



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

Nota técnica n^o 16 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.....	11
Resultados Sergipe.....	12
Modelagem.....	14
Letalidade.....	16
Conclusões	17
Bibliografia	18
Anexos.....	18

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 20 de Agosto 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 21.43 menor que a da semana passada que atingiu 28.41 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 64 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 220 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.

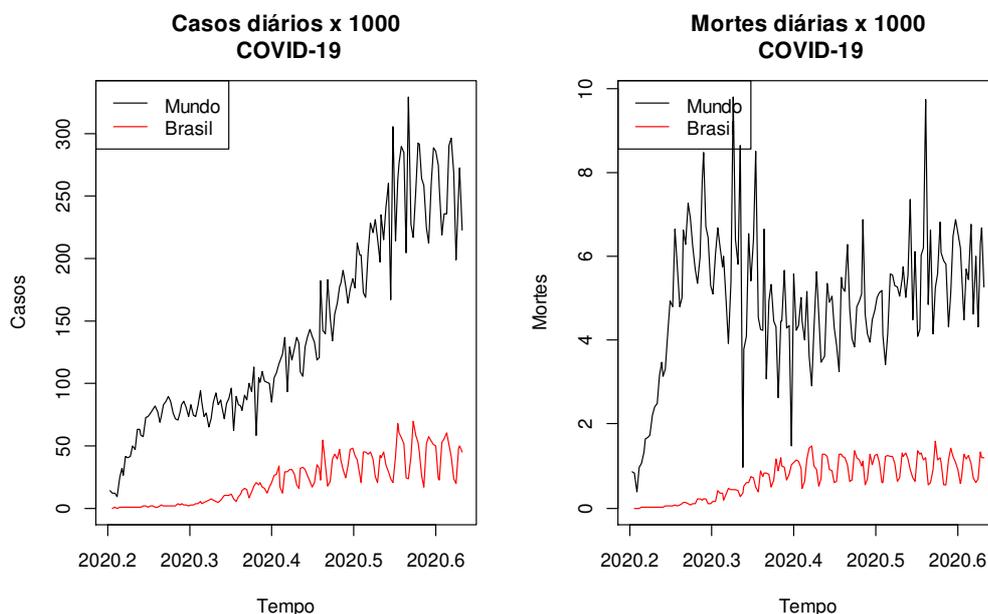


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

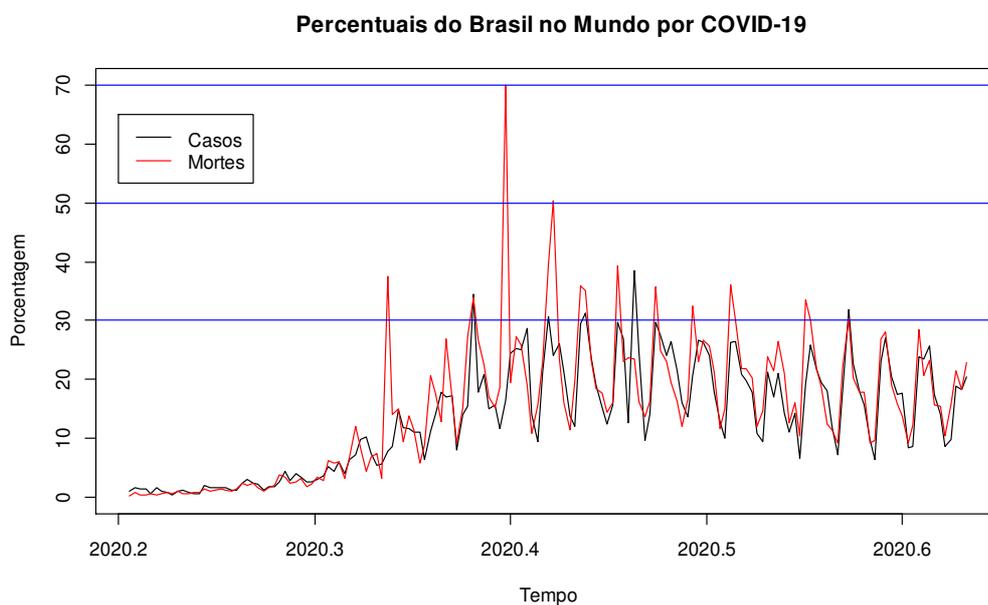


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 14 ao 20 de Agosto. 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. 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 19 de Agosto o Brasil teve 49 298 casos e 1 212 óbitos de um total de 272 021 casos e 6 668 mortes no mundo, representando 18.1 % dos casos e 18.2 % das mortes, indicando uma queda nos percentuais se comparado com a semana passada. 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 20 de agosto, foram de 3 501 975 casos confirmados e 112 304 mortes, aumentando em uma semana mais de 277 099 casos e mais de 6 841 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 35 565 casos e uma diminuição de 129 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
14/08/2020	3275520	106523	2384302	784695
15/08/2020	3317096	107232	2404272	805592
16/08/2020	3340197	107852	2432456	799889
17/08/2020	3359570	108536	2478494	772540
18/08/2020	3407354	109888	2554179	743287
19/08/2020	3456652	111100	2615254	730298
20/08/2020	3501973	112304	2653407	736264

