



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

Nota técnica n^o 19 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.....	13
Letalidade.....	16
Conclusões	17
Bibliografia	17
Anexos.....	18

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 10 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 19.2 menor que a da semana passada que atingiu 20.7 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 67.7 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 267 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 a

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

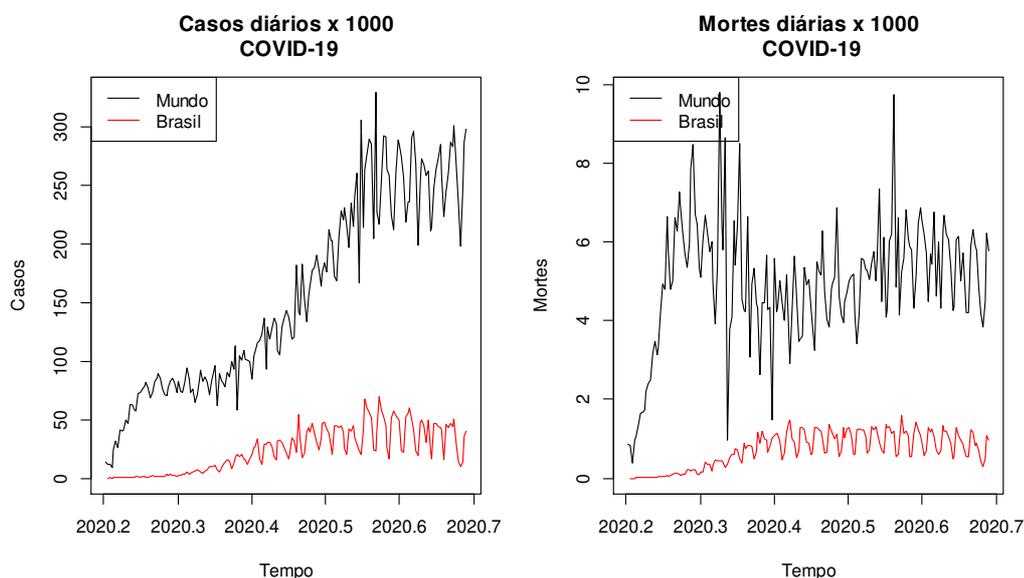


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

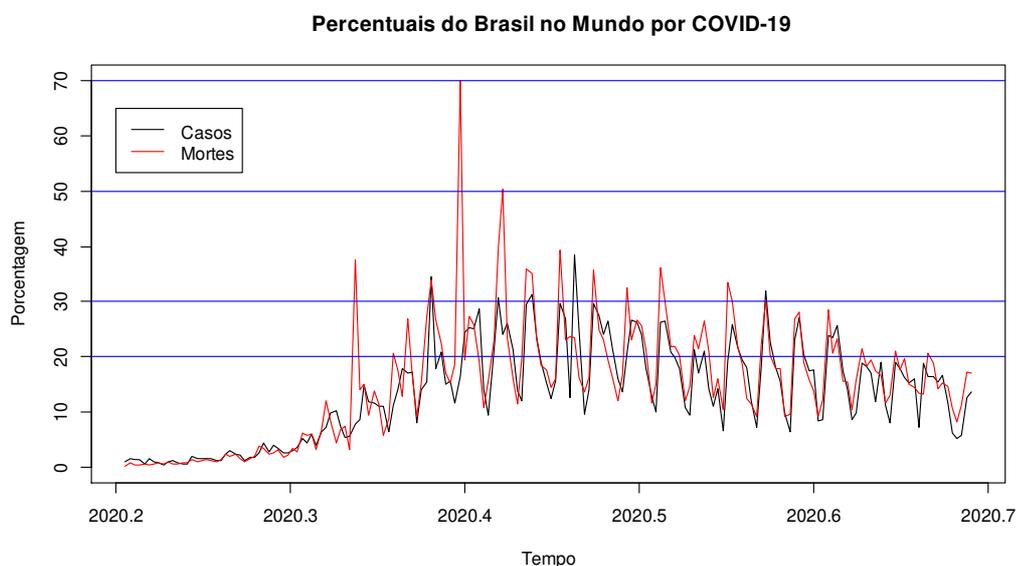


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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 que

lentamente o Brasil perde espaço no avanço da epidemia no âmbito internacional. Em números absolutos acumulados o país é terceiro em número de casos e segundo em número de mortes atrás apenas dos Estados Unidos. Ontem 09 de setembro o Brasil teve 35 816 casos e 1 075 óbitos de um total de 269 195 casos e 5 948 mortes no mundo, representando 13.3% dos casos e 18% das mortes, onde semana passada foram 18.8% e 20.9% respectivamente, indicando uma queda nos percentuais se comparado com as semanas prévias, e nesta semana se posiciona no terceiro lugar no ranking mundial, onde a Índia se posicionou no segundo lugar no dia 07 de setembro. Uma visualização no Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos os casos e mortes acumuladas, contudo há presença de desaceleração nesta semana, e que até a data do dia 10 de setembro, foram de 4 238 446 casos confirmados e 129 522 mortes, aumentando em uma semana mais de 196 808 casos e mais de 4 908 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 83 439 casos e 1 057 mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
04/09/2020	4091801	125502	3278243	688056
05/09/2020	4123000	126203	3296702	700095
06/09/2020	4137521	126650	3317227	693644
07/09/2020	4147794	126960	3355564	665270
08/09/2020	4162073	127464	3397234	637375
09/09/2020	4197889	128539	3453336	616014
10/09/2020	4238446	129522	3497337	611587

