



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

Nota técnica nº 28 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.....	14
Letalidade.....	17
Conclusões	18
Bibliografia	19
Anexos.....	20

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 12 de novembro 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 15.4, onde semana passada era de 11.4 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 103 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 488 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 no topo do ranking 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 5%, para os casos e as mortes abaixo de 10%, ver gráfico 02.

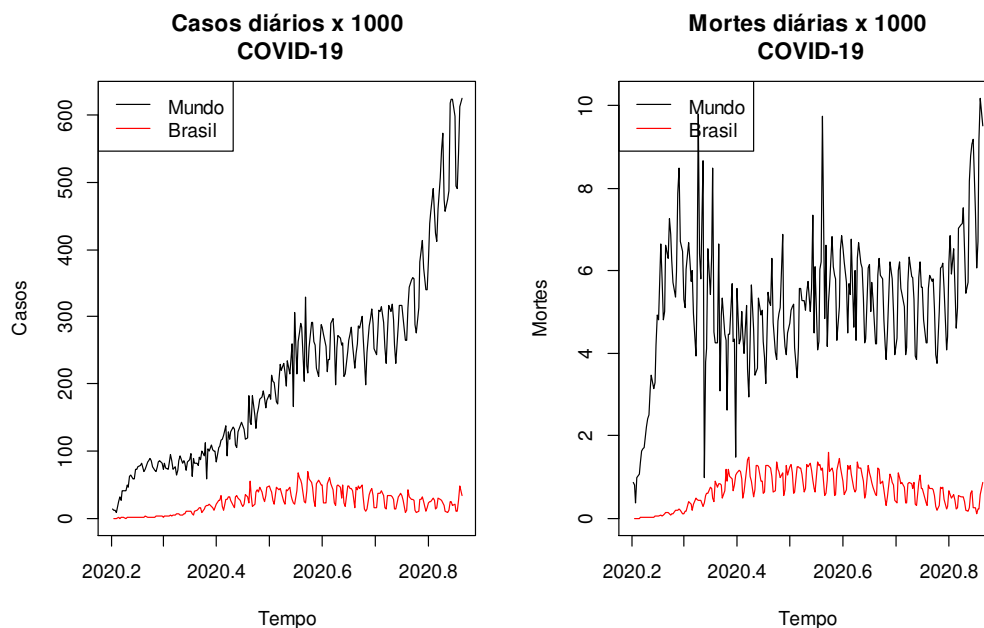


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

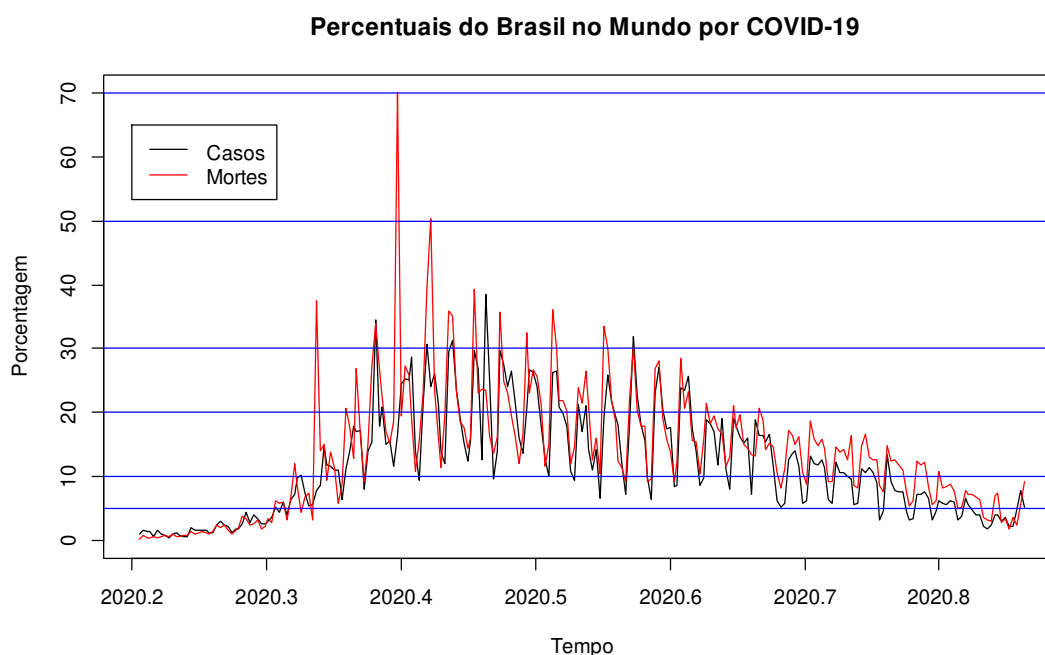


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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 país 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 11 de novembro o Brasil teve 47 724 casos e 564 óbitos de um total de 613 436 casos e 10 180 mortes no mundo, representando 7.8% dos casos e 5.54% das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais foram 4.2% e 6.7% respectivamente se comparados com a semana passada. 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 12 de novembro, foram de 5 781 582 casos confirmados e 164 281 mortes, aumentando em uma semana mais de 167 324 casos e mais e de 2 502 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 47 442 casos e 308 mortes a menos, que em termos percentuais representa um aumento de 39.6% nos casos e diminuição de 12.3% nas mortes. Alertamos que os dados de casos e mortes no país colhidos do dia 06 ao dia 11 de novembro, foram da fonte *consórcio de veículos de imprensa*, por não ter informação alimentada no site do ministério da saúde do Brasil para estas datas. Em função disso, a coleta da informação dos recuperados se mantiveram no mesmo valor e o aumento de casos foram somados aos acompanhados.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
06/11/2020	5632505	162035	5064344	406126
07/11/2020	5653561	162286	5064344	426931
08/11/2020	5664115	162397	5064344	437374
09/11/2020	5675032	162628	5064344	448060
10/11/2020	5701283	162842	5064344	474097
11/11/2020	5749007	163406	5064344	521257
12/11/2020	5781582	164281	5256767	362548