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

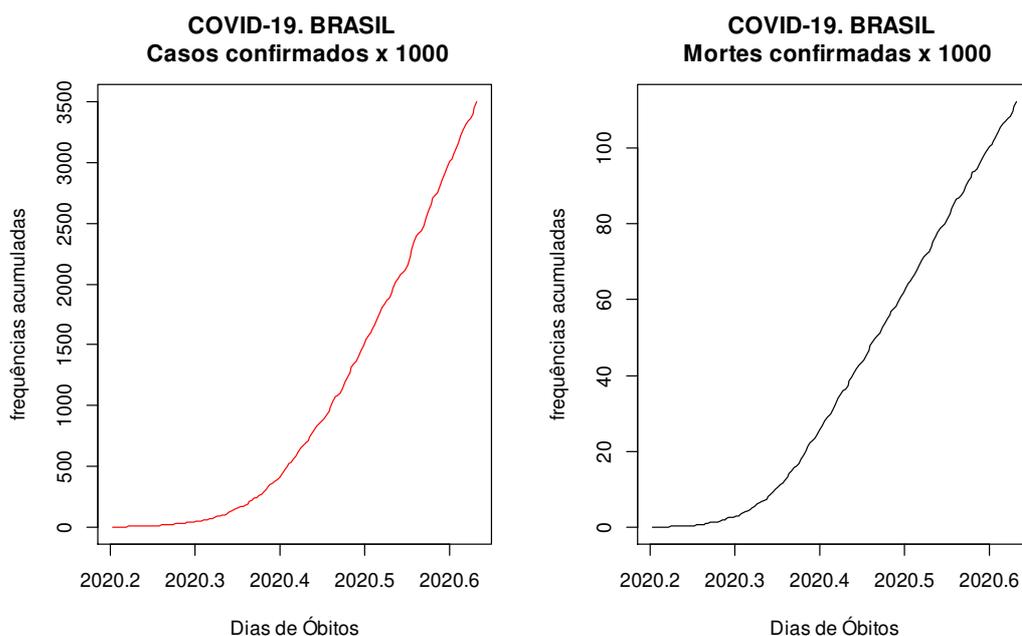


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 9 847 novos casos e 276 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Ceará, Rio de Janeiro, Pará, Minas Gerais, Maranhão, 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	9847	721377	276	25591
BA	3618	224659	69	4611
RJ	3513	202993	185	14913
CE	1943	201201	45	8241
PA	2141	182231	40	6015
MG	3371	181158	130	4436
DF	1592	141762	51	2148

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 20 de agosto de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 45 323 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 1 204 óbitos, sendo um dos maiores até hoje em um único dia, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

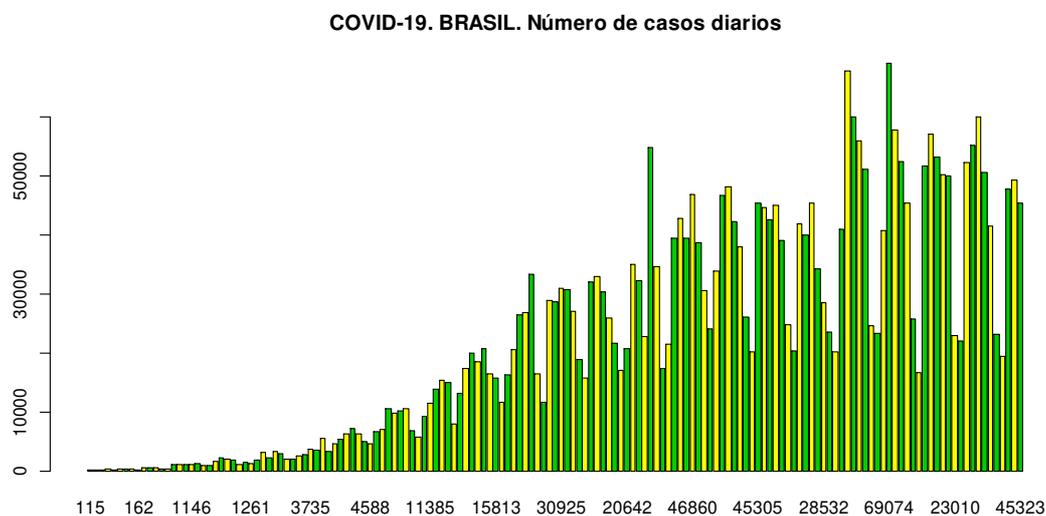


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

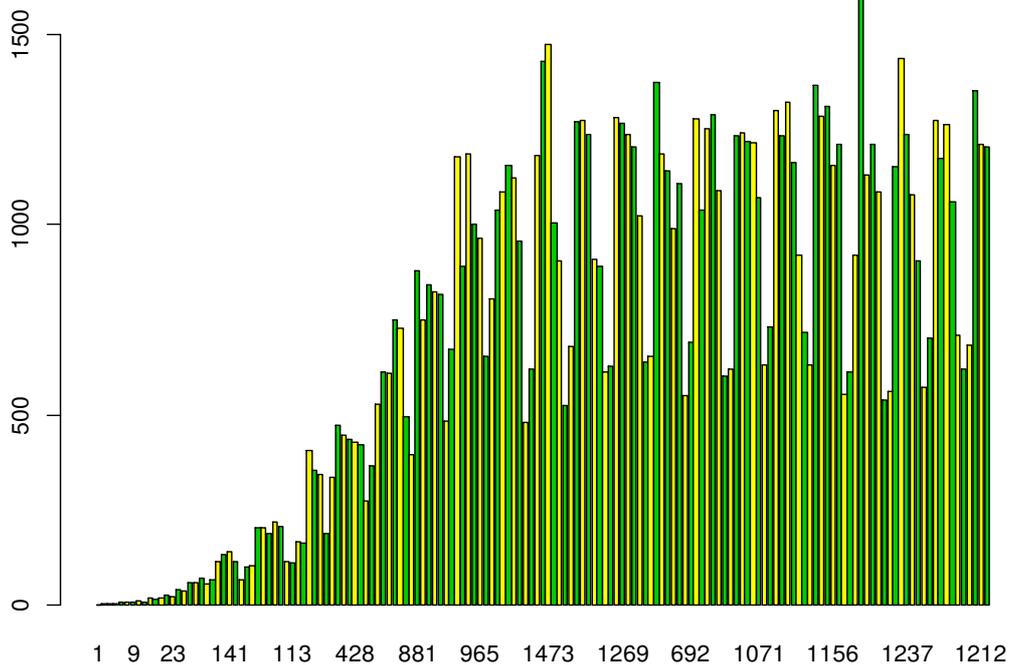


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.27%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.27% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.44%. 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
21/08/2020	3530119	113230	3492755 3567482	112483 - 113977
22/08/2020	3565197	114373	3511477 3618916	113299 - 115447