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

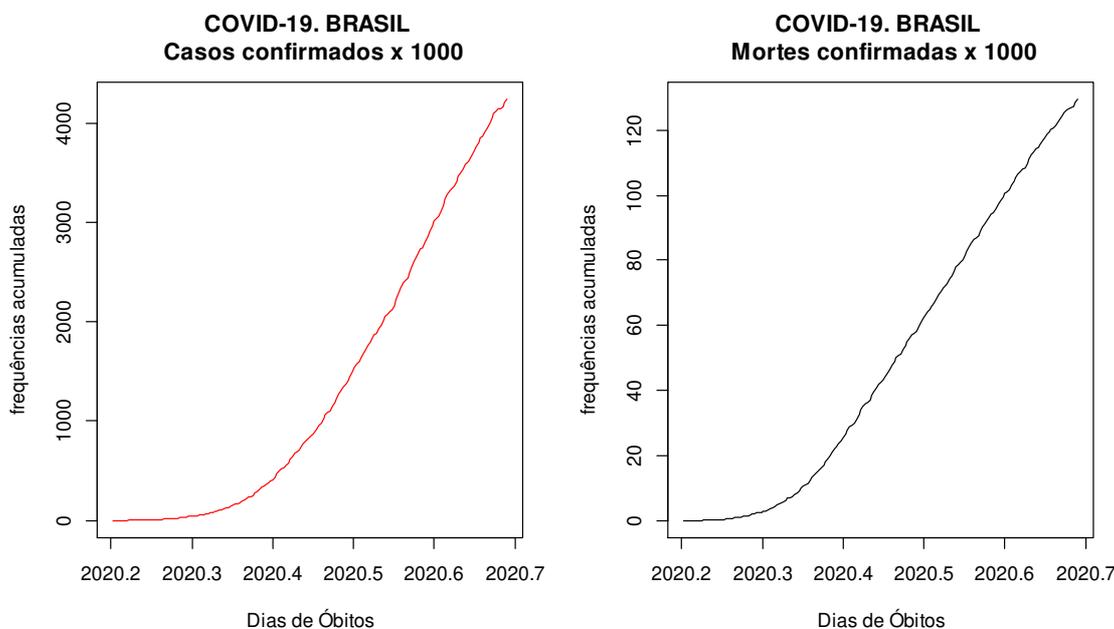


Gráfico 03: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 7 793 novos casos e 391 novas mortes, e os seguem os estados de Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Ceará, Pará, Santa Catarina, 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	7793	874754	391	32104
BA	2274	277327	40	5818
MG	1852	242533	58	6009
RJ	500	234813	124	16871
CE	814	221953	132	8493
PA	1248	211061	11	6289
SC	2585	194176	18	2483

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 10 de setembro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 40 557 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 983 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

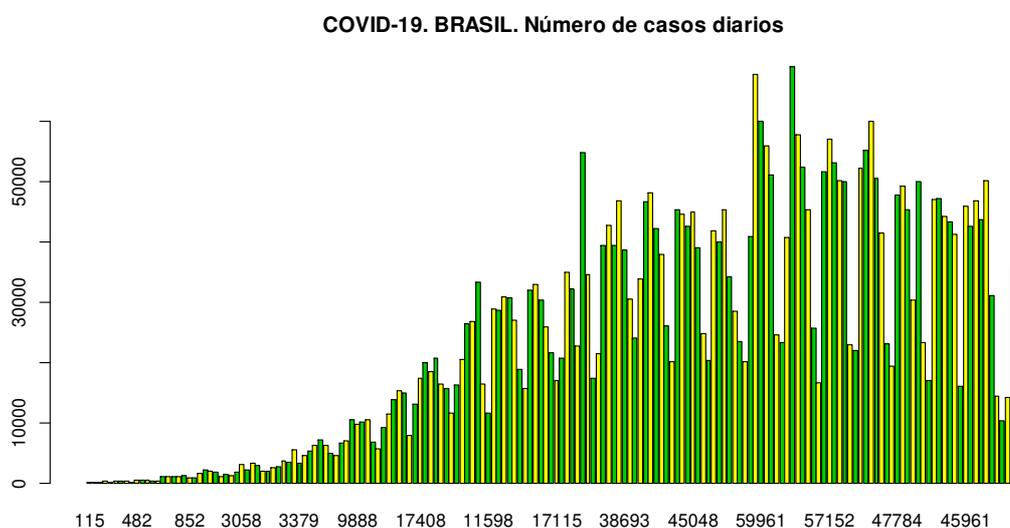


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

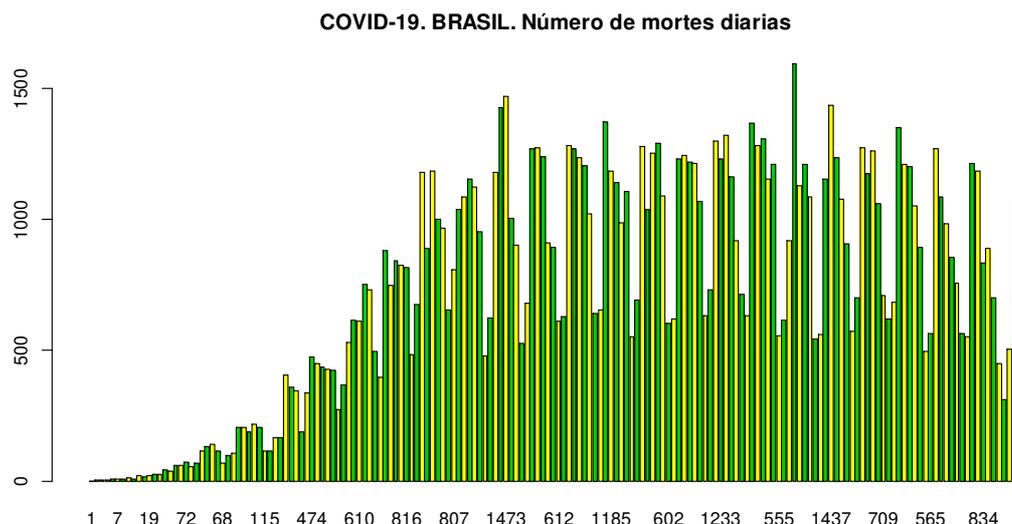


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.19%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.19% 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
11/09/2020	4228041	129675	4196340 - 4259742	128948 - 130402
12/09/2020	4231512	130148	4186677 - 4276348	129120 - 131176

