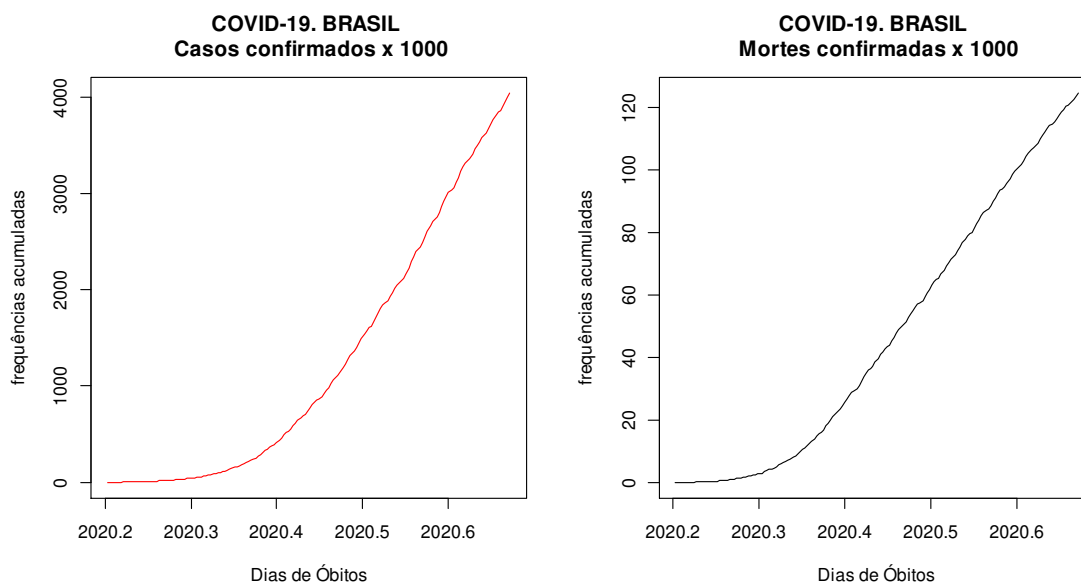


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 11 956 novos casos e 298 novas mortes, e os seguem os

estados de Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Ceará, Pará, Distrito Federal, 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	11956	826331	298	30673
BA	2881	262299	54	5502
RJ	1532	228332	98	16315
MG	3267	222048	141	5505
CE	2063	218396	33	8480
PA	1451	202436	25	6201
DF	1151	164649	36	2609

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 03 de setembro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 43 773 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 834 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

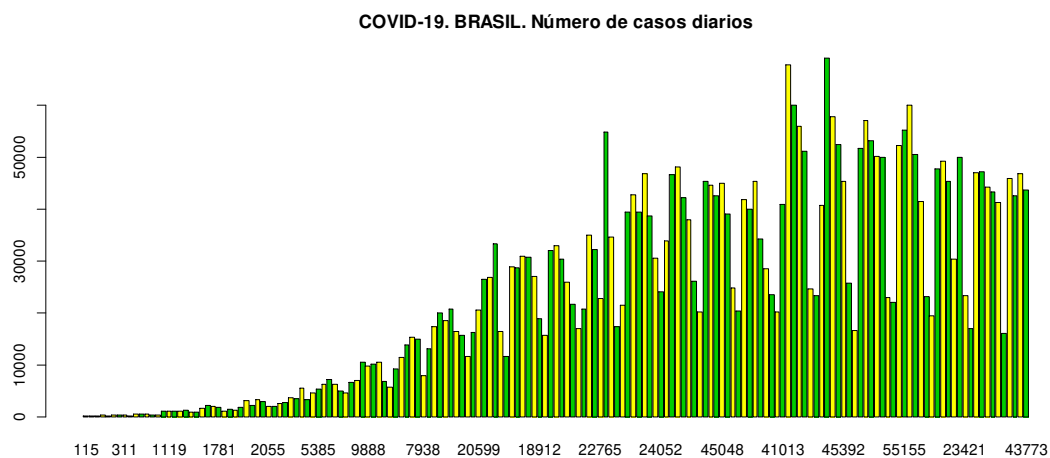


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

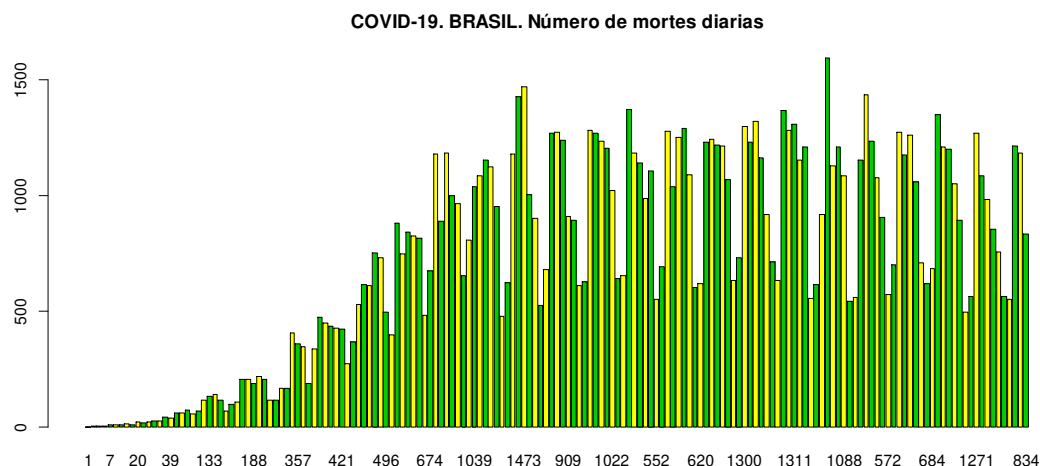


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.20%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.20% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.26%. 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
04/09/2020	4079880	125404	4054343 4105416	124721 - 126088
05/09/2020	4122706	126334	4086589 4158823	125367 - 127300