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

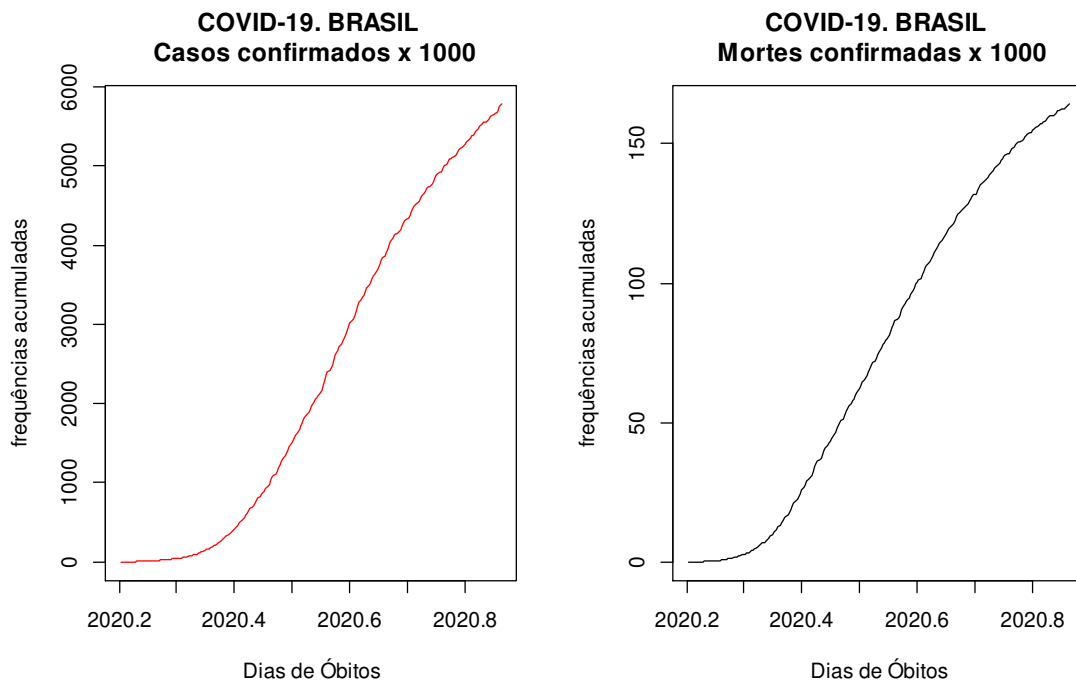


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

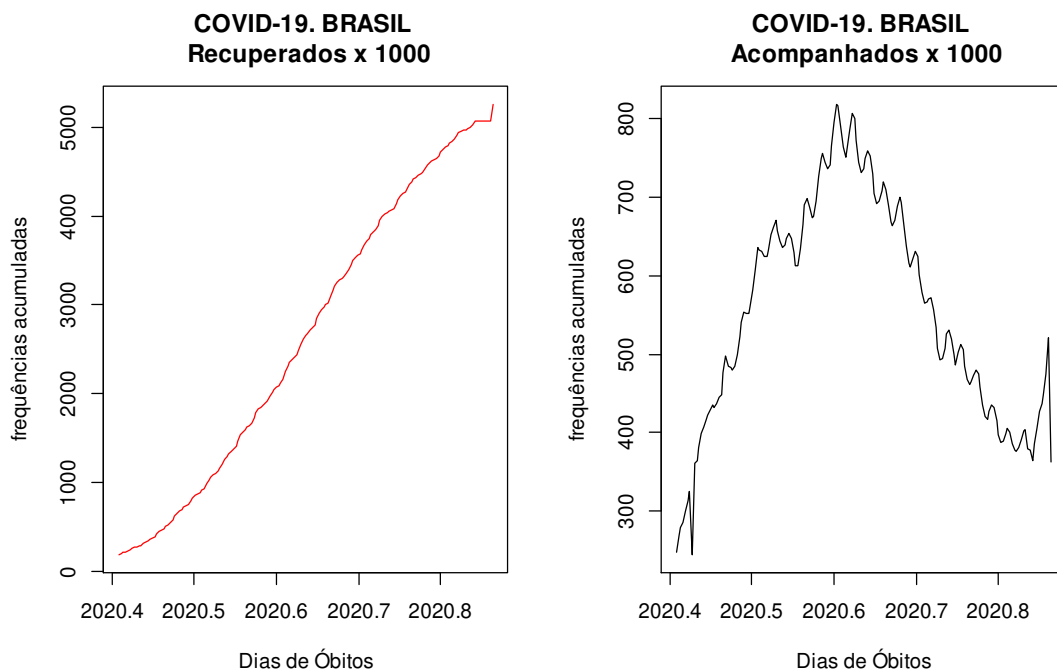


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

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 1 156 652 casos e 40 202 mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, Ceará, Santa Catarina, 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

Casos		Mortes
Estado	Acumulados	Acumulados
SP	1156652	40202
MG	376537	9259
BA	369259	7882
RJ	322383	21090
CE	279989	9430
SC	283252	3268
GO	265131	5900

Fonte. Ministerio da saúde do Brasil.

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 12 de novembro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 32575 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 875 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