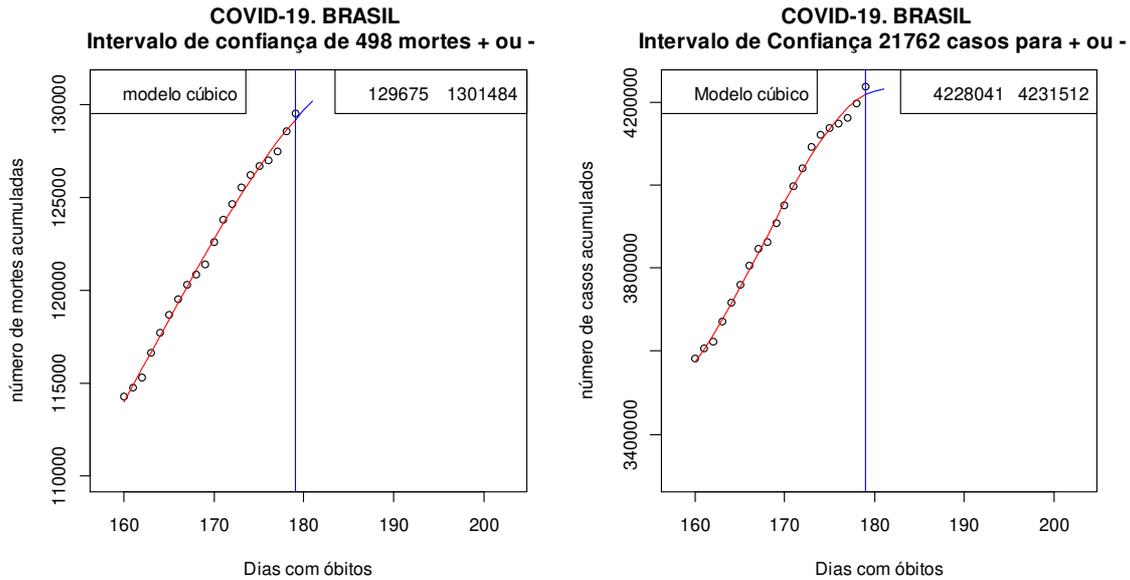


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 esta última semana 26 é estatisticamente igual à semana 7 tanto para casos e mortes ($p > 0,05$). Isto indica uma queda estatisticamente significativa nos casos e nas mortes, ou seja, o Brasil sai do platô instalado há mais de 3 meses e começa a descer na curva de crescimento.

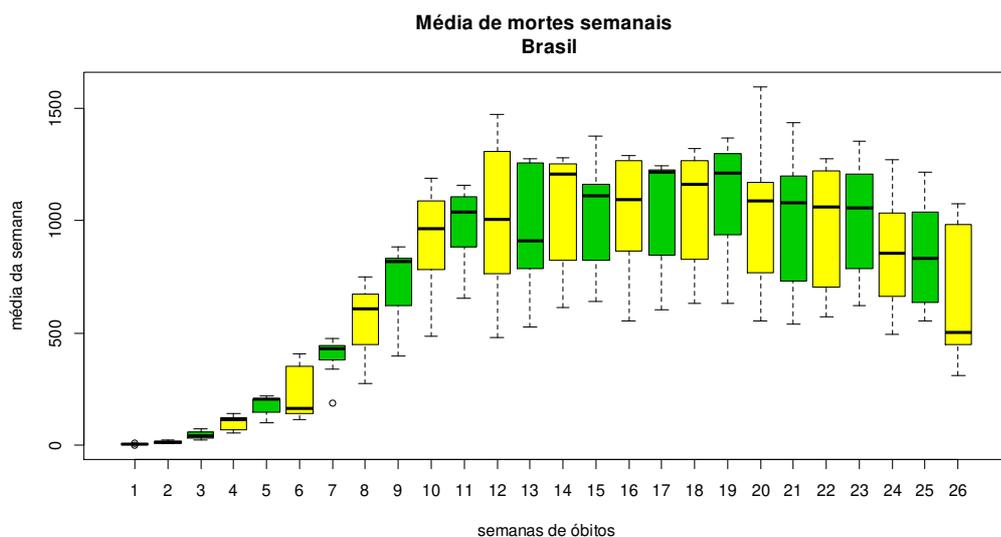


Gráfico 07 (a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

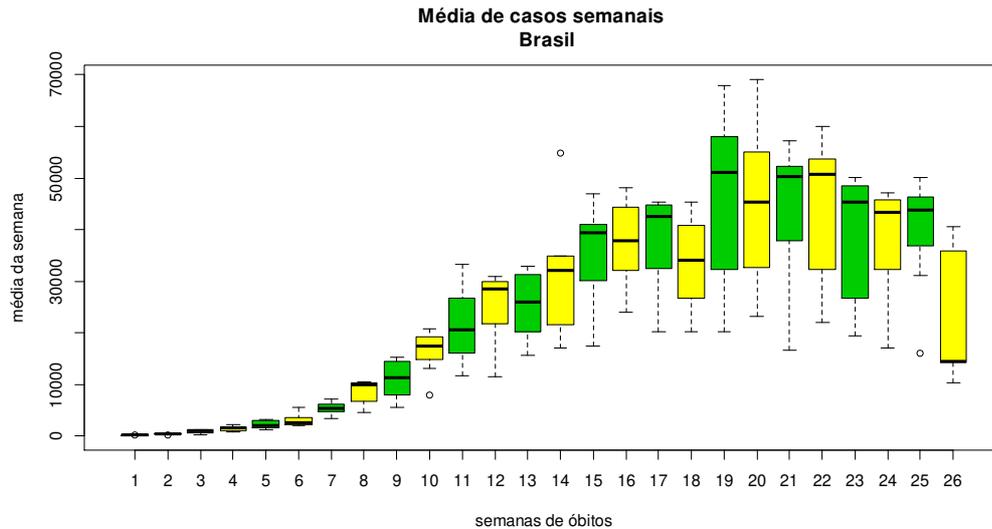


Gráfico 07 (b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 26554 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 600 casos para mais e para menos e 610 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 125 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 185 878 casos e 4 275 mortes. Semana passada se projetou 272 116 casos e o valor real foi 196 808, para as mortes projetou-se 5 376 e o valor real foi 4 908. 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
11/09/2020	41308	873	34748	790
12/09/2020	31096	608	28762	633
13/09/2020	15298	345	8687	380
14/09/2020	22342	255	12588	339
15/09/2020	23238	560	25338	810
16/09/2020	34828	887	37661	1081
17/09/2020	36125	747	38094	920

