



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

Nota técnica n^o 25 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	7
Letalidade.....	11
Incidência.....	12
Resultados Sergipe.....	13
Modelagem.....	15
Letalidade.....	18
Conclusões	19
Bibliografia	20
Anexos.....	20

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 22 de outubro 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%, 1.5%, 2% 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 13,12 da semana passada para 11.75 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 lentamente segue uma tendência de queda nas mortes e casos. Também o número de testes aplicados a sua população nesta semana é, em média, de 84 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 388 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 dentre os três o Brasil esta na contramão, onde começa a perder protagonismo mundial,

descendo da curva de crescimento e atualmente oscilando em torno de 10%, para as mortes e abaixo de 10% para os casos, ver gráfico 02.

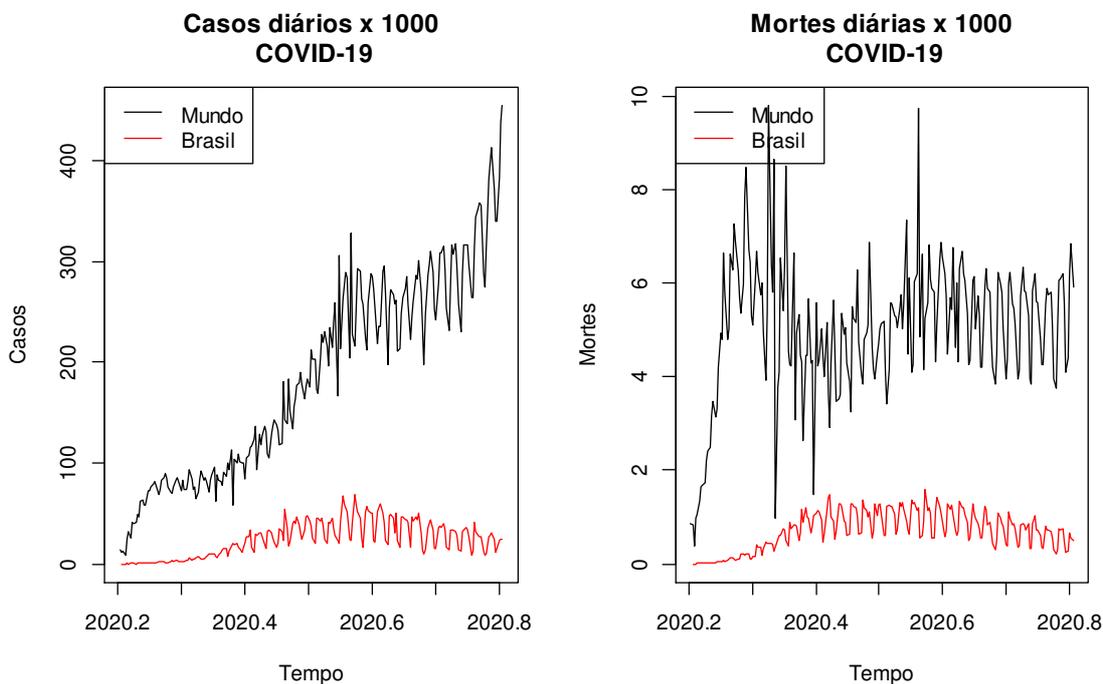


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

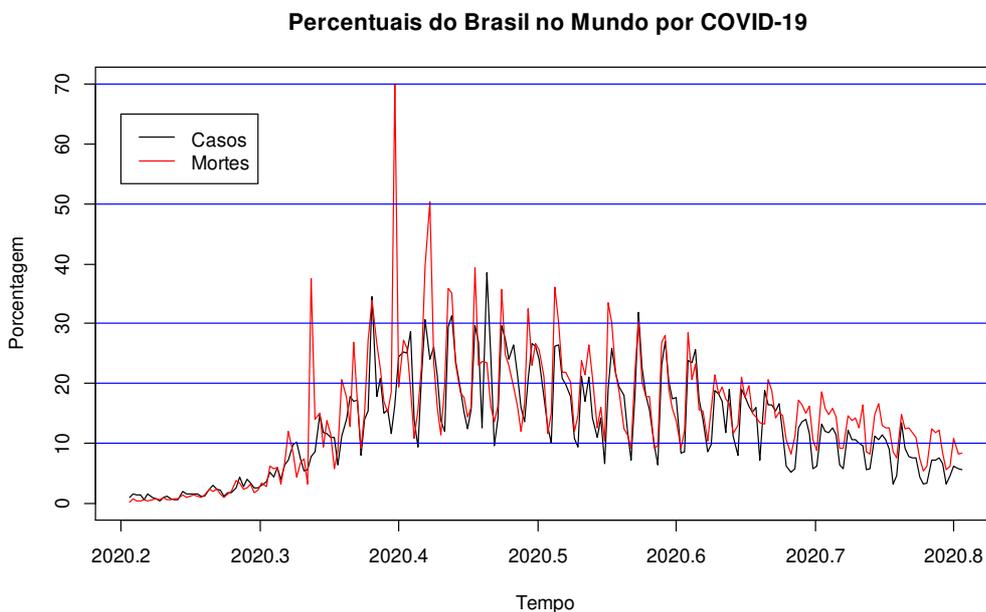


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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 o alongamento na duplicação nestas últimas semanas fez a Índia ultrapassar ao Brasil, tirando o protagonismo do Brasil no âmbito internacional. Em números absolutos acumulados o país é terceiro em número de casos e mortes atrás da Índia e dos Estados Unidos. Ontem 21 de outubro o Brasil teve 24 818 casos e 566 óbitos de um total de 438 615 casos e 6 849 mortes no mundo, representando 5.7% dos casos e 8.3% das mortes, indicando quedas consecutivas nas últimas semanas. Estes percentuais comparados com a semana passada foram 7.2% e 12.3% respectivamente. Uma visualização de casos e mortes acumuladas como mostra o Gráfico 03 aponta um crescimento potencial para ambos, contudo há presença de desaceleração nestas últimas semanas, e que até a data do dia 22 de outubro, foram de 5 323 630 casos confirmados e 155 900 mortes, aumentando em uma semana mais de 154 244 casos e mais e de 3440 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 13 302 casos e 63 mortes a menos, que em termos percentuais representam aumento de 9,4% nos casos e diminuição 1,8% nas mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
16/10/2020	5200300	153214	4619560	427526
17/10/2020	5224362	153675	4635315	435372
18/10/2020	5235344	153905	4650030	431409
19/10/2020	5250727	154176	4681659	414892
20/10/2020	5273954	154837	4721593	397524
21/10/2020	5298772	155403	4756489	386880
22/10/2020	5323630	155900	4779295	388435