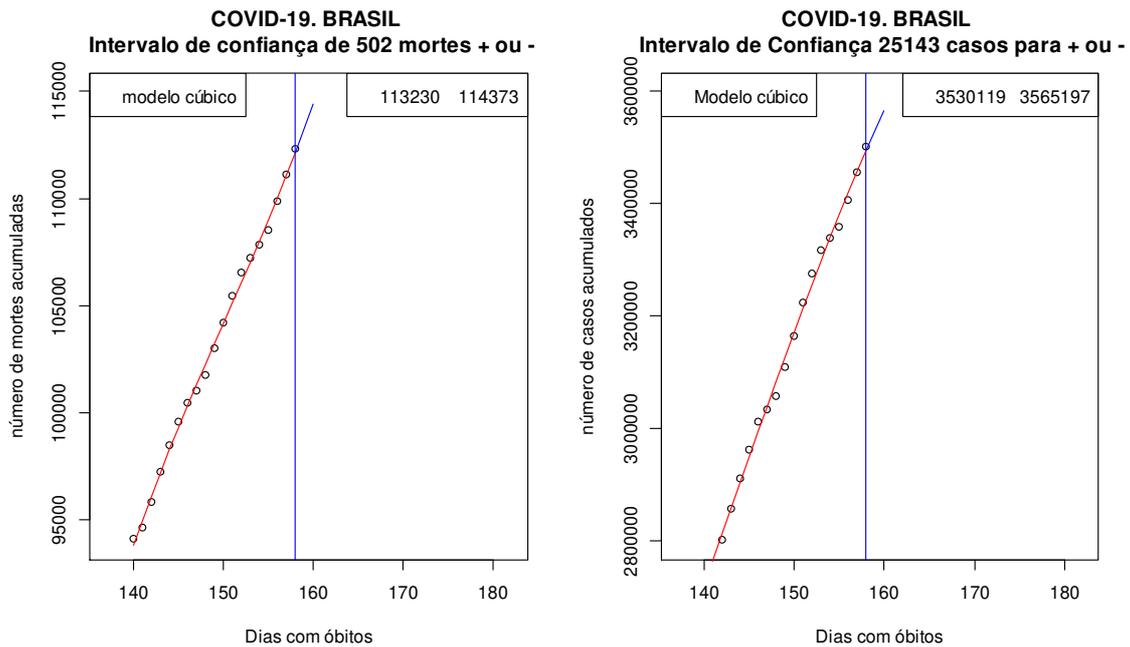


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 13 semanas a média de mortes são estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Já nos casos as 9 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 para os casos confirmados e há mais de três meses nas mortes confirmadas.

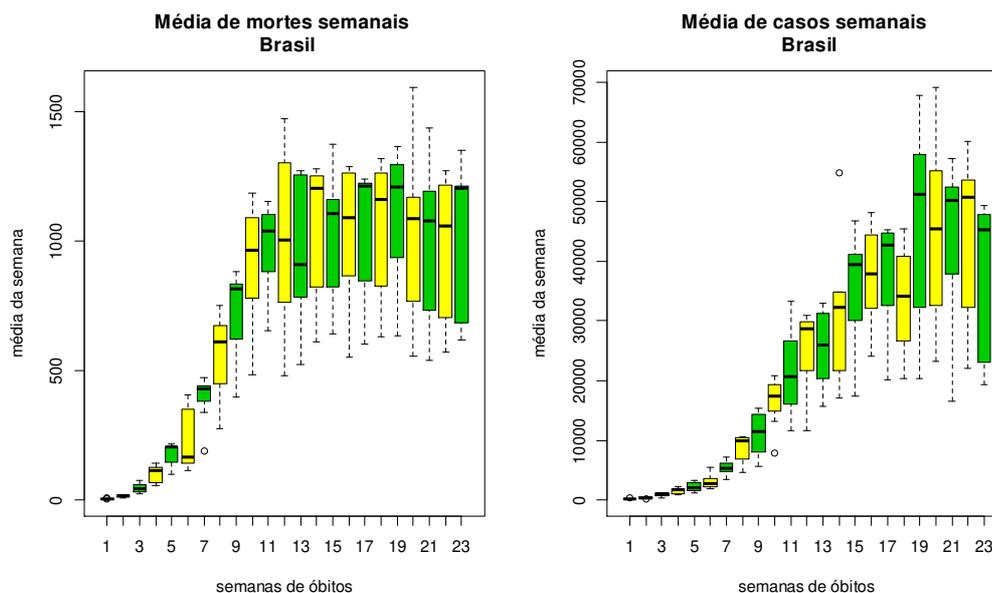


Gráfico 07. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

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 37 500 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 5 450 casos para mais e para menos e 968 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 121 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 263 200 casos e 6 780 mortes. Semana passada se projetou 317 833 casos e o valor real foi 277 099, para as mortes projetou-se 6 851 e o valor real foi 6 841. 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
21/08/2020	45680	1064	46316	1059
22/08/2020	39816	801	40400	826
23/08/2020	19475	576	20367	570
24/08/2020	16042	649	17412	645
25/08/2020	44421	1271	45763	1256
26/08/2020	49907	1220	51700	1239
27/08/2020	47859	1198	50207	1205