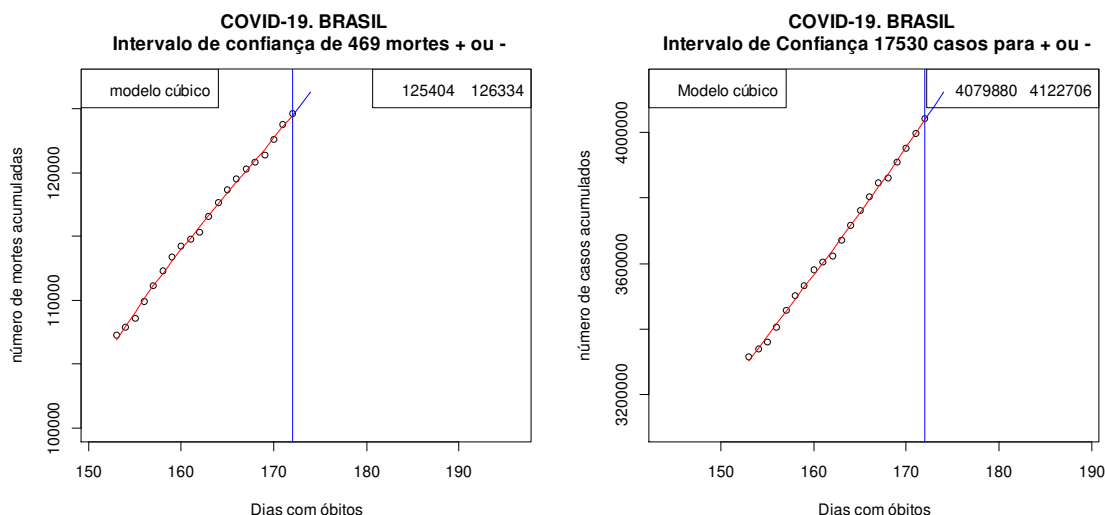


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 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 15 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 11 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 dois meses e meio para os casos confirmados e a mais de três meses e meio nas mortes confirmadas.

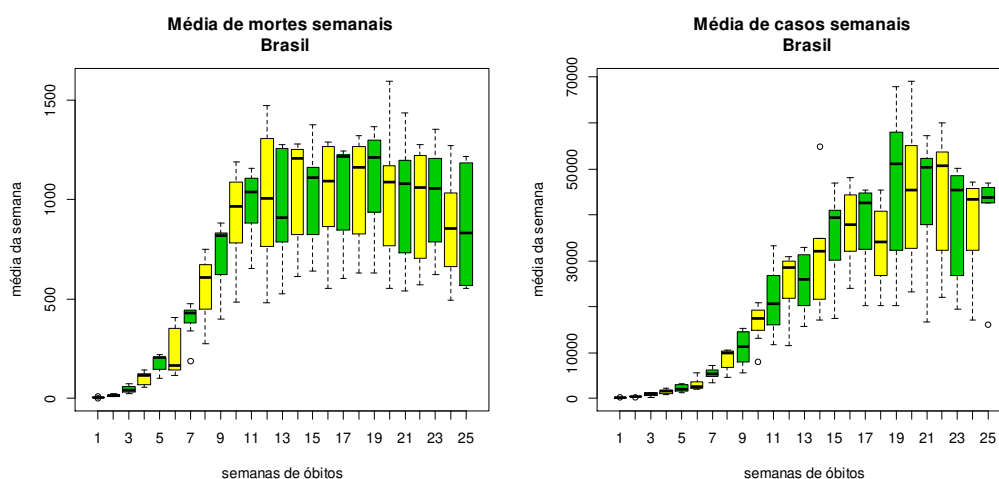


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 38 873 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 900 casos para mais e para menos e 800 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 126 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 272 116 casos e 5 376 mortes. Semana passada se projetou 253 242 casos e o valor real foi 280 247, para as mortes projetou-se 5 990 e o valor real foi 5 965. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver tabela 04.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
04/09/2020	41280	854	42677	847
05/09/2020	43380	712	44694	693
06/09/2020	19344	463	20914	427
07/09/2020	29860	486	29925	452
08/09/2020	44583	1151	44545	1105
09/09/2020	48227	1079	48754	1031
10/09/2020	45442	849	46585	821