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

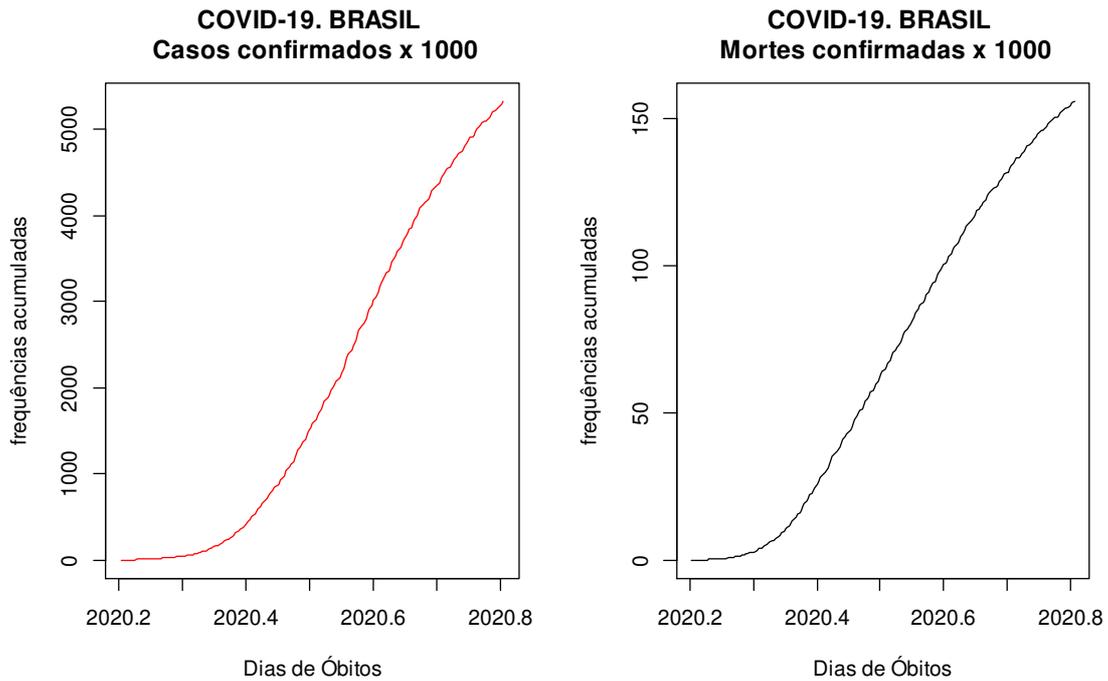


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

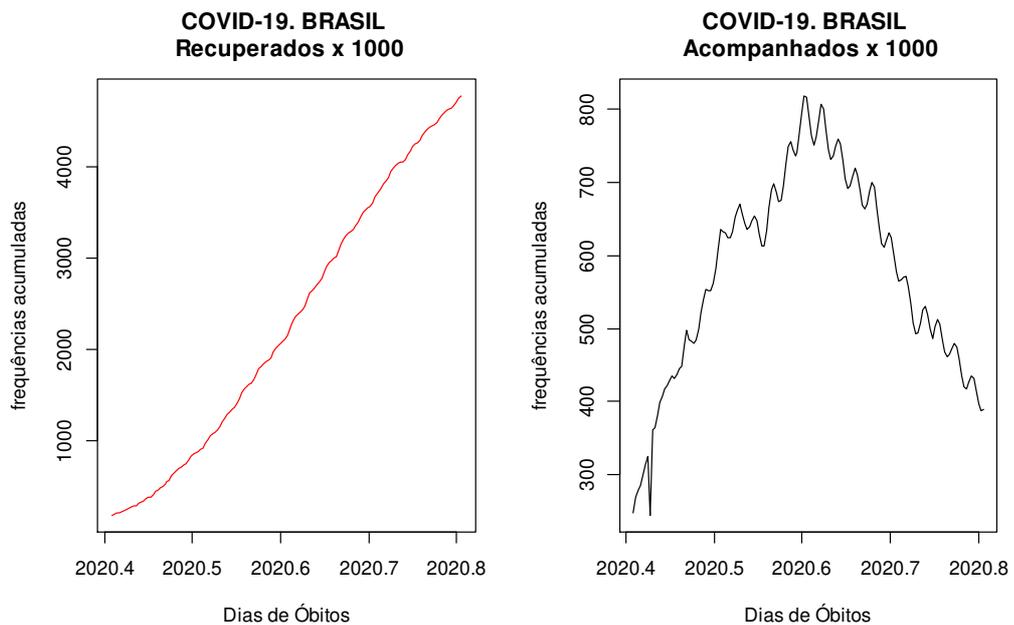


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e a queda gradual dos acompanhados, indicando que há um esvaziamento dos alguns centros de campanha e desafoga-mento nos centros de controle de saúde para esta pandemia, onde os recuperados estão em aumento e os acompanhados em queda.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 4 299 novos casos e 125 novas mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, Ceará, Pará, Goiás, 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	4299	1076939	125	38482
MG	2395	343159	71	8621
BA	1221	340665	21	7407
RJ	1319	295021	109	20021
CE	27	268274	9	9243
PA	989	244229	4	6697
GO	1428	243243	28	5491

Fonte. Ministerio da saúde do Brasil.

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 22 de outubro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 24 858 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 497 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

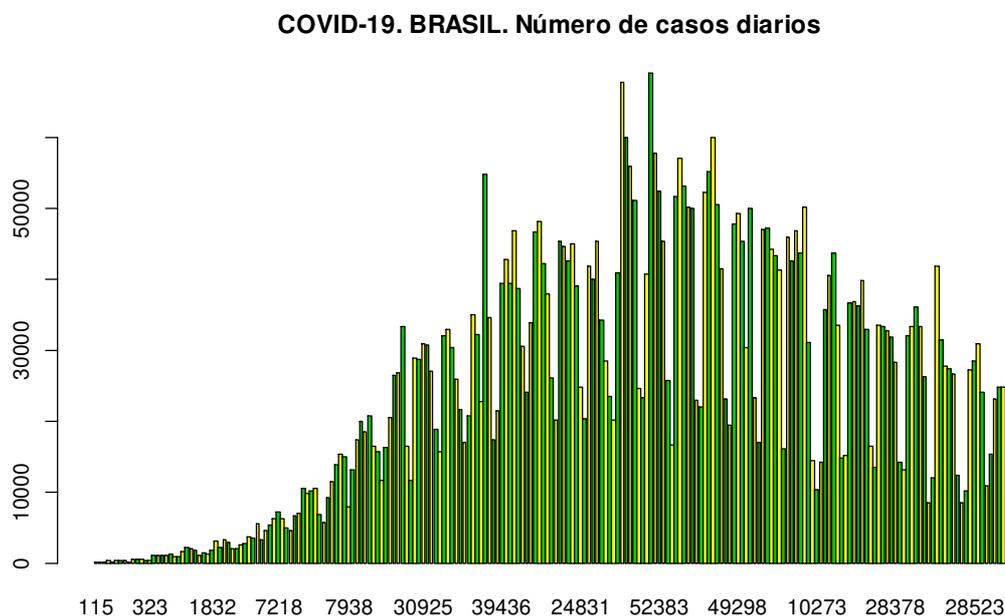


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

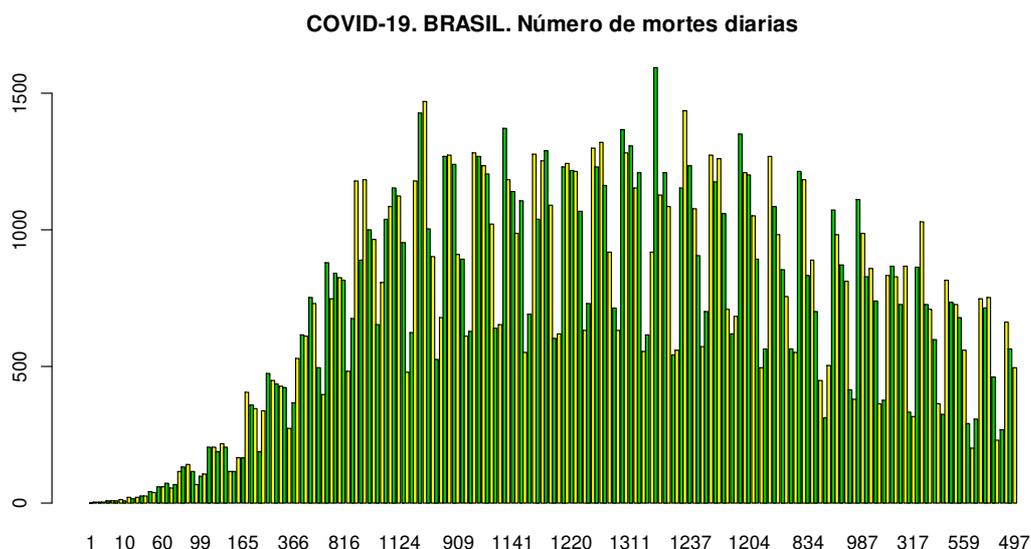


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.13%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 0.13% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.19%. 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
23/10/2020	5335357	156239	5318397 - 5352317	155869.7 - 156608.6
24/10/2020	5354129	156673	5333649 - 5374610	156227.4 - 157119.7