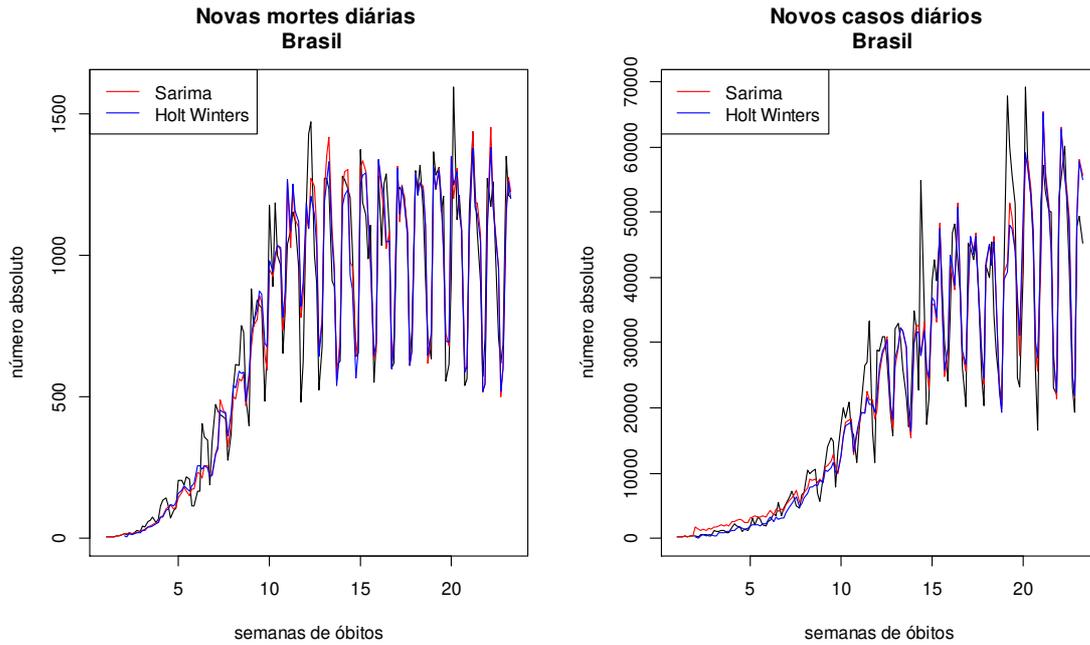


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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 44 dias.

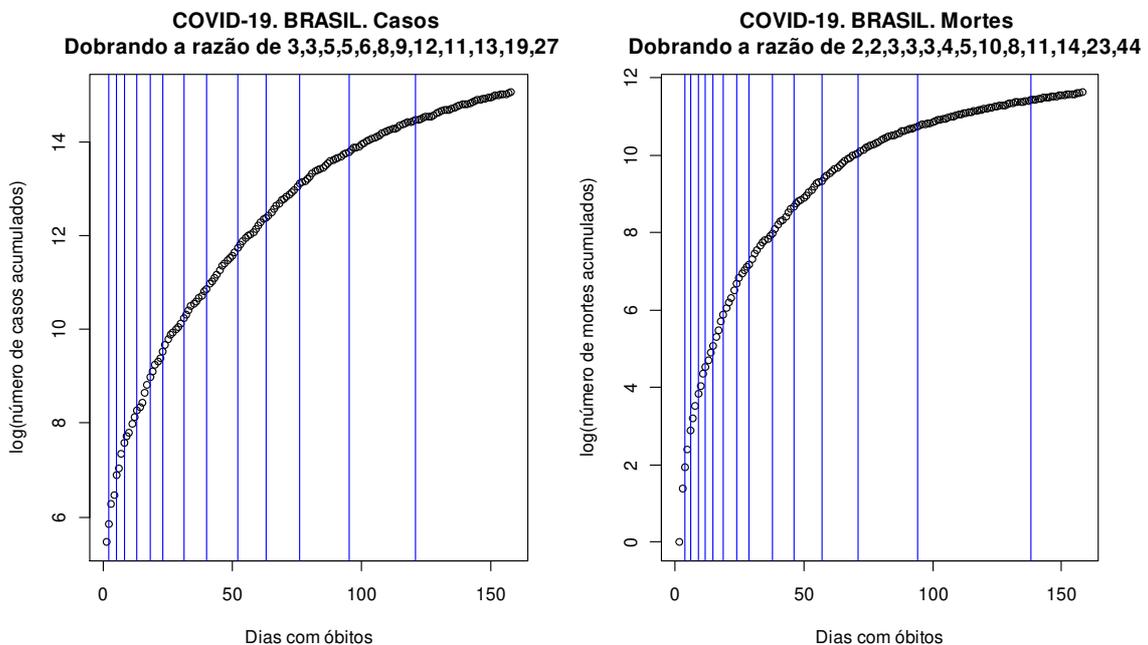


Gráfico 09: Espaço entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 170 dias de aumentos

até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 160 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 01 de setembro (170 dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 4 058 083 casos, num ambiente mais favorável podem atingir os valores de 3 270 214. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 131 551 mortes e num ambiente mas favorável seriam 114 490 mortes.

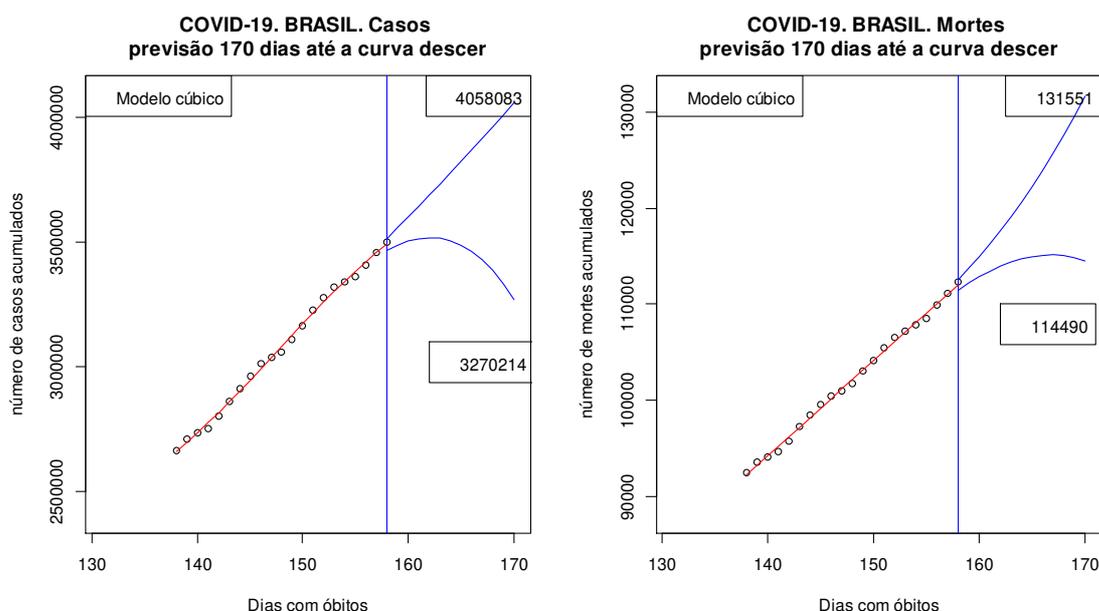


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 160 dias (22 de Agosto) e 170 dias (01 de setembro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