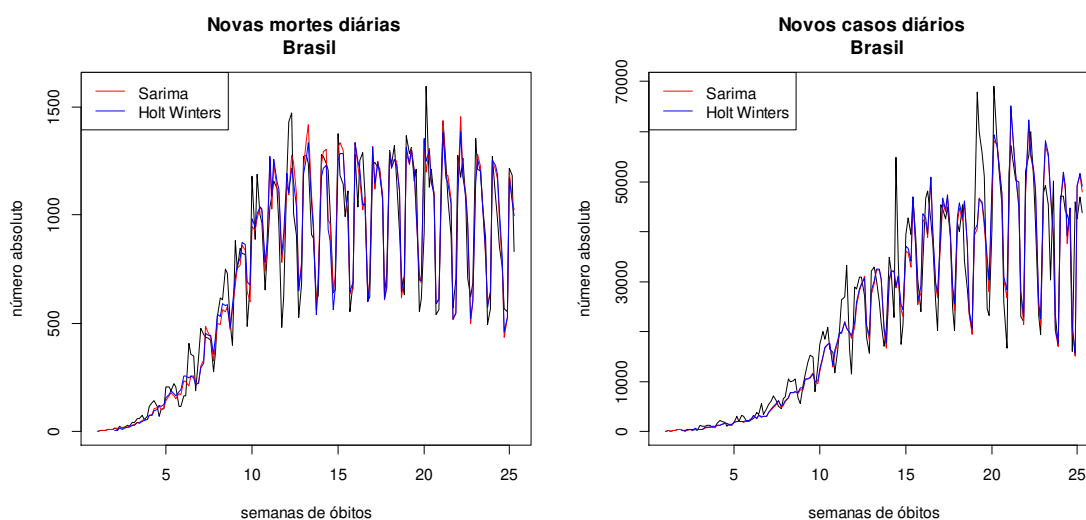


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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 45 dias, e para as mortes, a cada 44 dias.

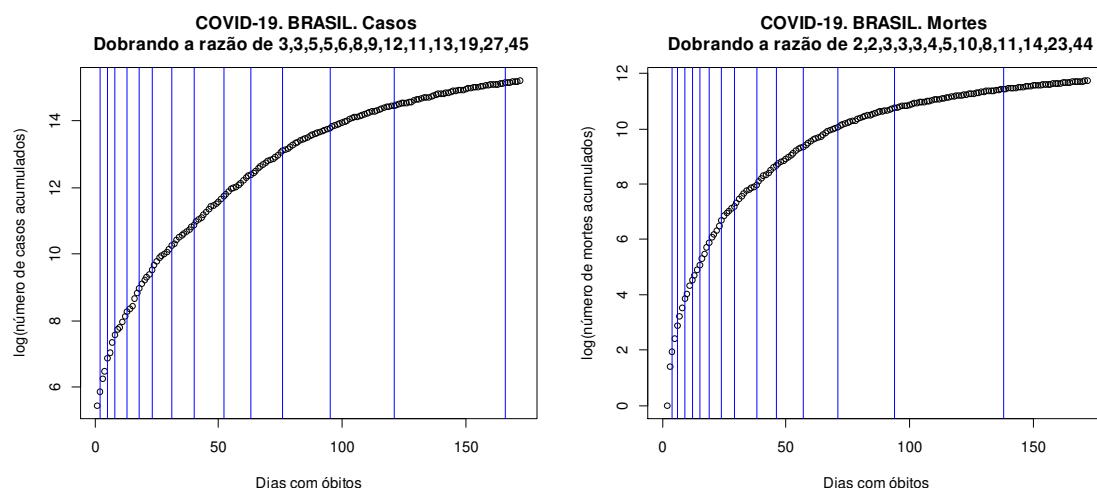


Gráfico 09: Espaço entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 180 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 170 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 11 de setembro (180 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 4 520 213 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 4 236 647. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 135 044 mortes e num ambiente mas favorável seriam 126 705 mortes.

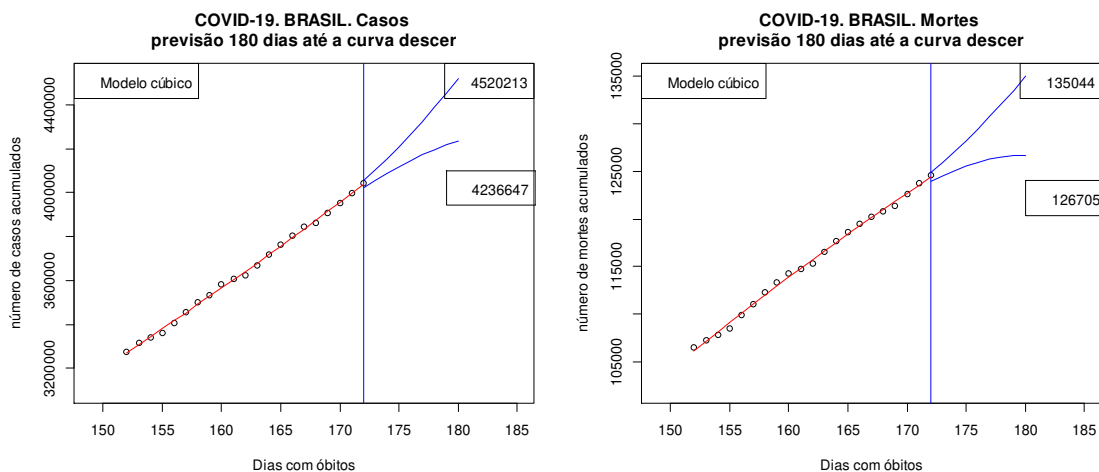


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 170 dias (01 de setembro) e 180 dias (11 de setembro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