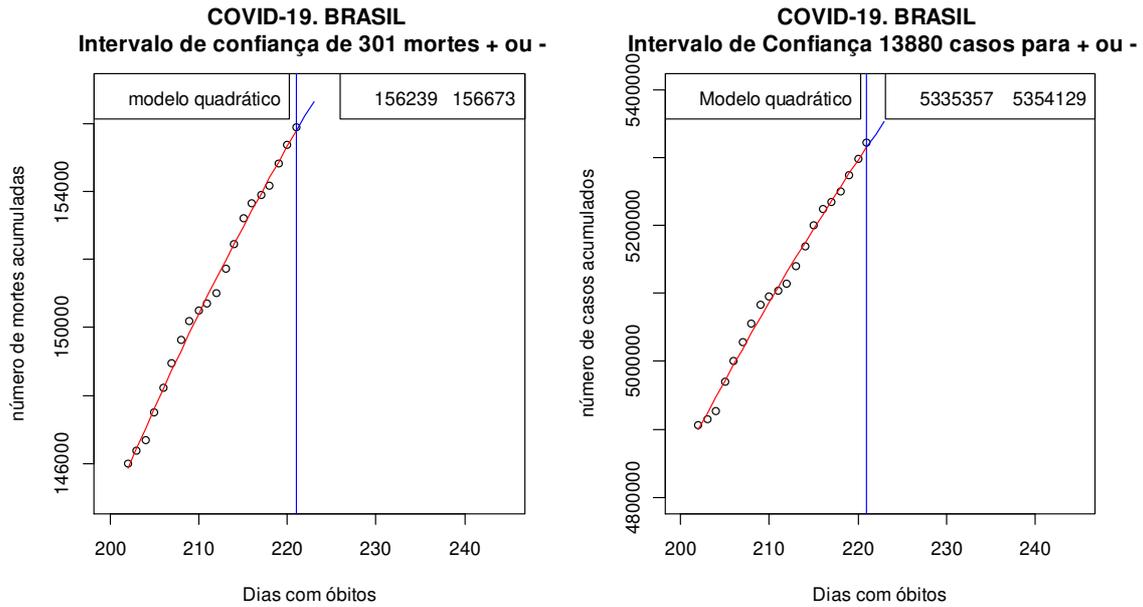


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 efeitos 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 a última semana 32 a média de casos são estatisticamente iguais as da semana 5 ($p > 0,05$). Já para as mortes esta semana 32 é estatisticamente iguais as da semana 4. Isto indica uma queda se comparado com semanas previas, ou seja o país começa a sua descida para ambos indicadores.

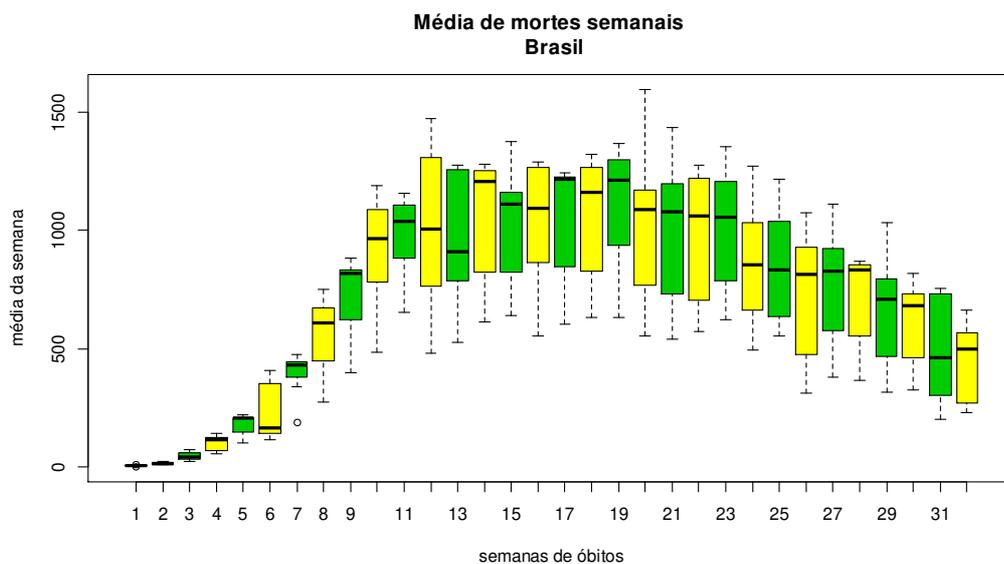


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

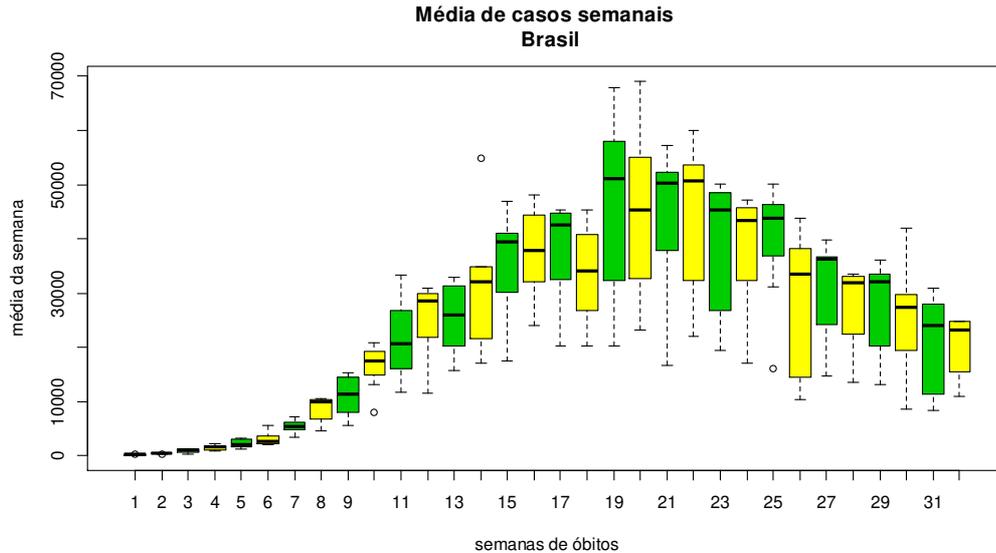


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 19 261 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 141 casos para mais e para menos e 361 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 151 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 134 828 casos e 2 524 mortes. Semana passada se projetou 125 442 casos e o valor real foi 154 244, para as mortes projetou-se 3413 e o valor real foi 3 440. 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
23/10/2020	26104	521	27912	627
24/10/2020	22779	321	22659	460
25/10/2020	12088	111	7021	187
26/10/2020	12851	97	7635	169
27/10/2020	17049	331	20385	542
28/10/2020	23304	445	24501	641
29/10/2020	23740	398	24715	587