	160 dias		170 dias	
Variável	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	3298774	3840042	3270214	4058083
Mortes	107642	118510	114490	131551

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 63 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada), contudo abaixo da média mundial), saindo da posição 64 da semana passada para a 68 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 11 230 400 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

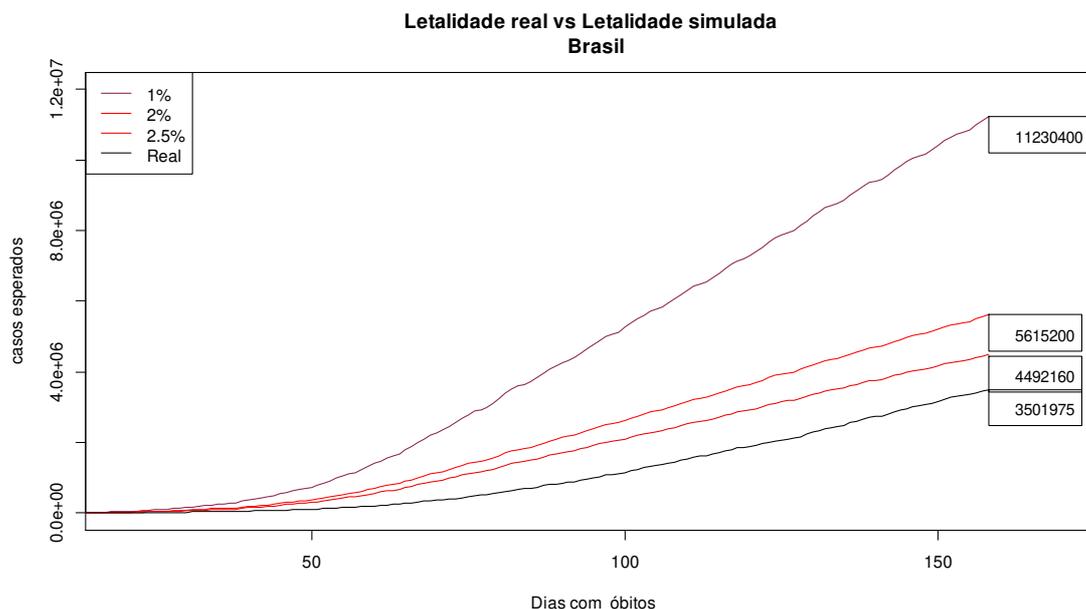


Gráfico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 28.41 da semana passada para 21.43 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 1655 casos por cada 100 000 habitantes.

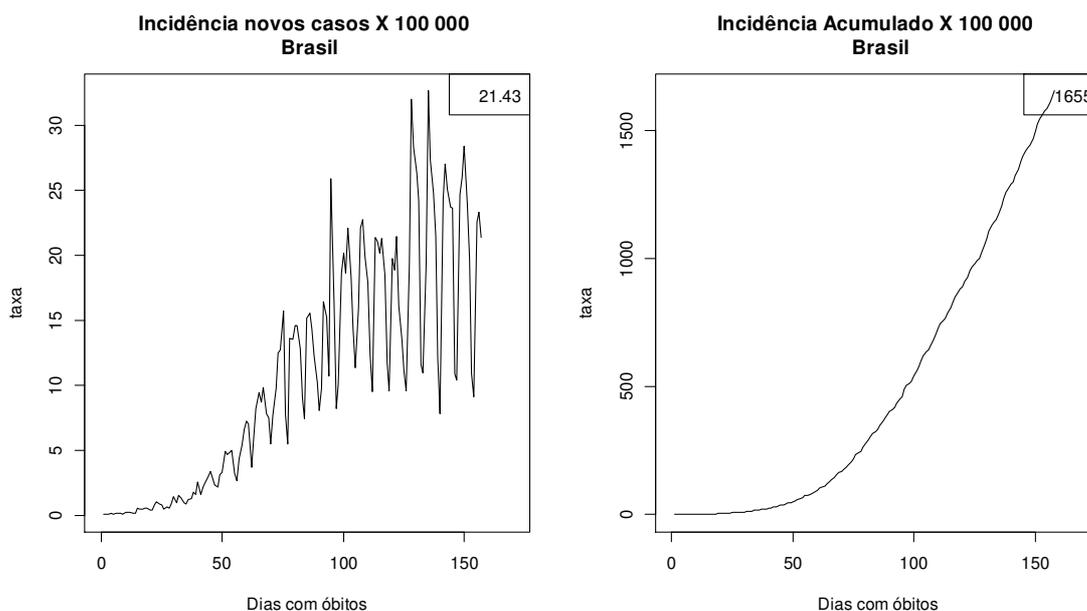


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 20 de agosto, 66810 casos confirmados e 1670 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 3 966 casos e 133 mortes a mais. Comparando as duas últimas semanas houve 1 194 casos a menos e 4 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	14/08/2020	419	67225	14	1684
SE	15/08/2020	476	67701	12	1696
SE	16/08/2020	296	67996	9	1705
SE	17/08/2020	316	68313	12	1717
SE	18/08/2020	386	68699	12	1729
SE	19/08/2020	368	69067	16	1745
SE	20/08/2020	435	69502	12	1757