	170 dias		180 dias	
Variável	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	3808360	4017853	4236647	4520213
Mortes	120089	124465	126705	135044

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 13 de Agosto por cada 1 000 habitantes foram 67.4 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada), contudo abaixo da média mundial), saindo da posição 68 da semana passada para a 80 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 2.5% 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 hoje 12 461 400 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

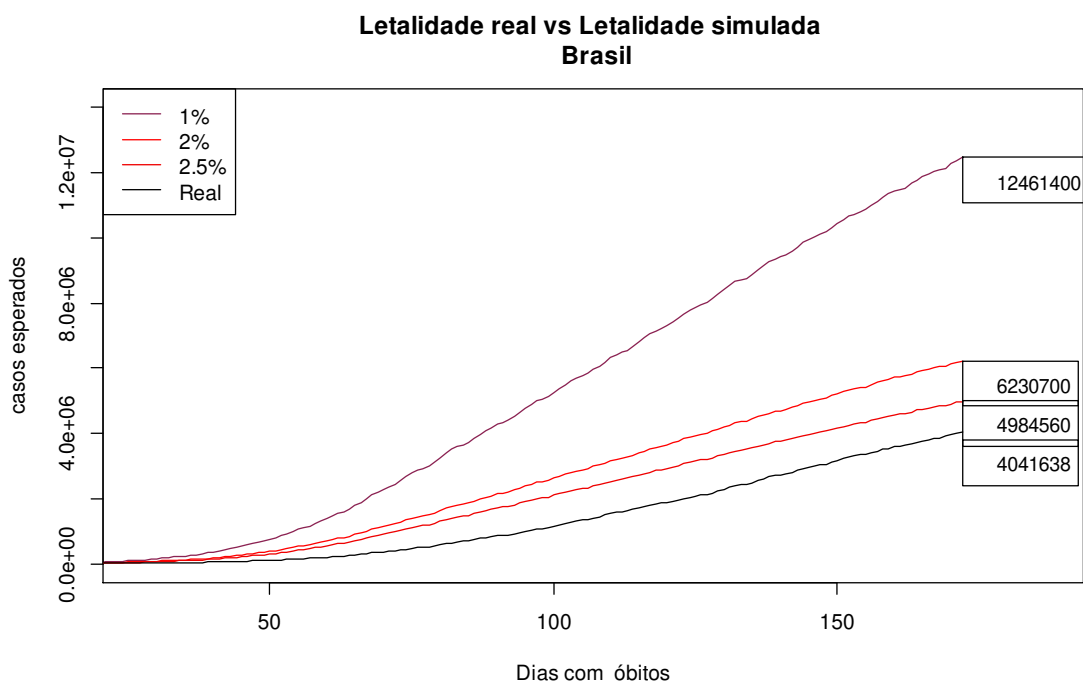


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 20.9 da semana passada para 20.7 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1911 casos por cada 100 000 habitantes.

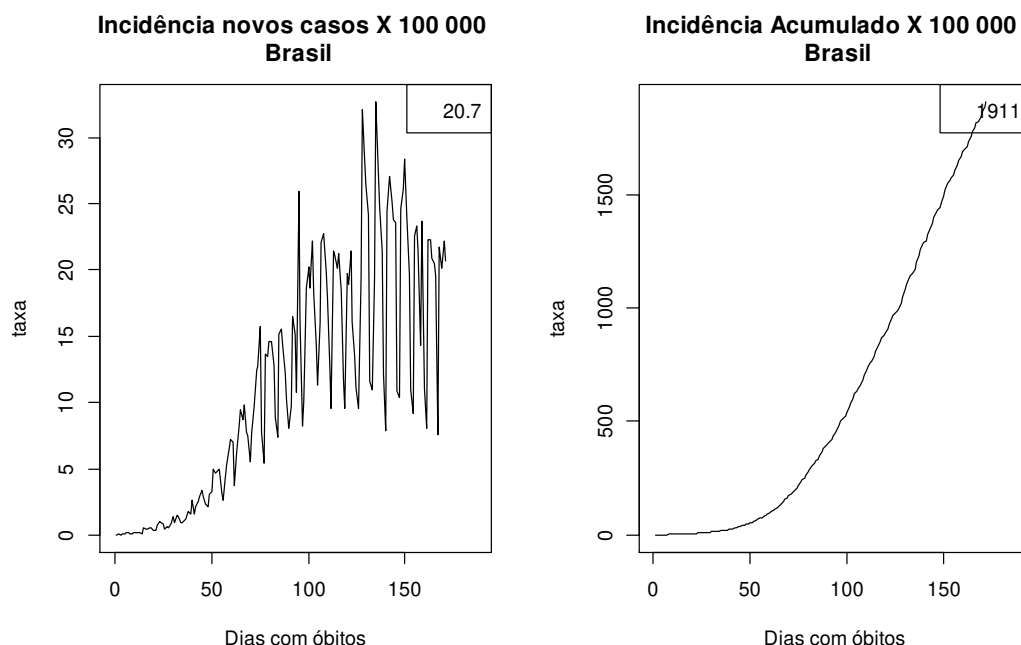


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 03 de setembro, 73182 casos confirmados e 1877 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1587 casos e 47 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 510 casos a menos e 26 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	28/08/2020	440	72039	7	1837
SE	29/08/2020	241	72280	2	1839
SE	30/08/2020	137	72417	5	1844
SE	31/08/2020	111	72528	13	1857
SE	01/09/2020	197	72721	10	1867
SE	02/09/2020	210	72931	6	1873
SE	03/09/2020	251	73182	4	1877