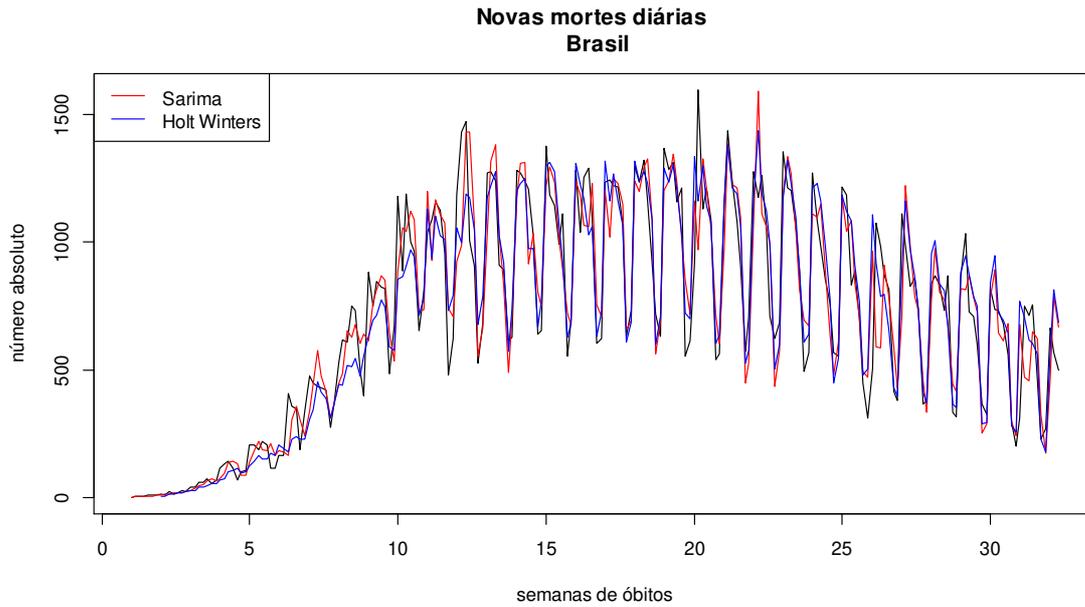


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

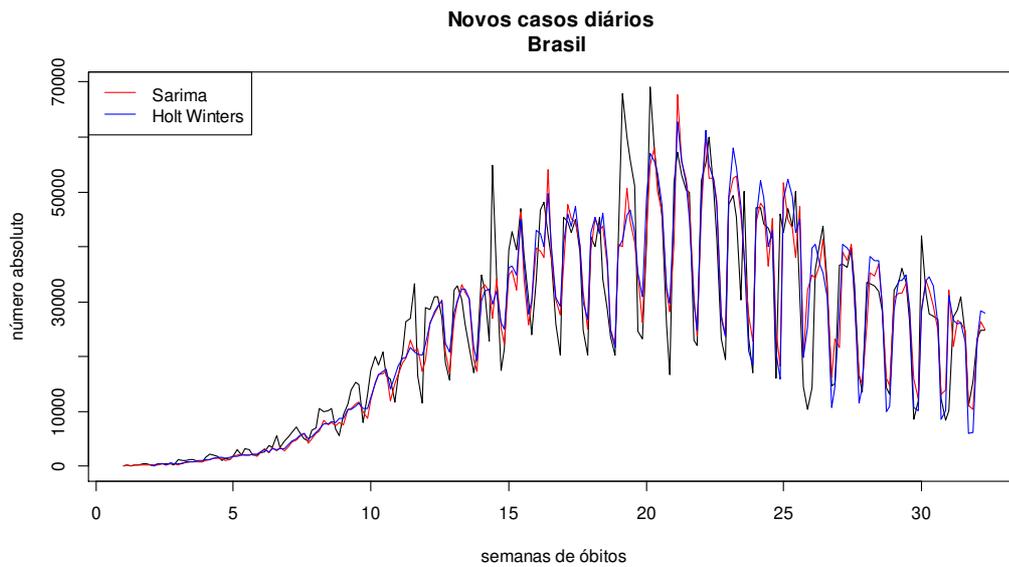


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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.