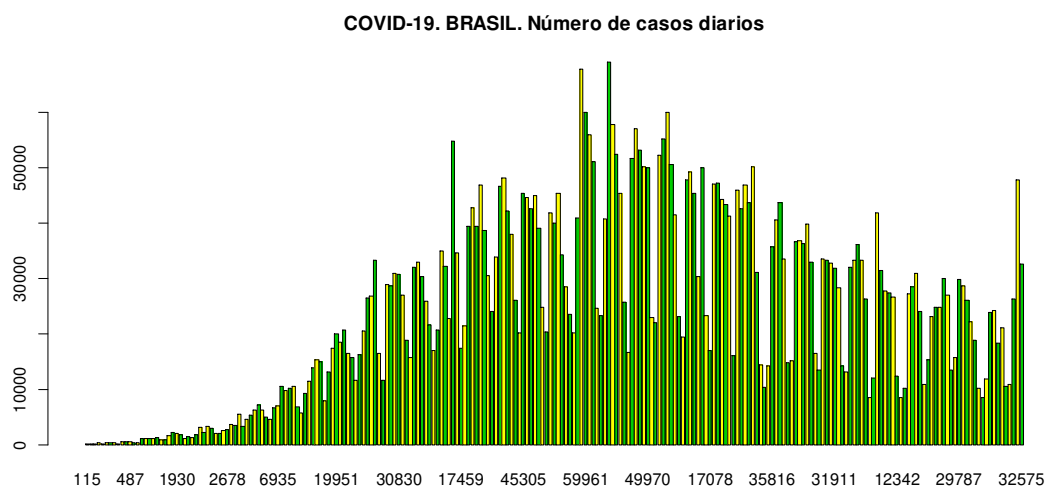


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

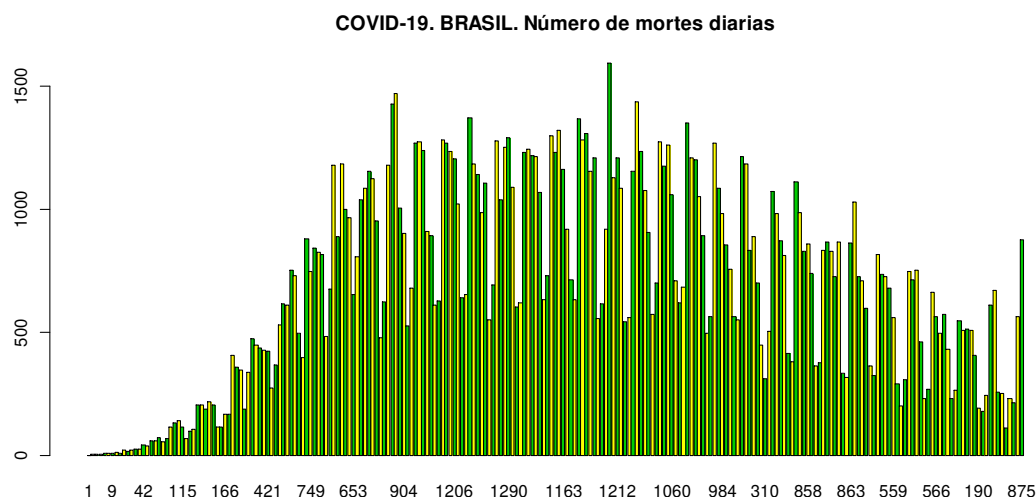


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.10%, ou seja, as estimativas do modelo de potência de ordem 4 se afastam em média 0.10% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.11%. 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
13/11/2020	5830292	164308	5803147 - 5857436	163792.0 - 164825.7
14/11/2020	5889290	164710	5842897 - 5935684	163979.3 - 165441.2