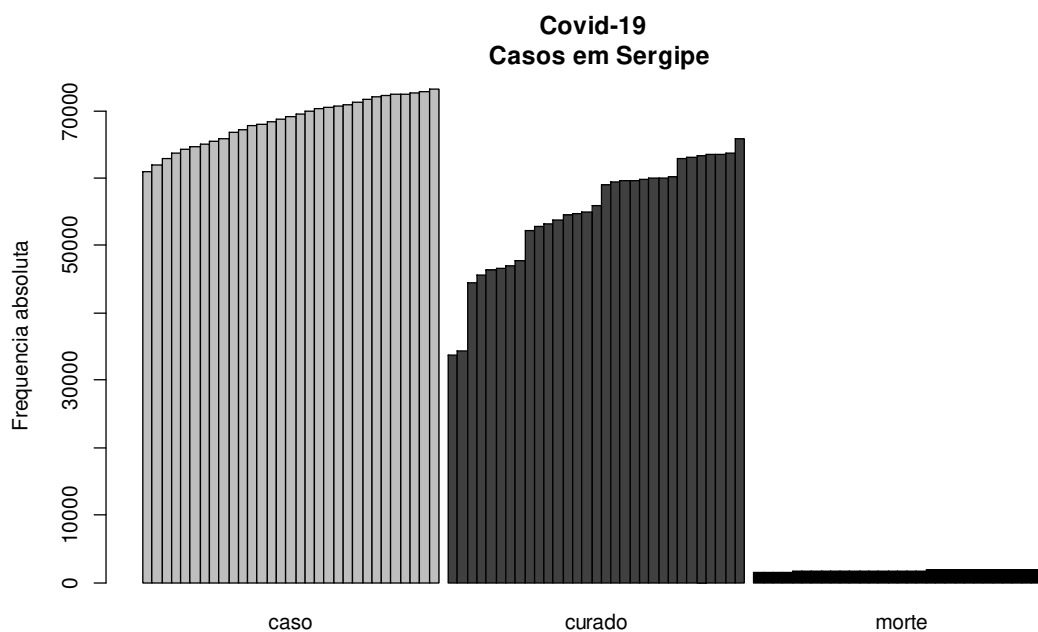


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 06 de agosto atingiu 858 novos casos e 12 novas mortes.