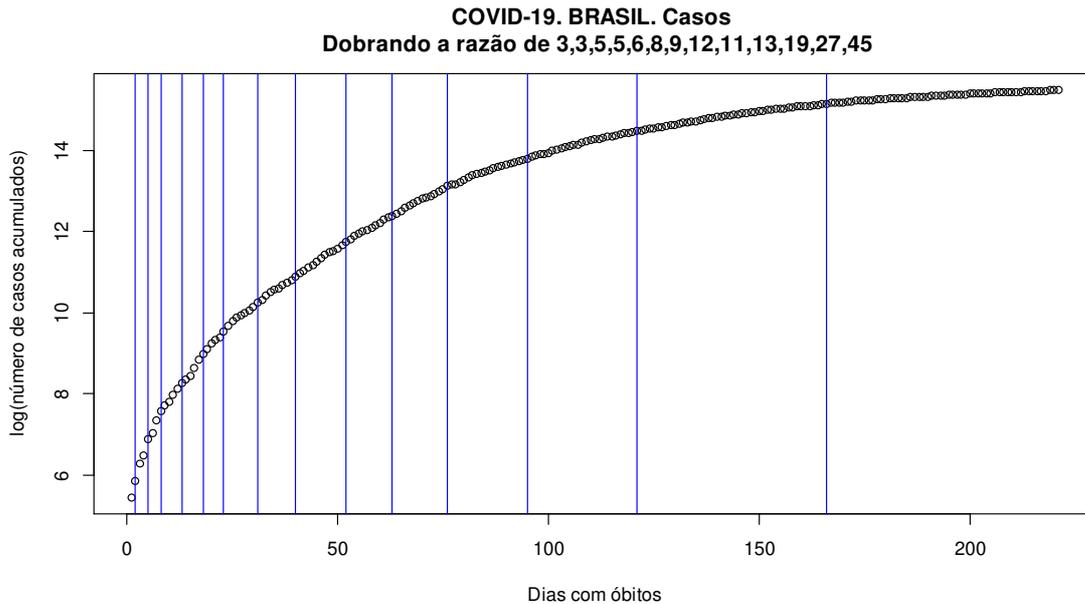


Gráfico 09 (a). Espaçoamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

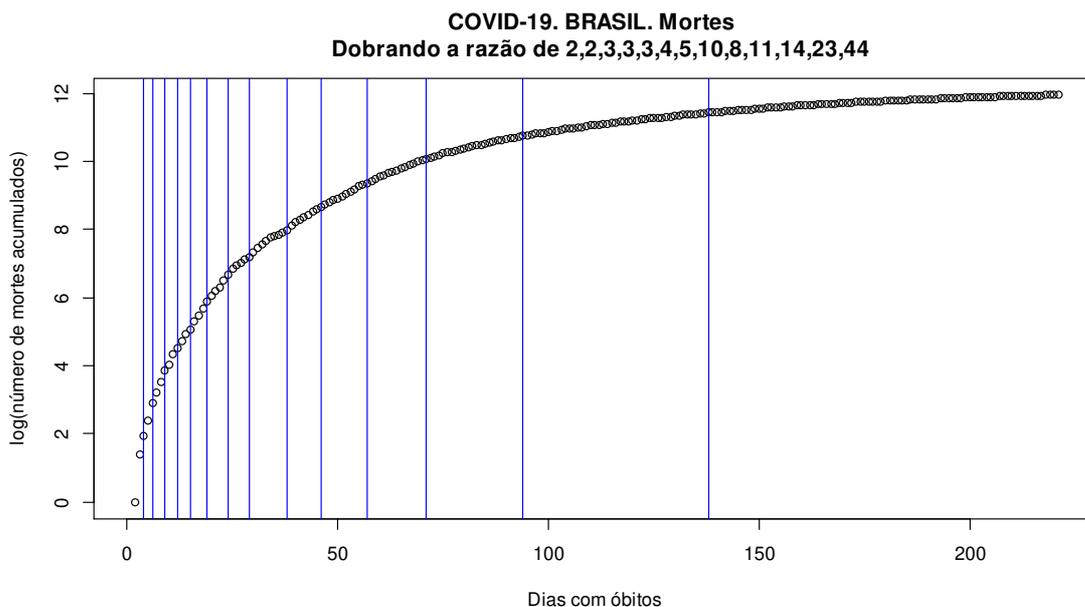


Gráfico 09 (b). Espaçoamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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 22 de outubro por cada 1 000 habitantes foram 84 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, saindo da posição 90 da semana passada para a 98 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 15 590 000 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

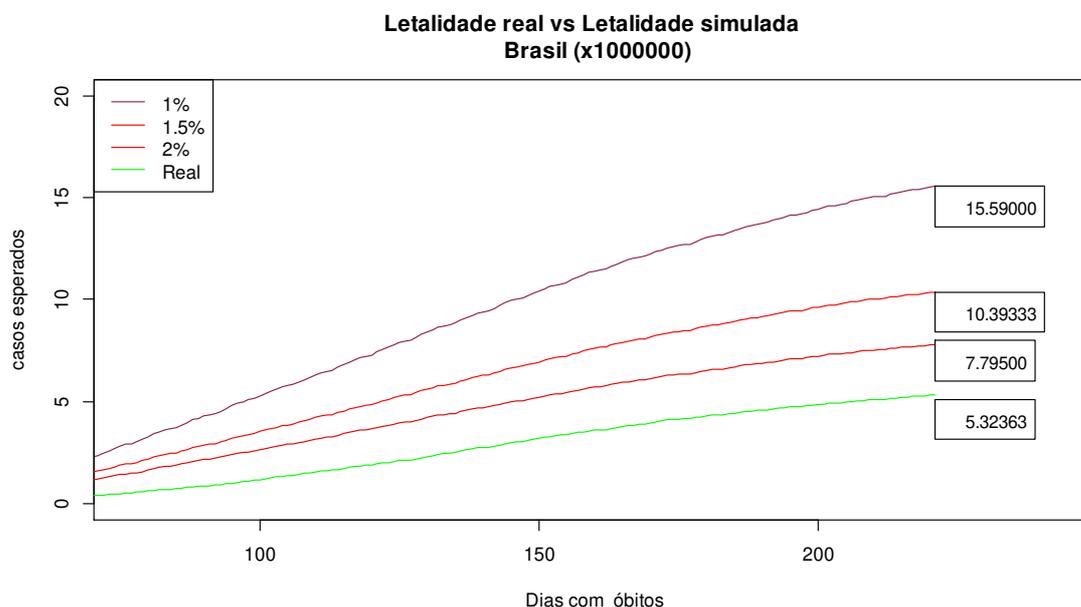


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 13.12 da semana passada para 11.75 nesta semana apresentando leve desaceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2517 casos por cada 100 000 habitantes.

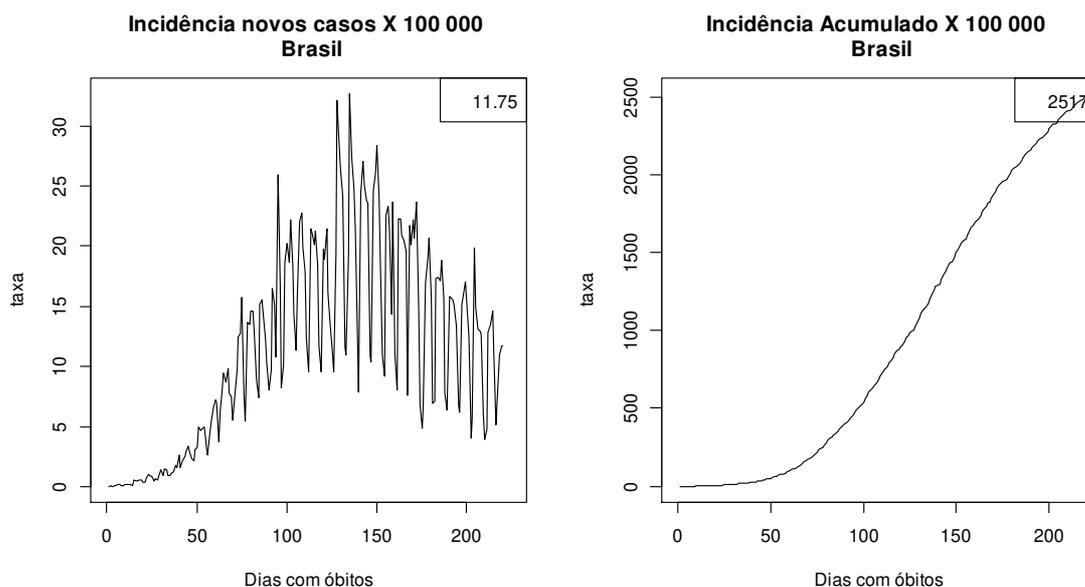


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 22 de outubro, 83 139 casos confirmados e 2 157 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 2 406 casos e 39 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 630 casos a mais e 7 mortes a menos, como mostra a Tabela 05. No Gráfico 12 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	16/10/2020	192	80925	6	2124
SE	17/10/2020	194	81119	5	2129
SE	18/10/2020	445	81564	5	2134
SE	19/10/2020	476	82040	5	2139
SE	20/10/2020	261	82301	6	2145
SE	21/10/2020	525	82826	6	2151
SE	22/10/2020	313	83139	6	2157

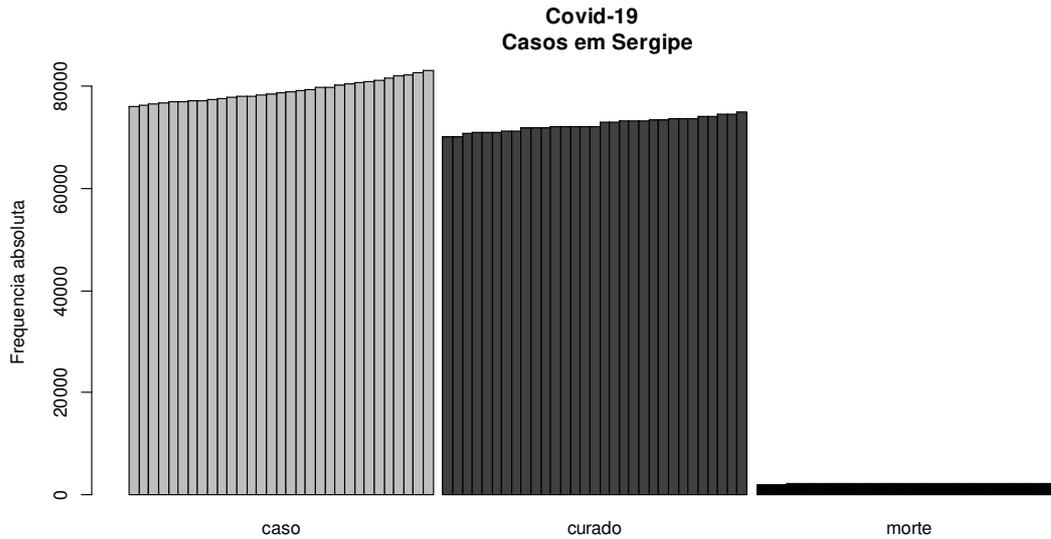


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Para acompanhar os novos casos e as novas mortes no estado, podemos visualizar os Gráficos 13 e 14.