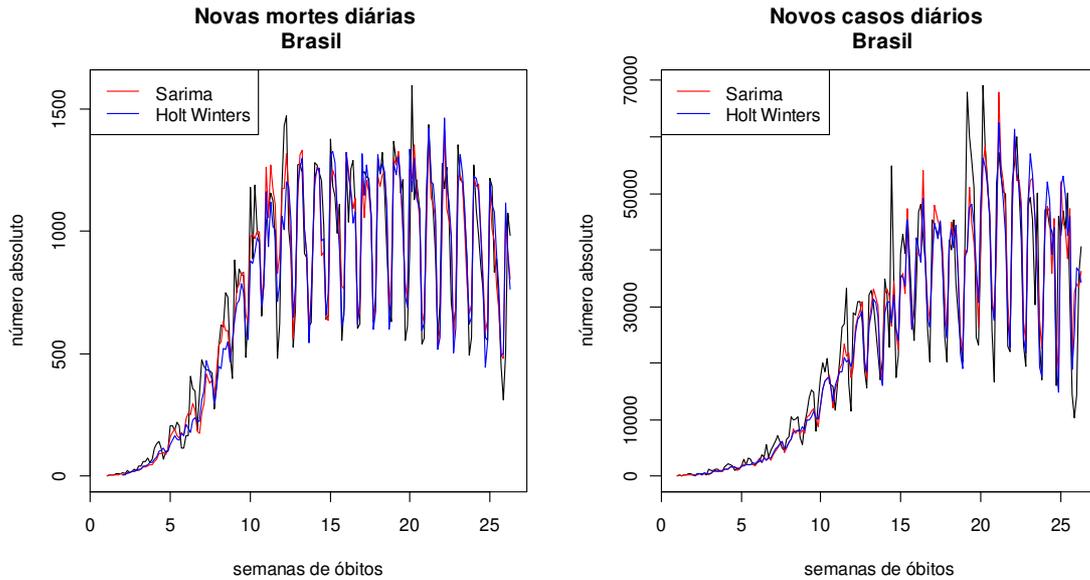


Gráfico 08. Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos e novas mortes.

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.

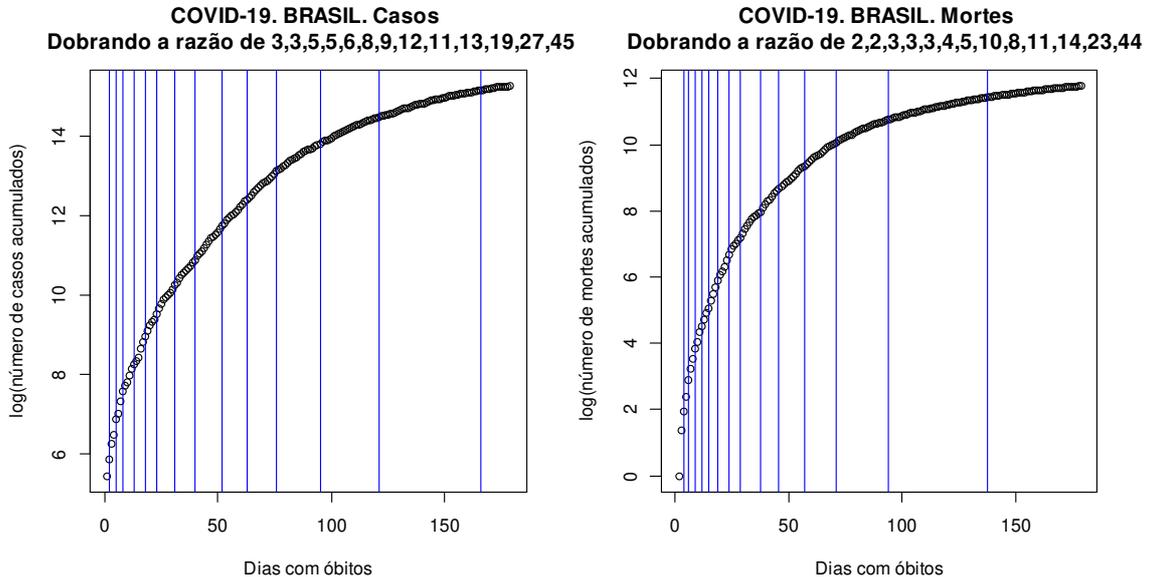


Gráfico 09: Espaçoamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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 185 dias de aumentos até a curva descer e é comparada com a projeção da semana passada para 180 dias. A justificativa é que, embora há uma estabilização nestas últimas semanas, no acumulado ainda há crescimento com menor aceleração da curva. Para o dia 16 de setembro (185

dias de óbitos) no limite os casos confirmados podem atingir os valores de 4 315 686 casos. Já as mortes confirmadas num ambiente menos favorável pode atingir 133 906 mortes.

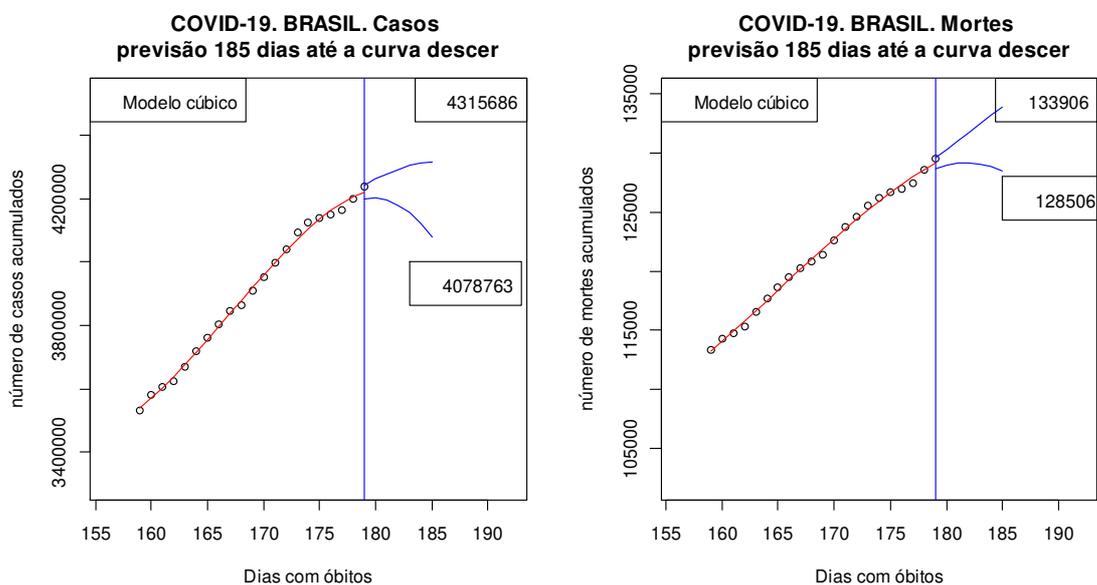


Gráfico 10. Projeção de potência a partir dos últimos 20 dias.