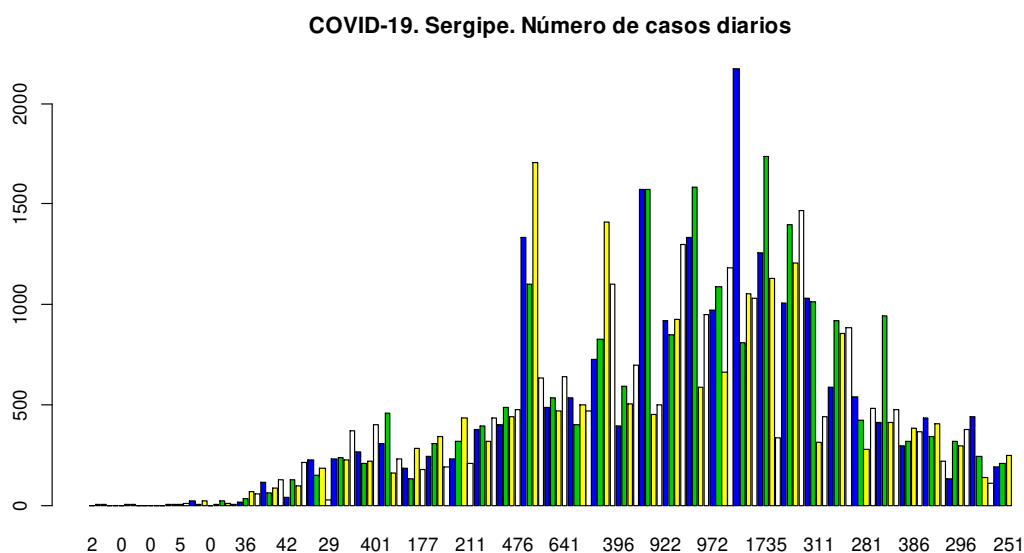


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

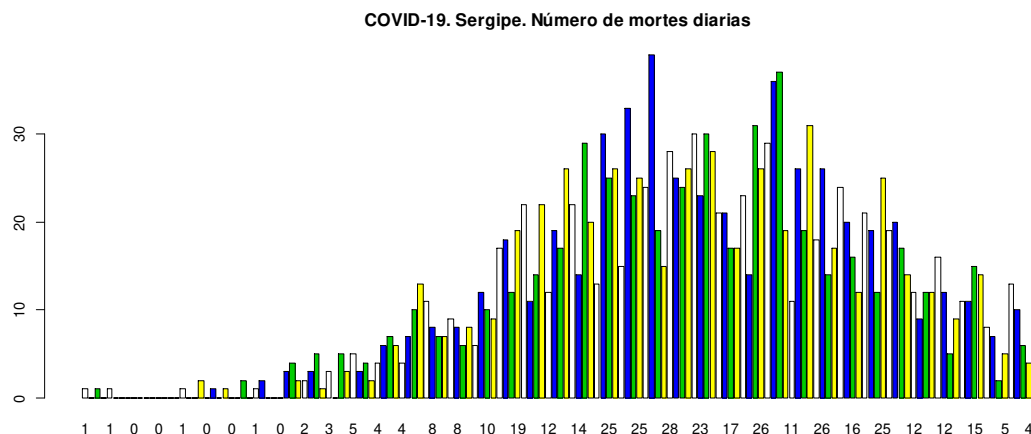


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

Modelagem

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 0.28 % e as mortes com 0.24 %, 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 16.

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
04/09/2020	73460	73186 - 73733	1885	1877 - 1893
05/09/2020	73683	73339 - 74027	1891	1882 - 1901

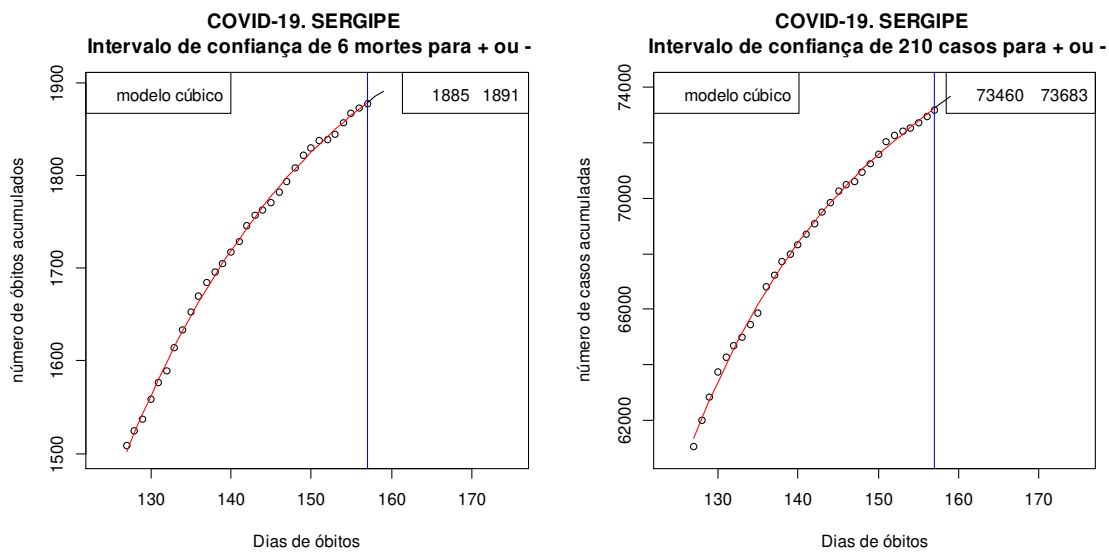


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 não há igualdade e apresenta queda se comparada com as últimas semanas ($p < 0.05$) e que são estatisticamente igual as médias de casos das primeiras semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes, onde podemos afirmar que há uma queda se comparado com as últimas 12 semanas e apresentam igualdade estatística com as primeiras semanas, indicando a presença de diminuição significativa tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

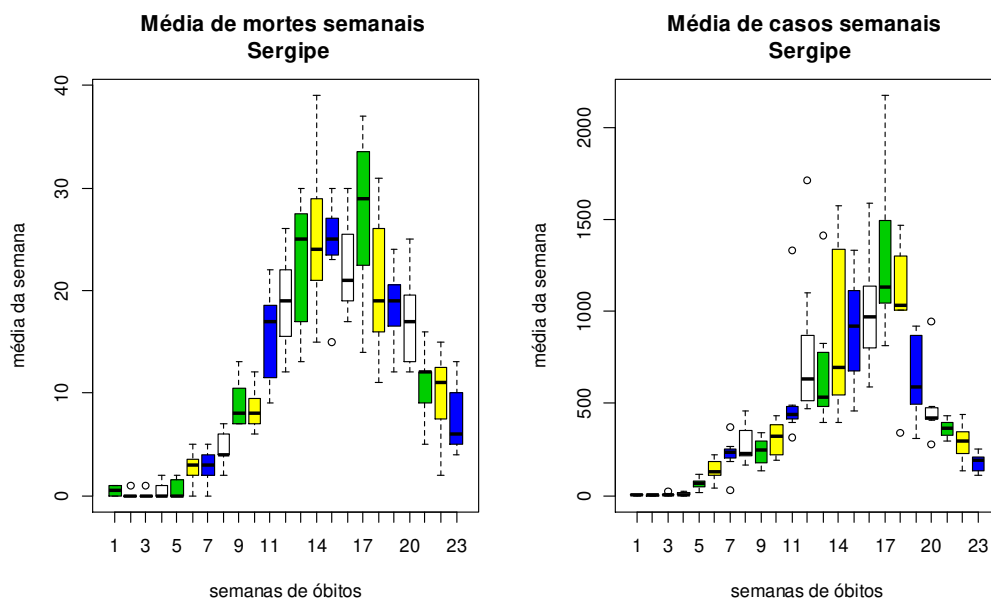


Gráfico 17. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 150 casos e 4 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 1008 casos e 25 mortes. Semana passada projetamos 1 630 casos e 48 mortes, sendo os valores reais de 1 583 casos e 47 mortes. As projeções para esta semana estão na Tabela 07 e uma saída é visualizada no Gráfico 18.