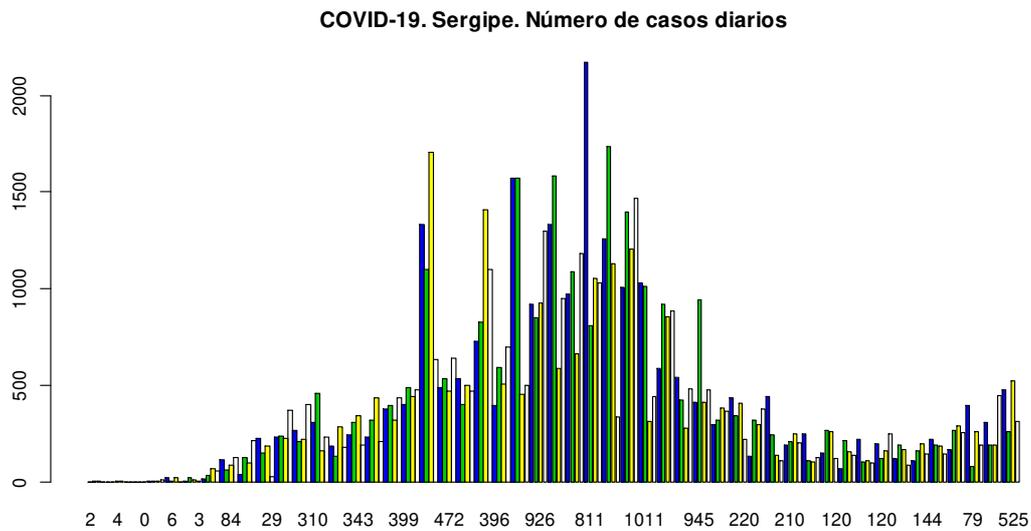


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

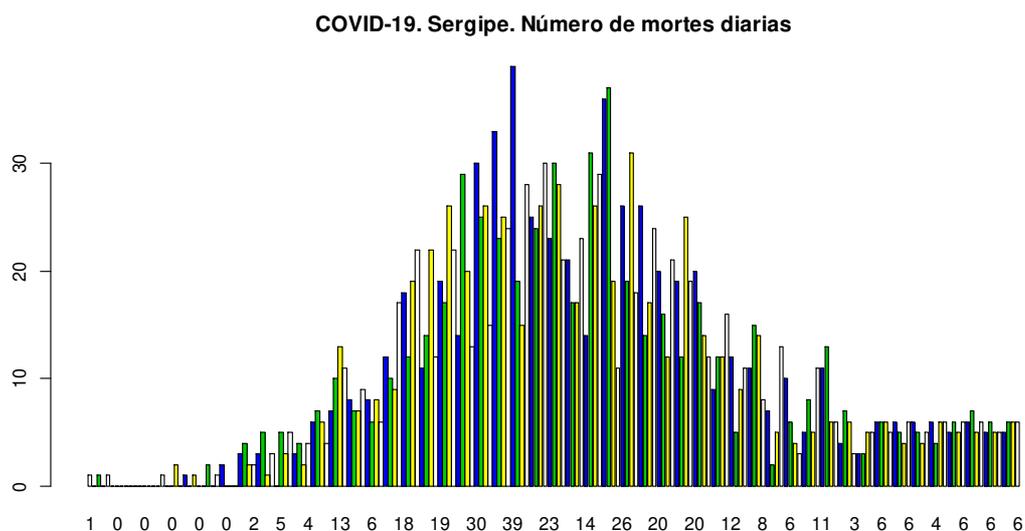


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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 0.17 % e as mortes com 0.1 %, 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 15.

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
23/10/2020	83318	83197 - 83439	2163	2162 - 2164
24/10/2020	83669	83532 - 83806	2168	2167 - 2170

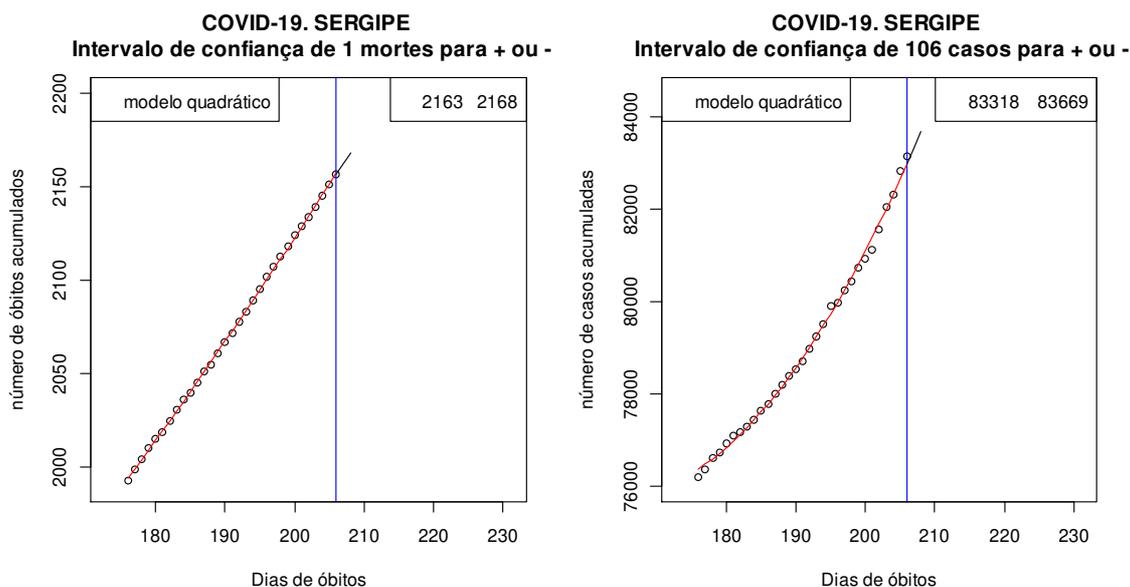


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 esta semana 30 são estatisticamente iguais às médias de casos da 5ª semana de iniciada a proliferação do vírus no estado. Já com as mortes e que há uma estabilização a partir da semana 25 e estas são estatisticamente iguais às primeiras semanas. Uma visualização é dada no Gráfico a seguir:

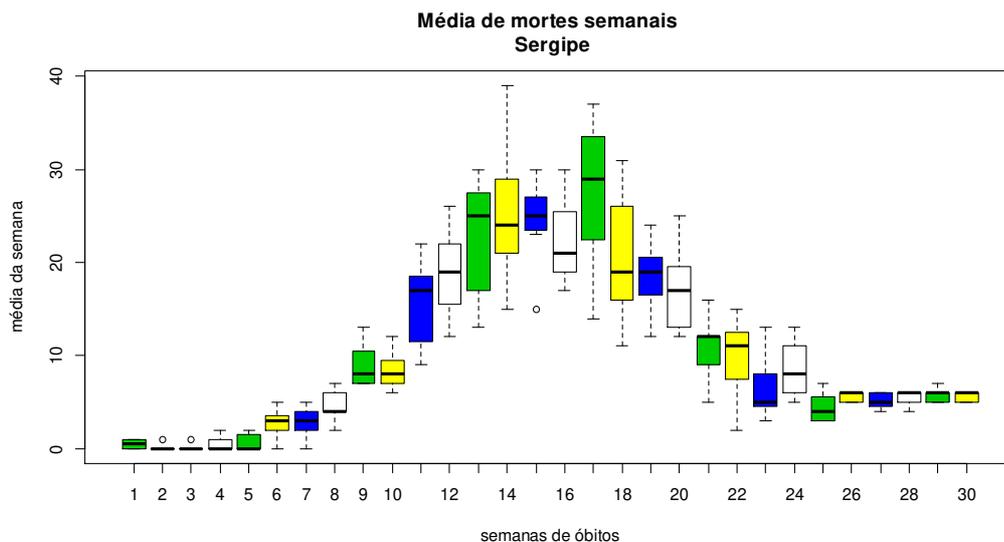


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

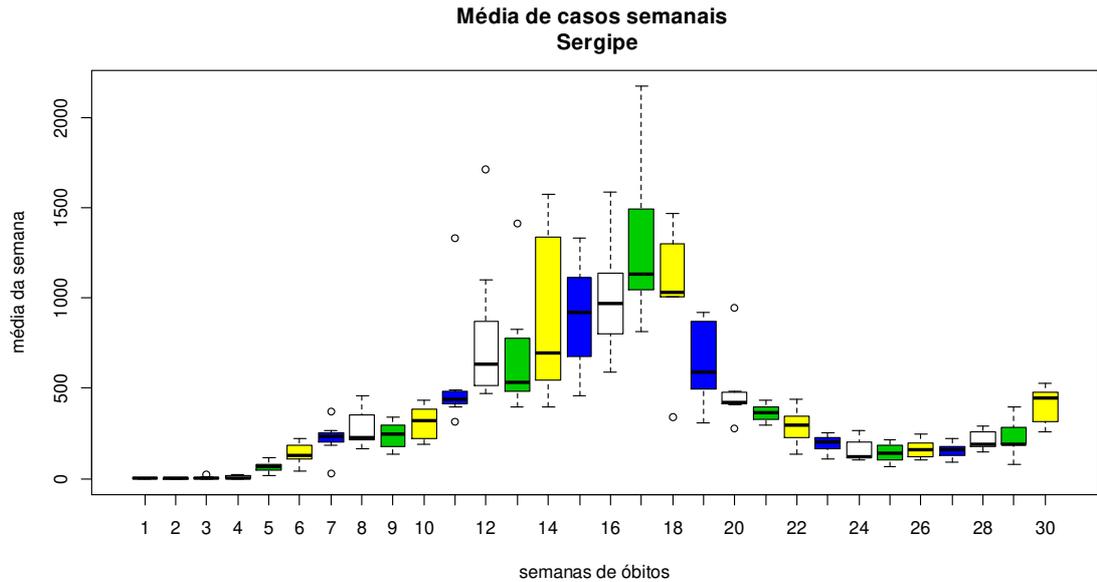


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 354 casos e 5 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 2 478 casos e 35 mortes. Semana passada projetamos 1 604 casos e 38 mortes, sendo os valores reais de 2 406 casos e 39 mortes. As projeções por dia 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
23/10/2020	305	4	386	5
24/10/2020	319	5	412	5
25/10/2020	340	5	353	5
26/10/2020	404	5	283	6
27/10/2020	355	5	322	6
28/10/2020	380	5	367	6
29/10/2020	375	5	409	6

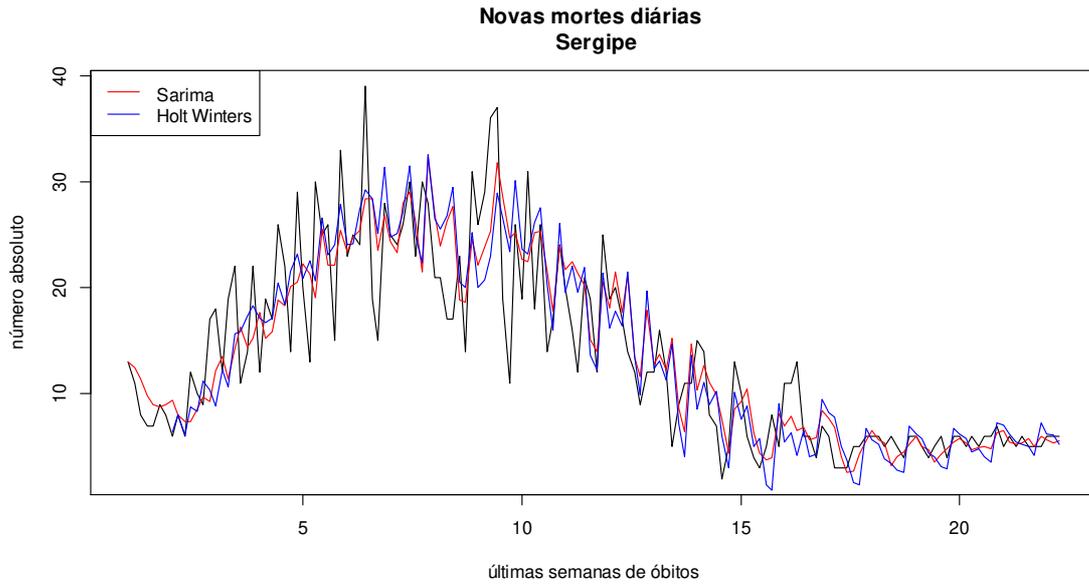


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

`plot.ts(ncsts, xlab="últimas semanas de óbitos",ylab="número absoluto",main="Novos casos diários \n Sergipe")`

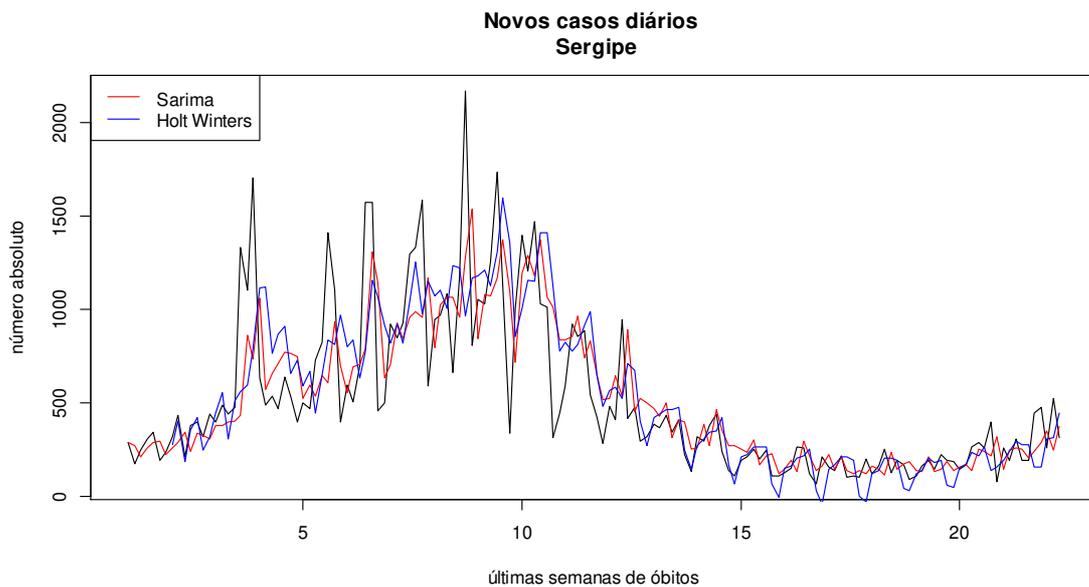


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.59 % sendo a semana passada de 2.62 %, indicador que embora esteja ascilando abaixo da média

nacional a qual é 2.9%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 3 meses vem crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