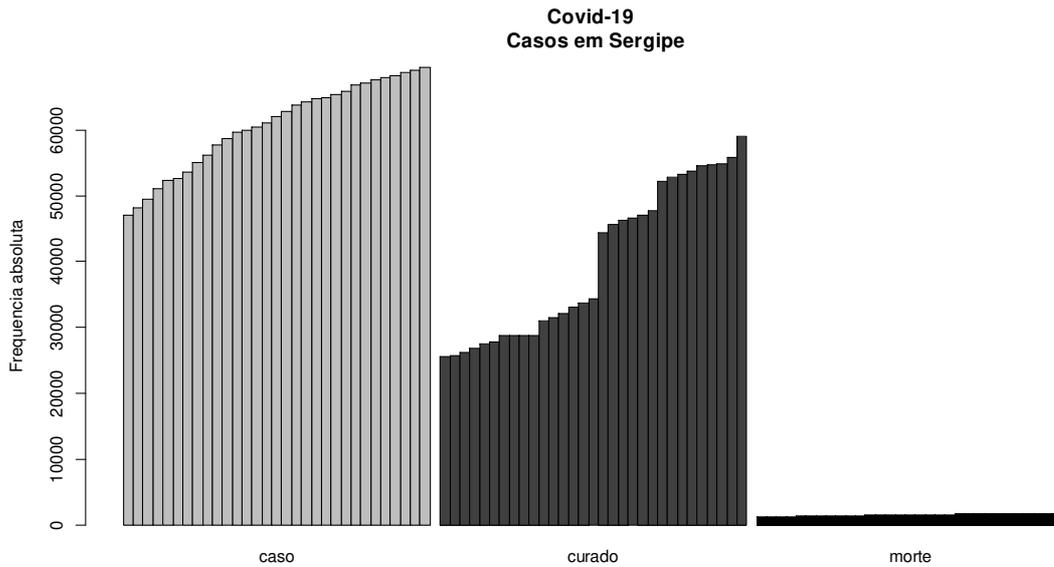


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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.

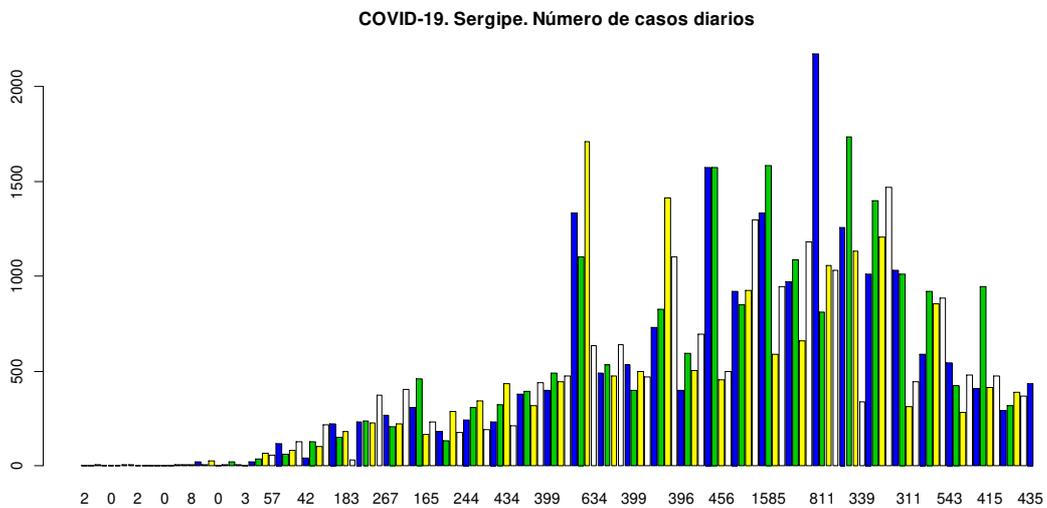


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

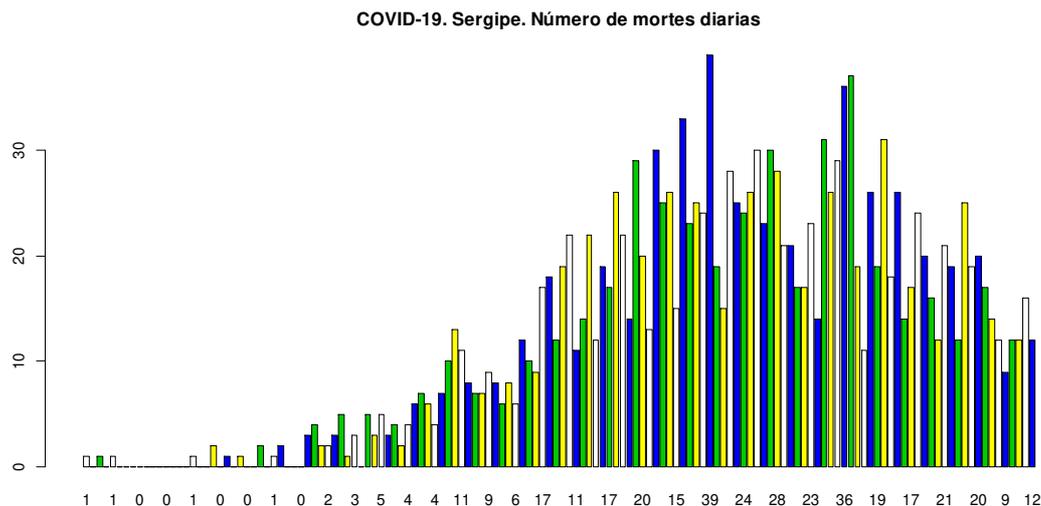


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

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 0.64 % e as mortes com 0.58 %, 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
21/08/2020	69767	69247 - 70286	1773	1762 - 1782
22/08/2020	70090	69436 - 70745	1785	1772 - 1798