Tabela 04. Projeção para 180 dias (11 de setembro) e 185 dias (16 de setembro) após o primeiro óbito usando um modelo cúbico.

Variável	180 dias		185 dias	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Casos	4236647	4520213	128506	133906
Mortes	126705	135044	4078763	4315686

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 10 de setembro por cada 1 000 habitantes foram 67.7 testes (mostrando que o país tem disponibilizado mais testes se comparado com a semana passada), contudo abaixo da média mundial), saindo da posição 80 da semana passada para a 81 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 12 952 200 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

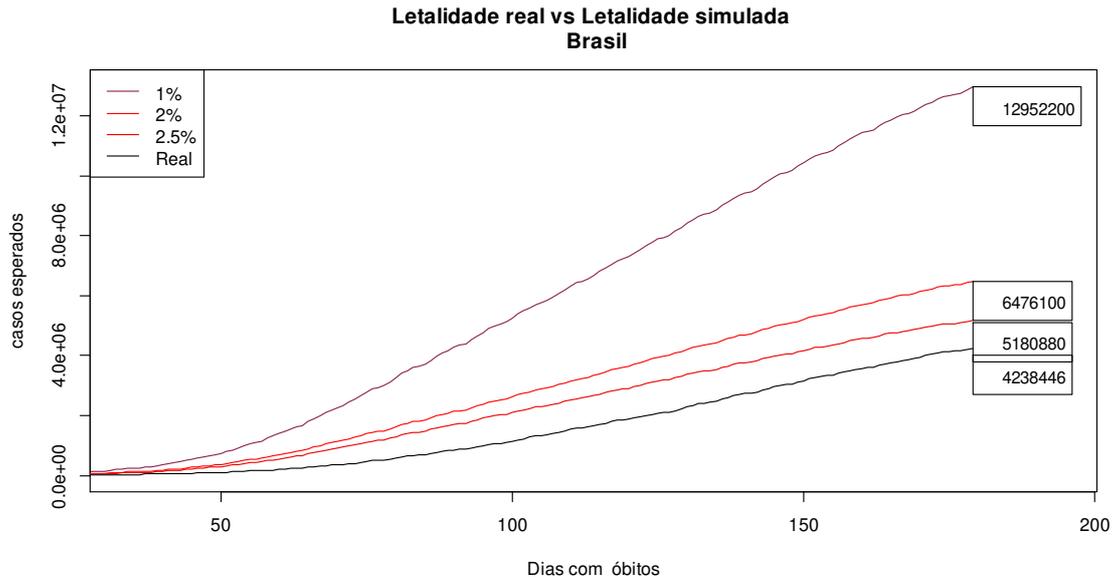


Grafico 11. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

Incidência

Este indicador mede a proporção da população que já tem a doença. A taxa de incidência é o número de novos casos de uma doença, dividido pelo número de pessoas em risco, considerando toda a população brasileira em risco, e que sua população estimada é de 211 489 034 habitantes, a conta é dada por $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100\ 000$. Mostra-se a partir do Gráfico 12, que a incidência é também crescente, saindo de 20.7 da semana passada para 19.2 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2004 casos por cada 100 000 habitantes.

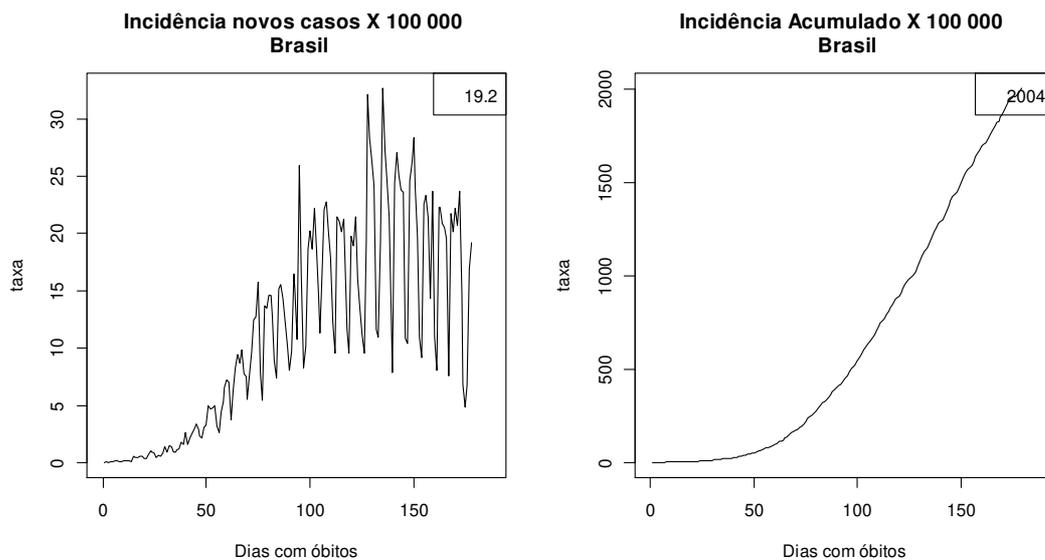


Gráfico 12. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 10 de setembro, 74386 casos confirmados e 1933 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1204 casos e 56 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 383 casos a menos e 9 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	04/09/2020	201	73383	3	1880
SE	05/09/2020	248	73631	5	1885
SE	06/09/2020	110	73740	8	1893
SE	07/09/2020	106	73846	5	1898
SE	08/09/2020	125	73971	11	1909
SE	09/09/2020	150	74121	11	1920
SE	10/09/2020	265	74386	13	1933