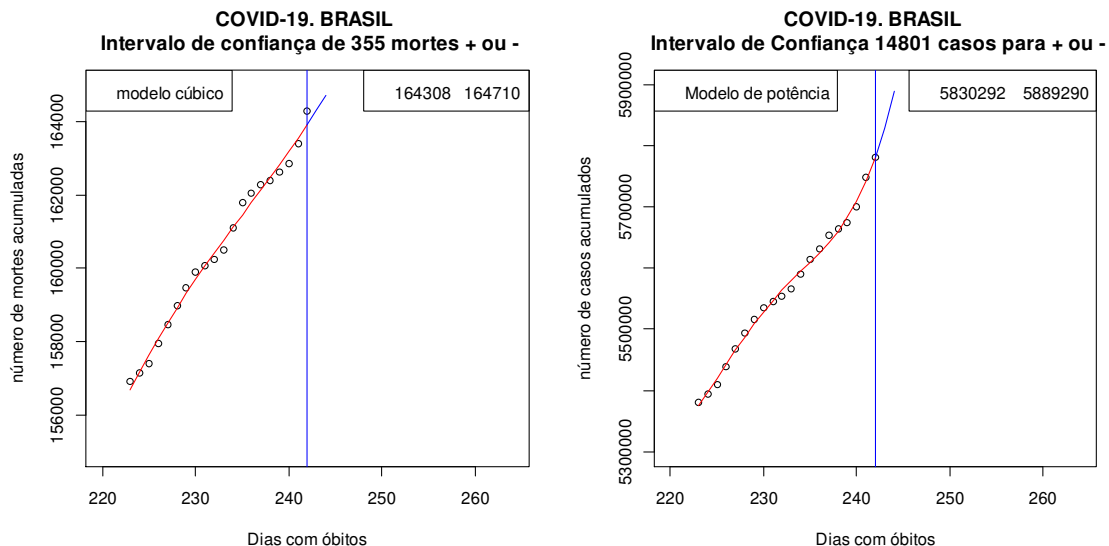


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 35 a média de casos e mortes são estatisticamente iguais as primeiras semanas de início da pandemia ($p>0,05$). Isto indica uma queda se comparado com semanas previas, ou seja o país começa a sua descida para ambos indicadores.