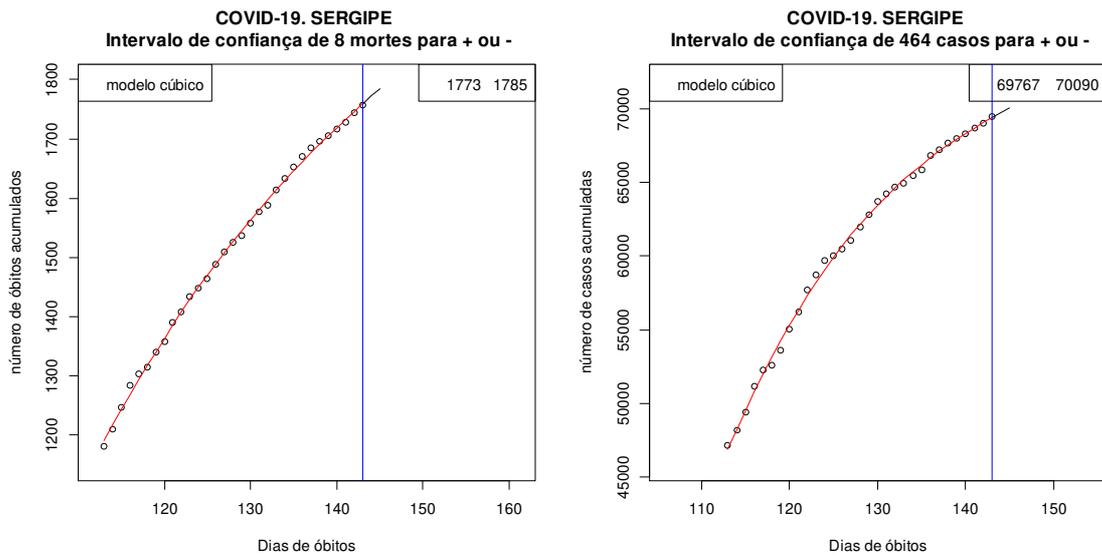


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 da sétima semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. Já para as mortes podemos afirmar que há uma queda se comarado com as últimas 9 semanas e apresentam igualdade estatística com a sétima semana, indicando a presença de uma queda tanto de casos e mortes. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

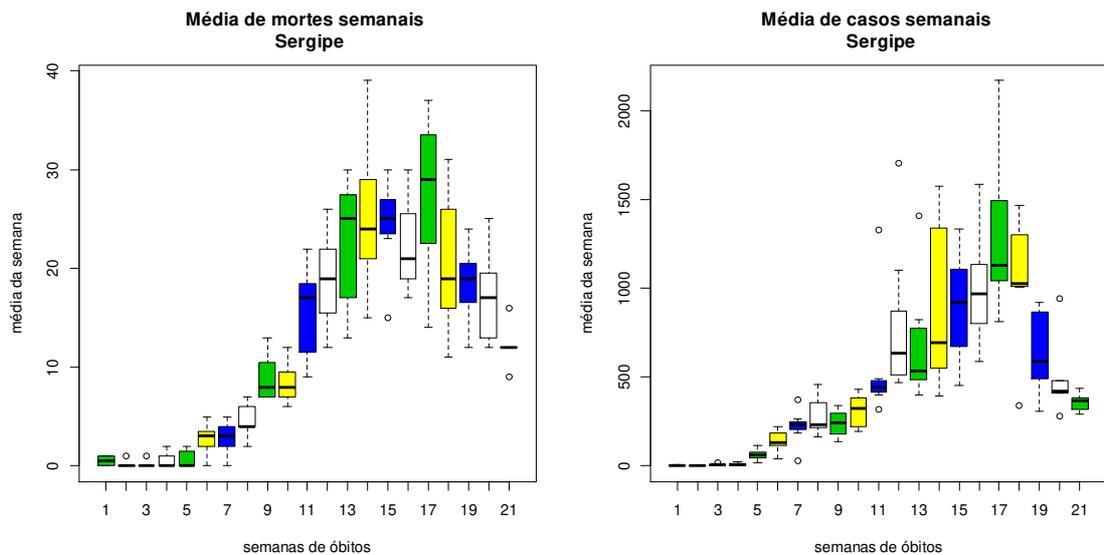


Gráfico 17. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 320 casos e 10 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 2 270 casos e 70 mortes. Semana passada projetamos 3 941 casos e 113 mortes, sendo os valores reais de 2 692 casos e 87 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
21/08/2020	451	13	406	14
22/08/2020	559	9	438	8
23/08/2020	371	8	260	6
24/08/2020	255	13	152	14
25/08/2020	350	11	304	9
26/08/2020	326	14	282	10
27/08/2020	437	8	423	9

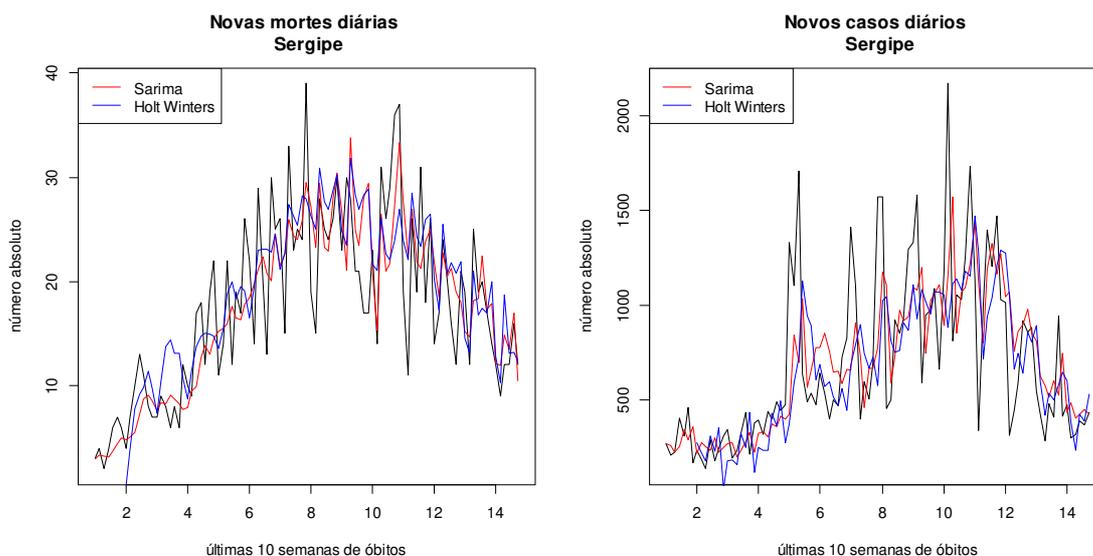


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.53 % sendo a semana passada de 2.5 %, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,2%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de dois meses vem crescendo, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