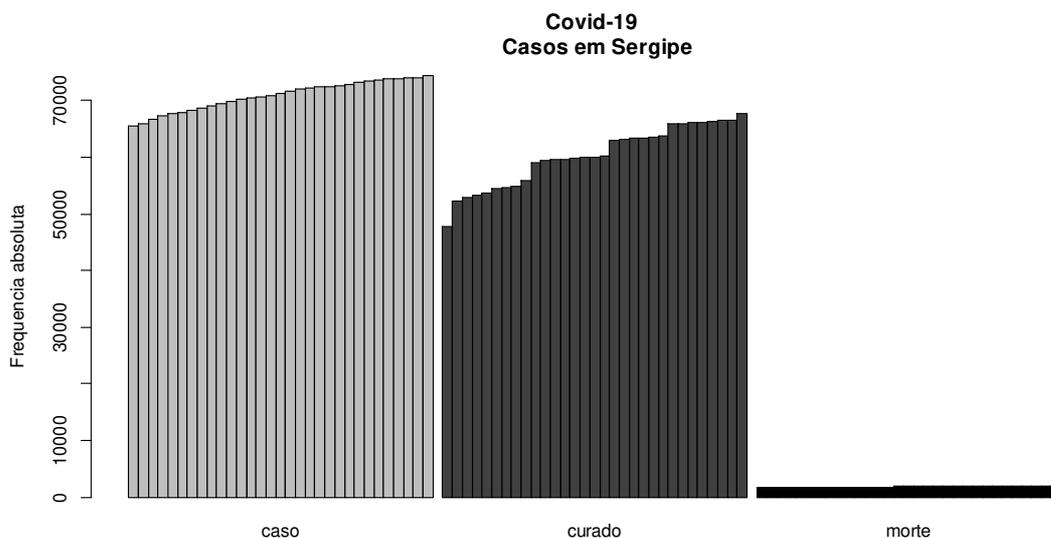


Gráfico 13. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 14 e 15, onde até o dia 10 de setembro atingiu 265 novos casos e 13 novas mortes.

COVID-19. Sergipe. Número de casos diários

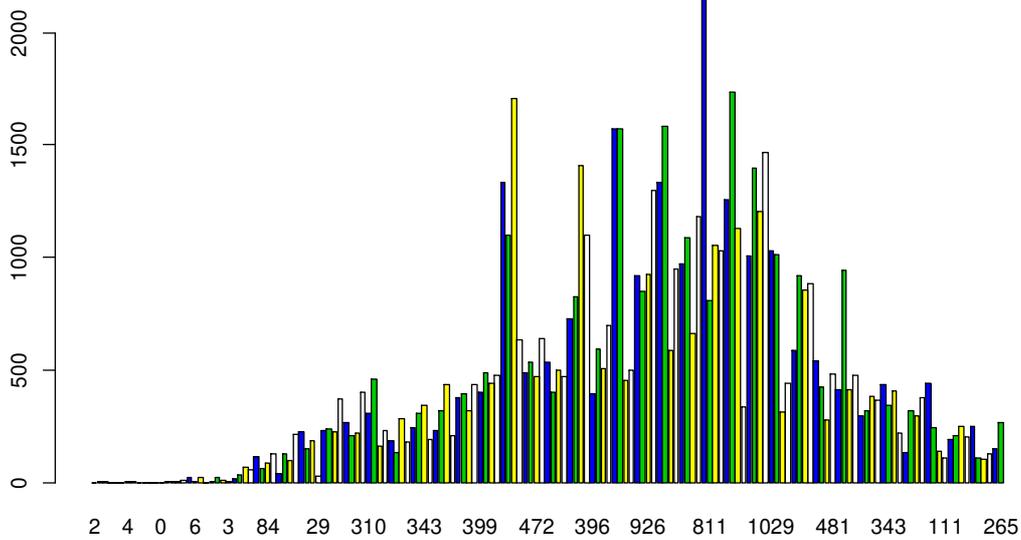


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

COVID-19. Sergipe. Número de mortes diárias

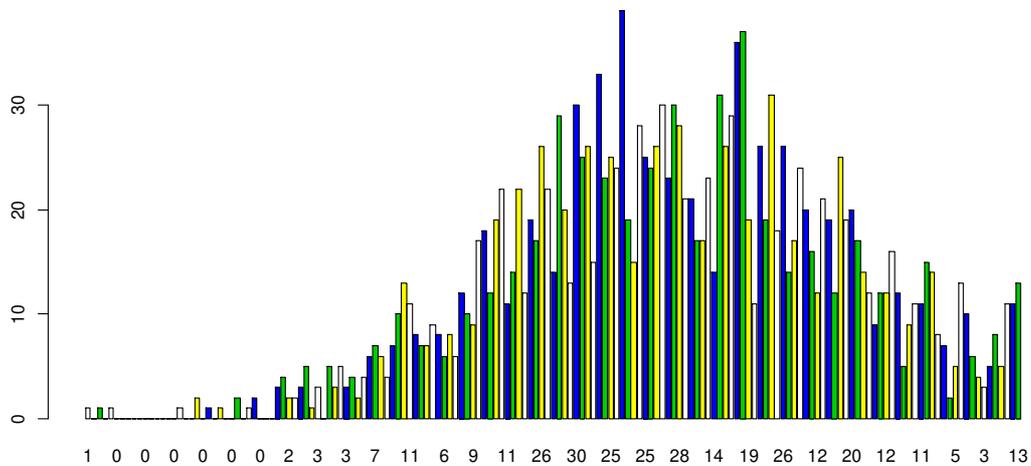


Gráfico 15. Mortes diárias testados no estado de Sergipe.

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 0.25 % e as mortes com 0.19 %, 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
11/09/2020	74497	74302 - 74693	1938	1929 - 1947
12/09/2020	74646	74399 - 74893	1949	1936 - 1963