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

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
04/09/2020	273	3	228	6
05/09/2020	241	4	238	1
06/09/2020	129	4	71	1
07/09/2020	107	6	27	6
08/09/2020	236	6	119	3
09/09/2020	240	6	100	3
10/09/2020	244	4	225	2

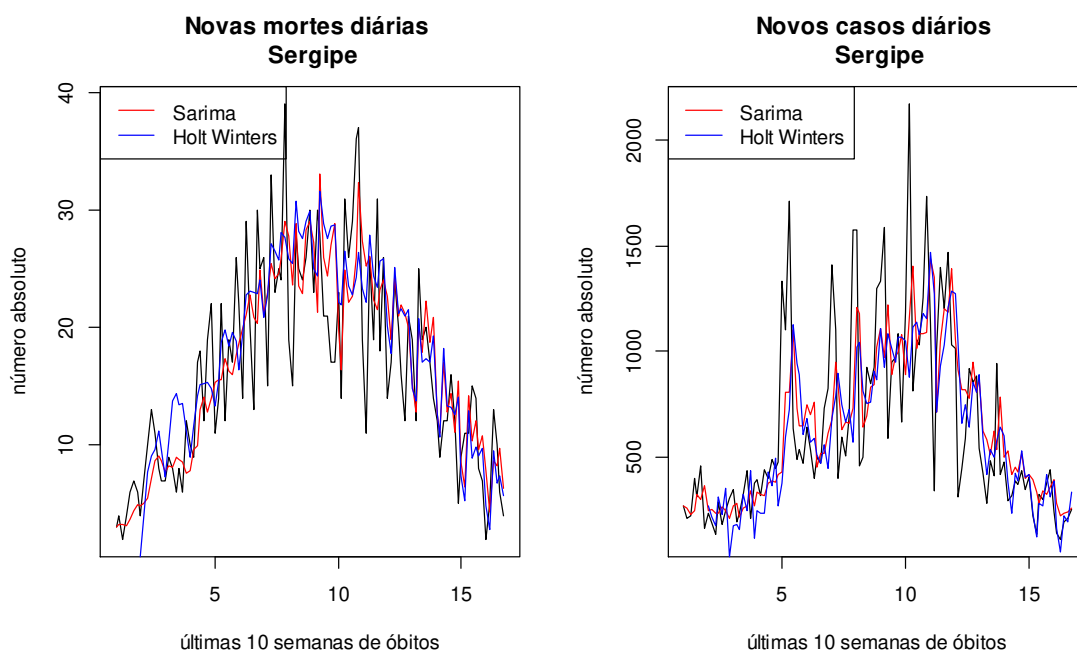


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.56 % sendo a mesma da semana passada, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a

qual é 3,1%, ela está se aproximando da média nacional, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