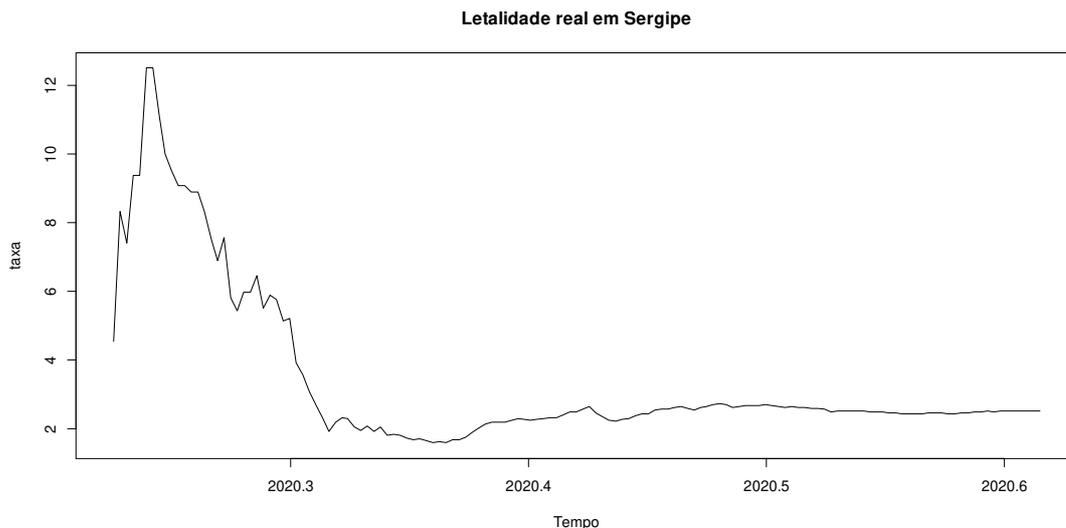


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 68 semana passada e esta semana está na posição 71 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de de 3.2 %, é considerado alto a nível mundial, contudo semana passada era 3.3 %, indicando maior fornecimento 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 dois meses, contudo esta prolongação está no pico mais alto da curva. A média móvel está estável, embora não significativa sempre há um leve aumento de casos semanais.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 263 200 casos e 6 780 mortes.
6. A projeção para casos e mortes para 170 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 demora em descer na curva de crescimento.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 385 casos e 12 mortes, esta semana serão em média 390 casos e 10 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, 2ª 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.

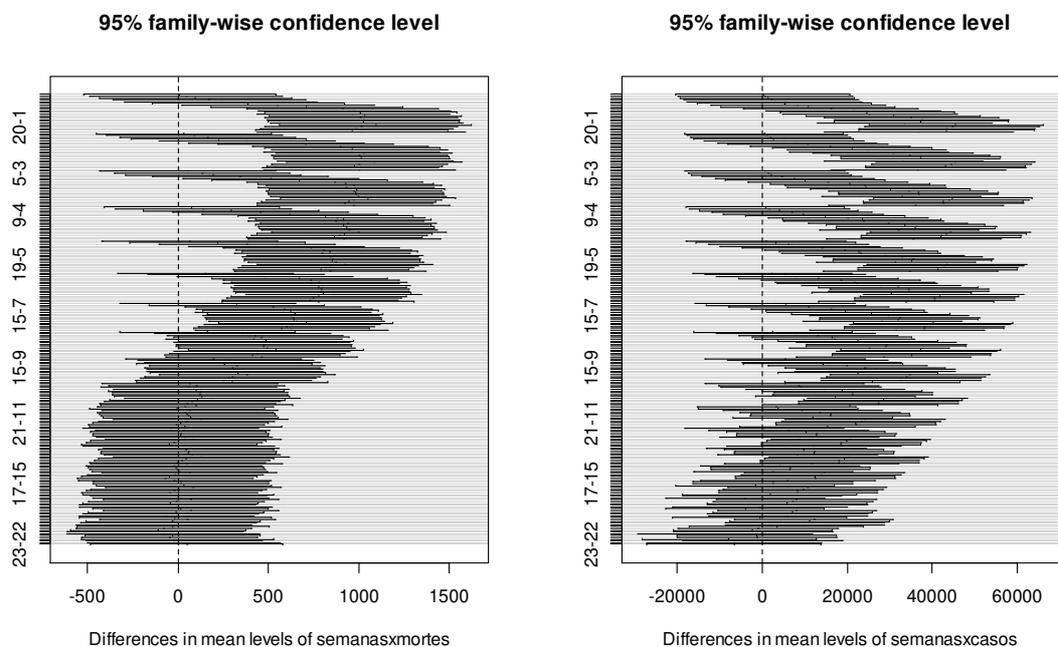


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

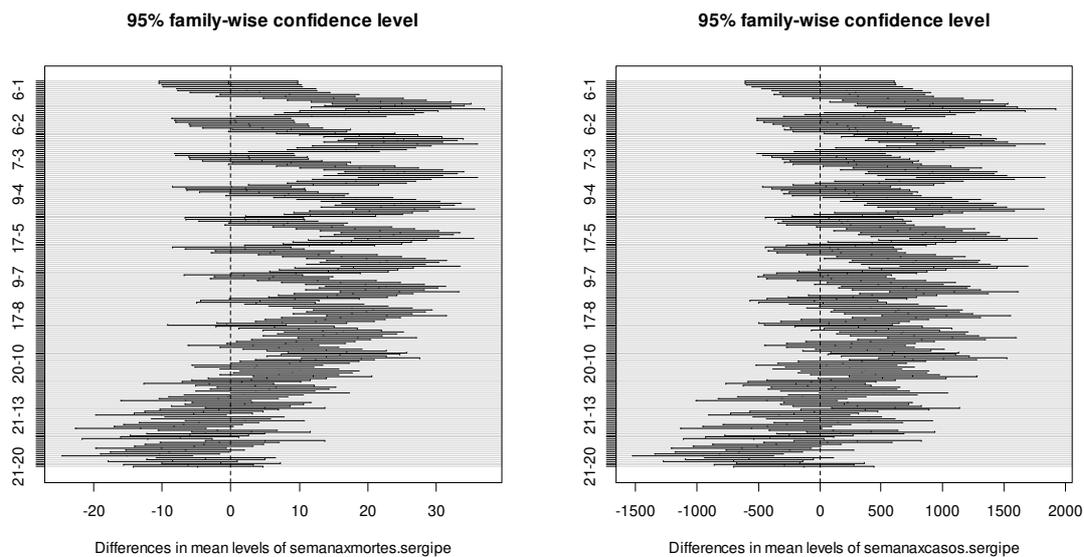


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.