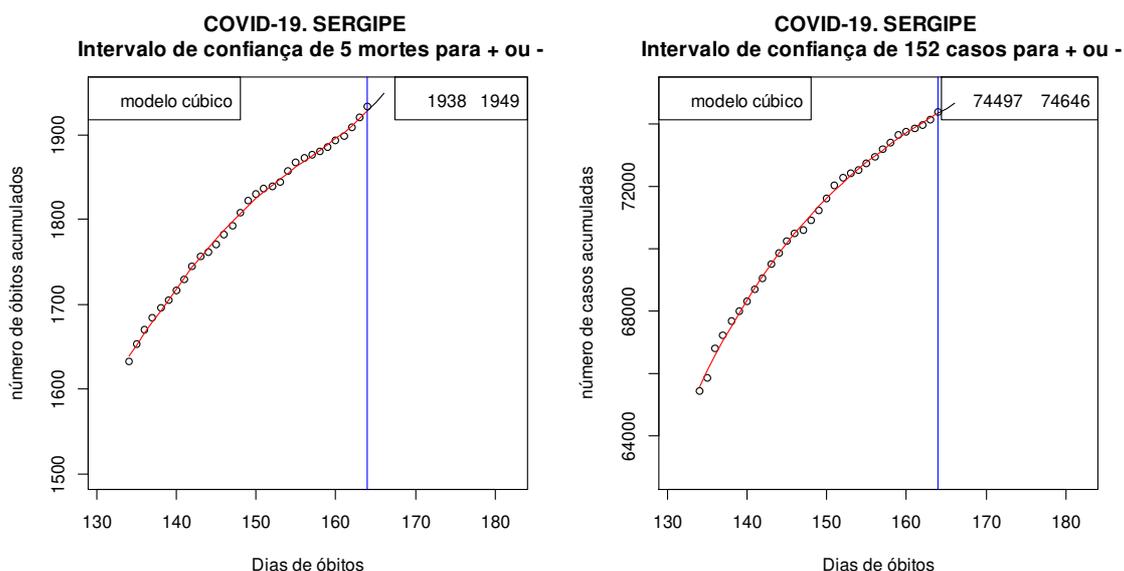


Gráfico 16: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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:

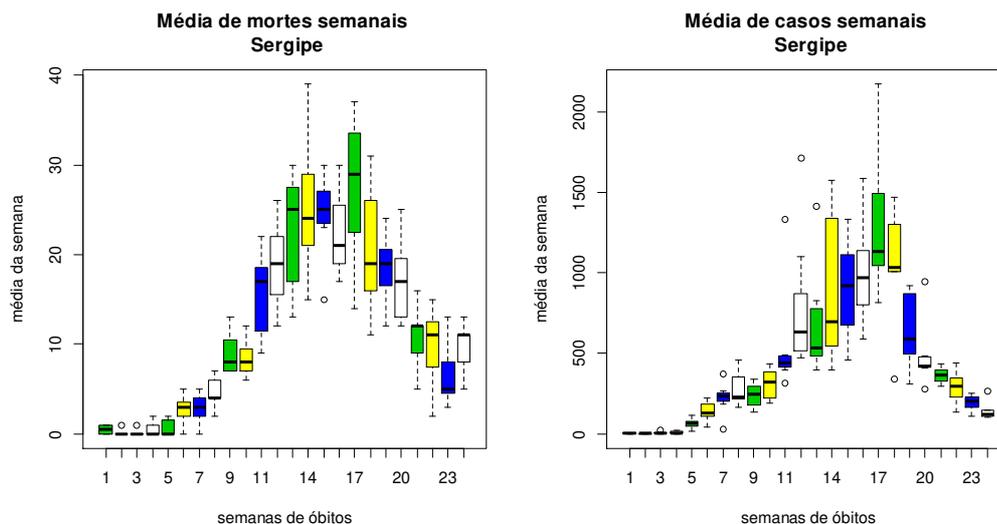


Gráfico 17. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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 120 casos e 6 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 933 casos e 38 mortes. Semana passada projetamos 1 008 casos e 25 mortes, sendo os valores reais de 1 204 casos e 56 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
11/09/2020	211	5	191	6
12/09/2020	213	5	206	3
13/09/2020	188	6	40	2
14/09/2020	186	8	48	8
15/09/2020	189	9	83	7
16/09/2020	192	7	70	6
17/09/2020	212	6	195	6

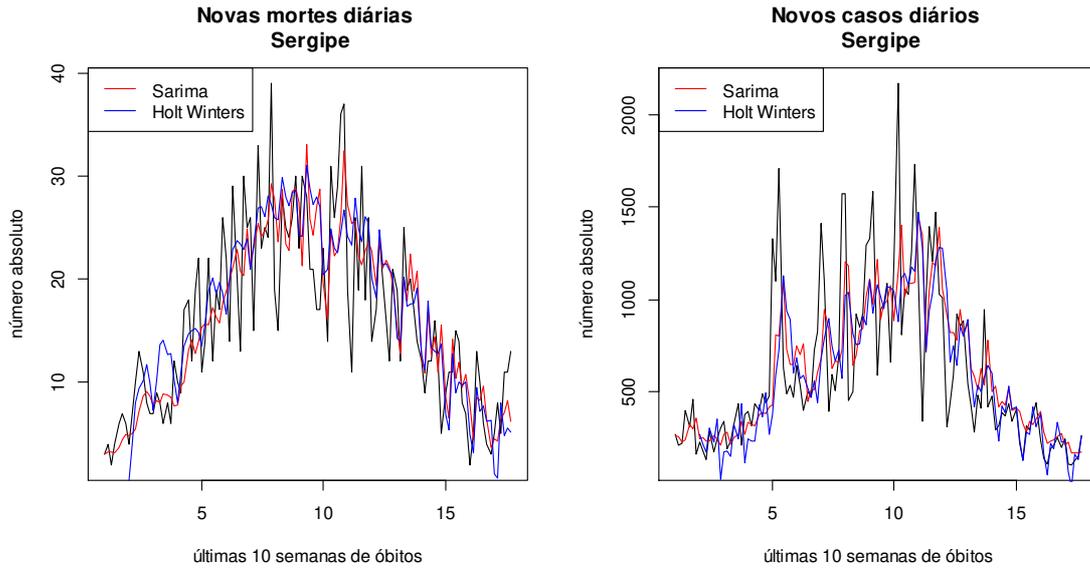


Gráfico 18. Modelos Sarima e Holt Winters para casos e mortes em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.6 % sendo de 2.56% a semana passada, indicador que embora esteja abaixo da média nacional a qual é 3,1%, ela esta se aproximando da média nacional, para observação disponibilizamos o Gráfico 19.