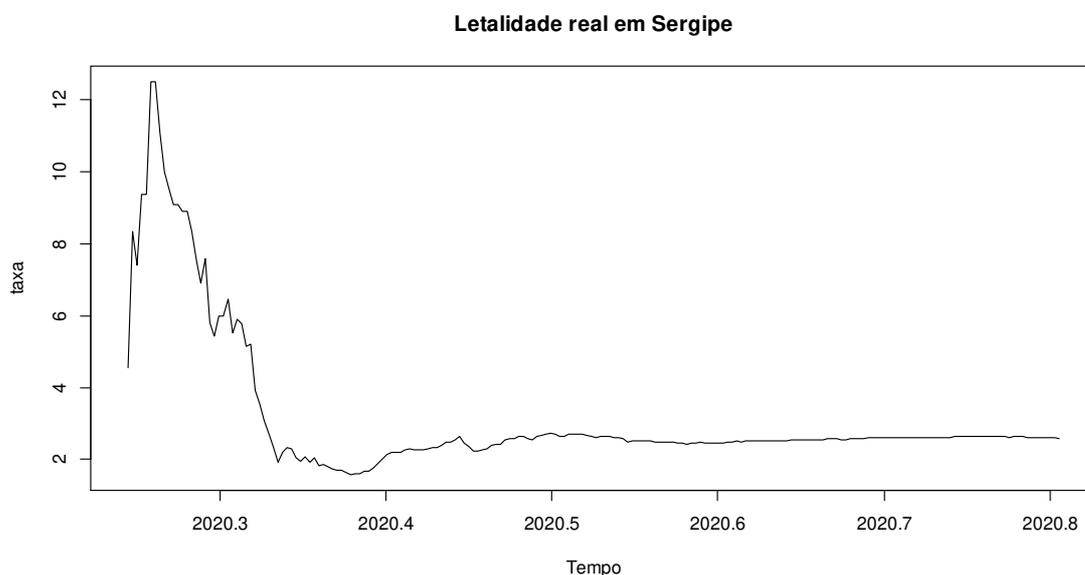


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 90 semana passada e esta semana está na posição 98 de um total de 215 países afetados pela pandemia.
3. Embora o Brasil ainda seja o terceiro país com maior número de contagiados e mortes, atualmente esta perdendo protagonismo, e oscilando em torno de 10% de mortes e abaixo deste percentual nos casos de contribuição mundial.
4. A letalidade de de 2.9 % menor ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
5. Esta semana 32 já se compara com as estatísticas da semana 5. E para semana que vem se projeta uma quantidade menor de casos e mortes.
6. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 134 828 casos e 2 524 mortes.
7. No âmbito regional, Sergipe têm um decréscimo significativo tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 343 casos e 6 mortes, esta semana serão em média 354 casos e 5 mortes por dia.
8. Esta semana 30, os casos e mortes no estado de Sergipe já se compara com as estatísticas da semana 1.
9. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta últimas semanas, aproximando-se da média nacional.

10. 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.

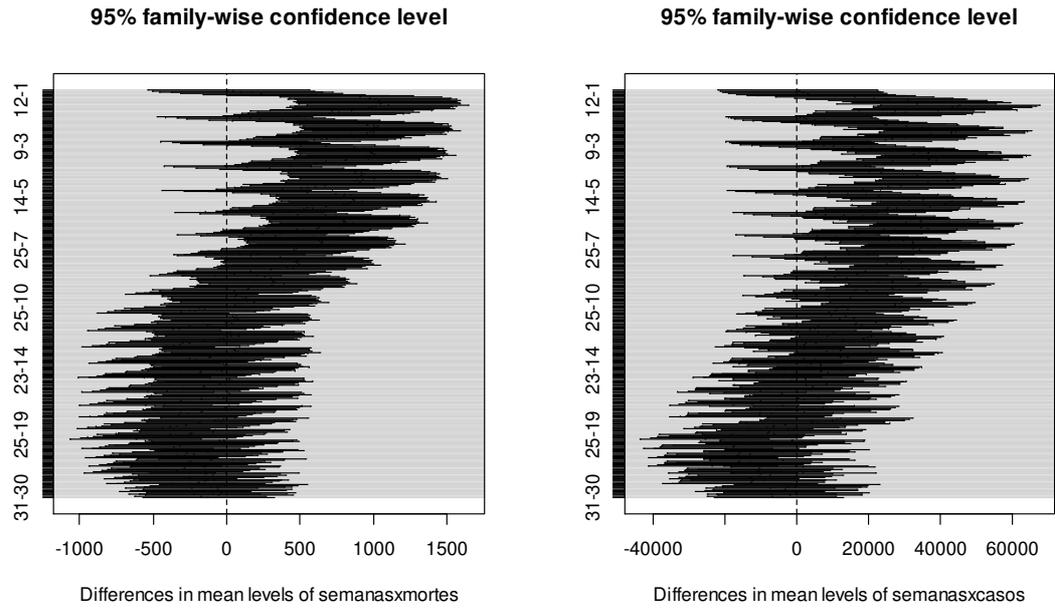


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

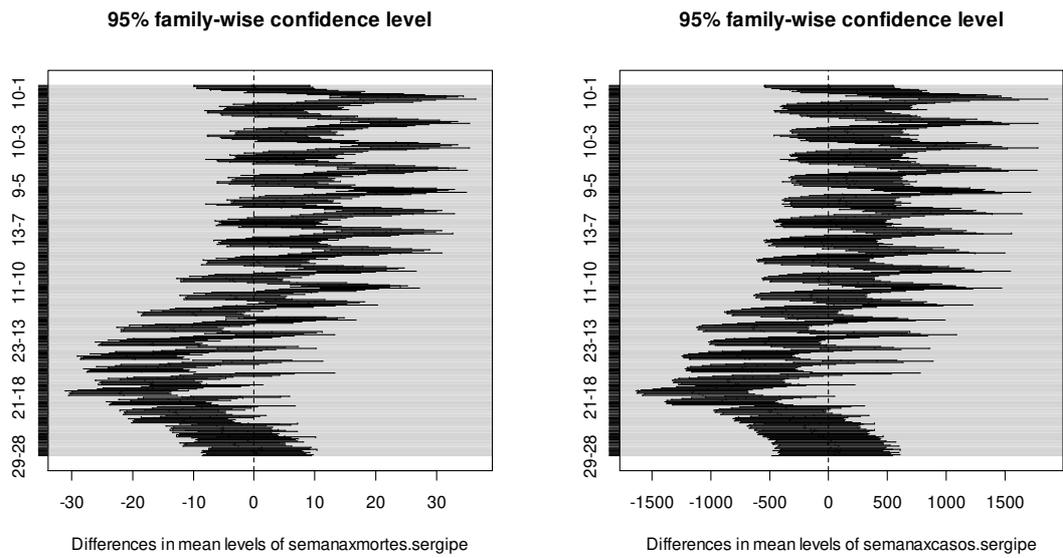


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.