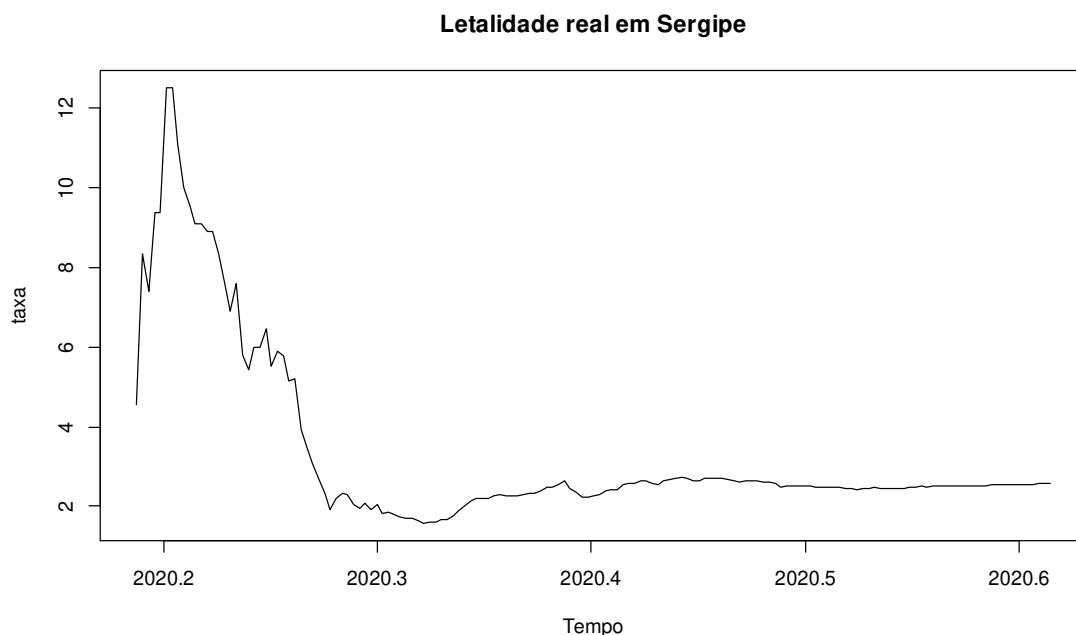


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 78 semana passada e esta semana está na posição 80 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de 3,1 % é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
4. A presença de estabilização de casos novos e quedas de mortes novas indicam que esta semana 25 já se comparam com a semana 10 no caso de mortes e com a semana 14 nos casos. O aumento de casos nesta semana foi de 8% e as mortes tiveram uma queda de 5,9%.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 272 116 casos e 5 376 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 180 dias, usando o modelo cúbico ainda é o melhor modelo para estimação contudo indicam uma mudança estrutural no seu crescimento potencial.
7. No âmbito regional, Sergipe tem um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 220 casos e 7 mortes, esta semana serão em média 150 casos e 4 mortes por dia.

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 novos casos e novas mortes durante a semana, com erros de ajuste abaixo de 1% para o Brasil e o estado de Sergipe, permitem adotar logisticas de combate ao COVID-19, e dar um suporte aos órgãos 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.

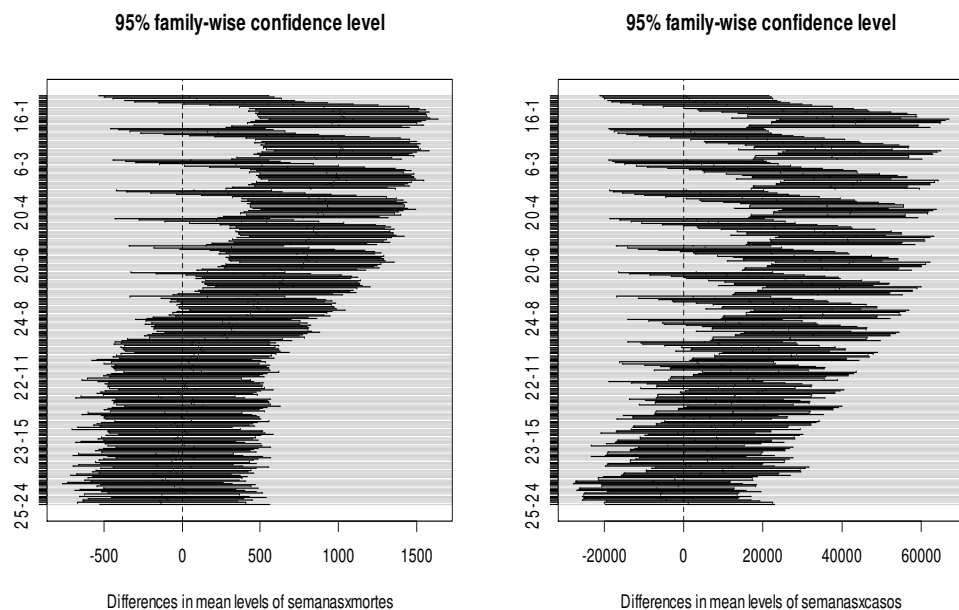


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

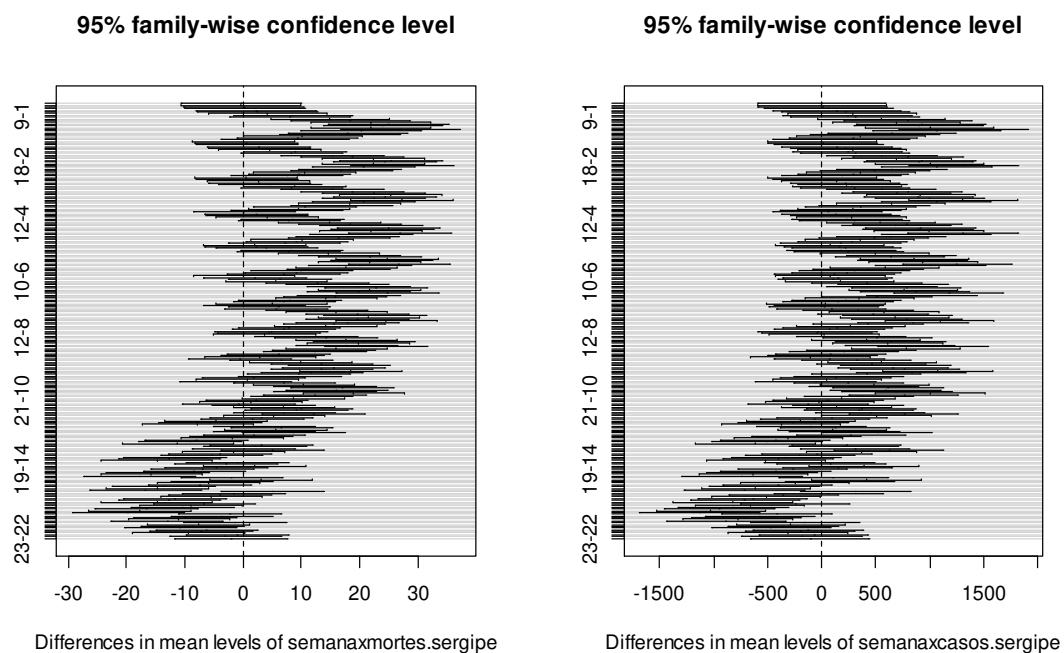


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.