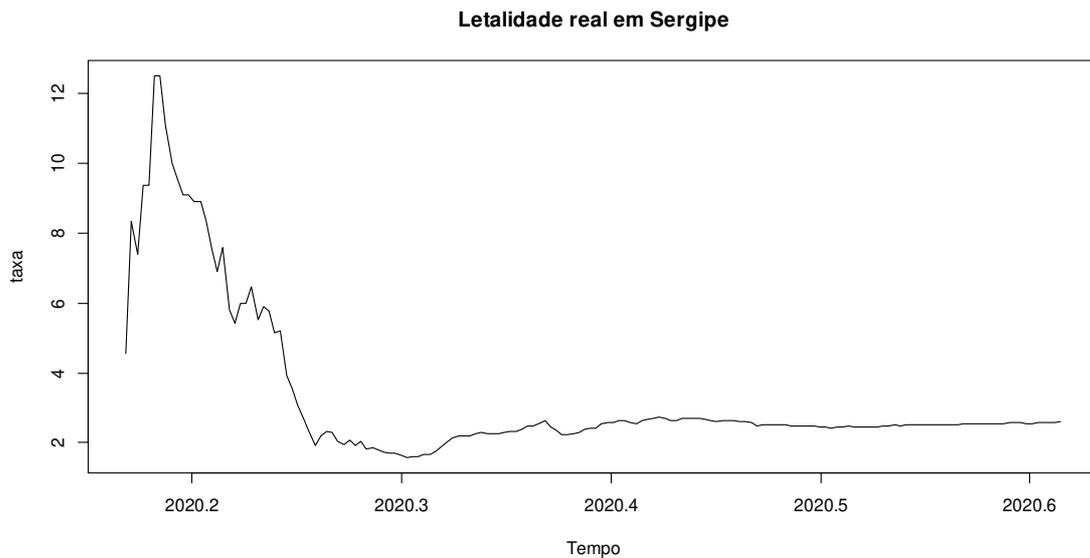


Gráfico 19. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 terceira posição em casos e mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 80 semana passada e esta semana está na posição 81 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. A letalidade de de 3.1 % é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
4. A presença de quedas de casos novos e mortes novas indicam que esta semana 26 já se comparam com as semana 7 no caso de mortes e com a semana 10 nos casos. A diminuição de casos nesta semana foi de 29% e as mortes tiveram uma queda de 17%.
5. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 185 878 casos e 4 275 mortes.
6. A projeção para casos e mortes acumuladas para 185 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 têm um decrescimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diaria de 172 casos e 8 mortes, esta semana projetamos uma queda onde serão em média 120 casos e 6 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.

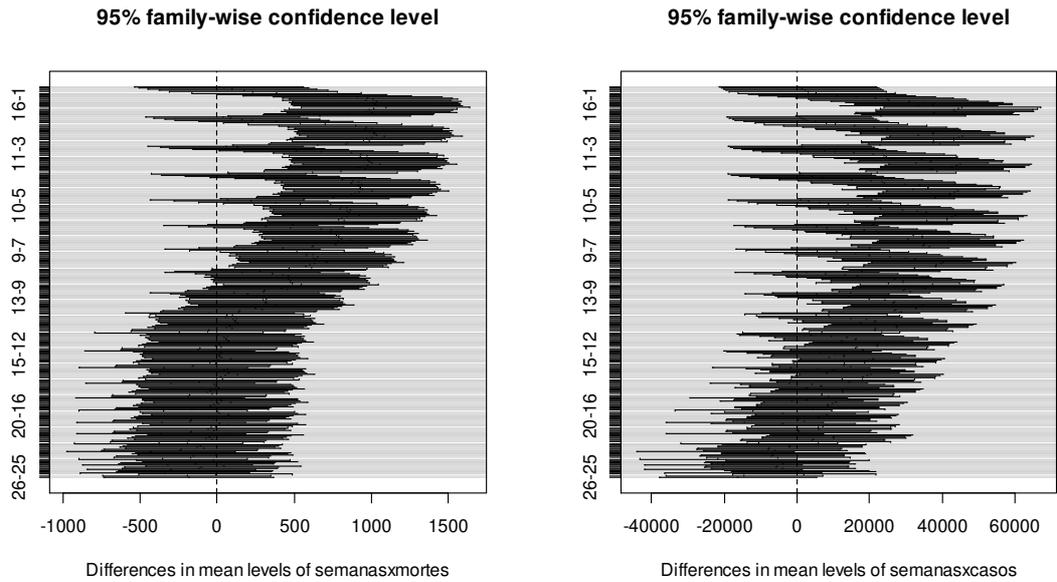


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

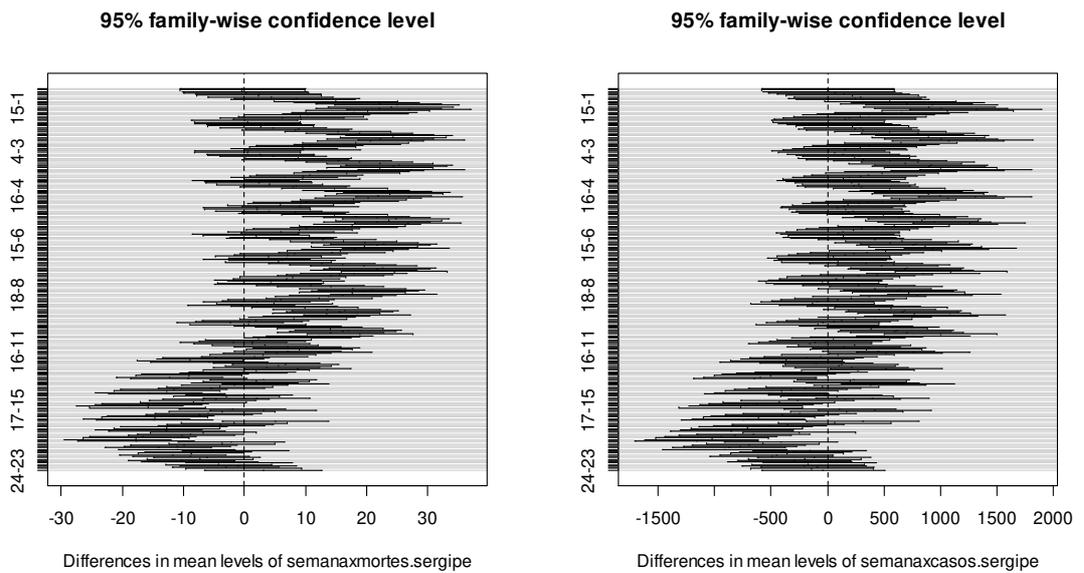


Gráfico 21. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.