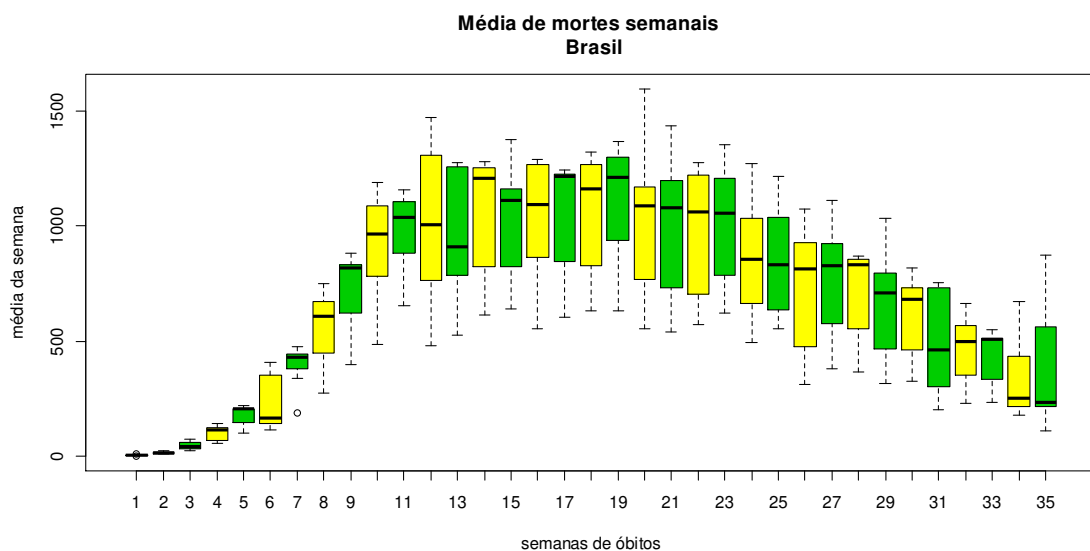


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

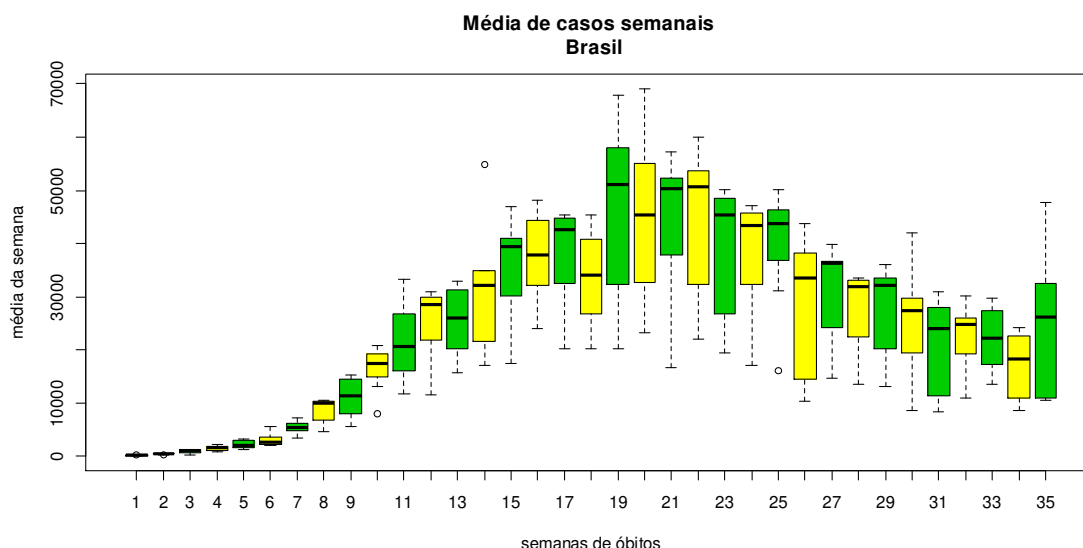


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 22 350 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 500 casos para mais e para menos e 350 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 129 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 156 454 casos e 2 400 mortes. Semana passada se projetou 114 061 casos e o valor real foi 167 324, para as mortes projetou-se 2 531 e o valor real foi 2 502. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver Tabela 04.

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para o Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
13/11/2020	23107	344	30146	440
14/11/2020	21790	235	29017	386
15/11/2020	13626	98	16879	201
16/11/2020	13159	175	16718	245
17/11/2020	21346	207	28097	364
18/11/2020	35214	520	38431	630
19/11/2020	28212	701	32105	751

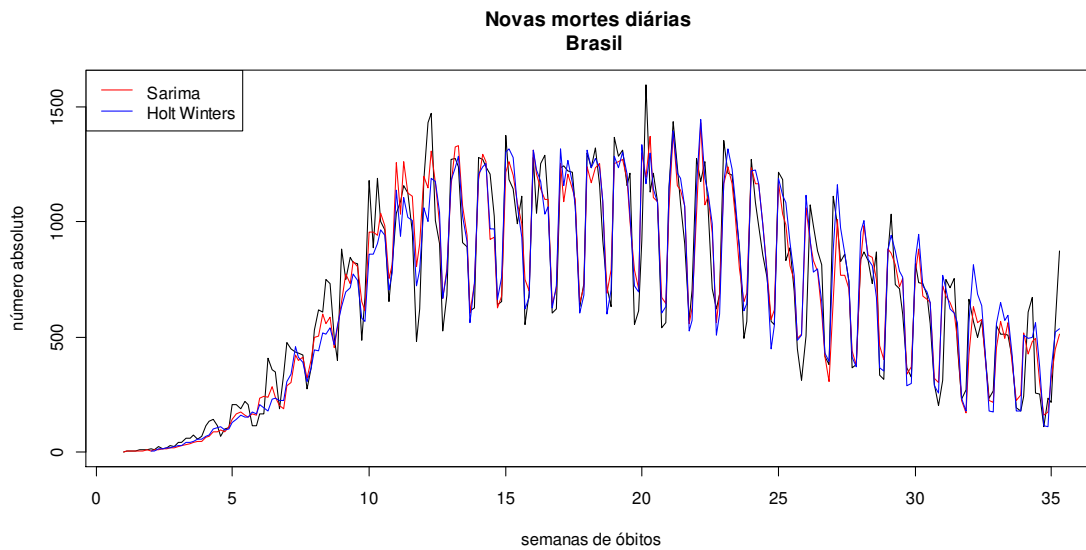


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

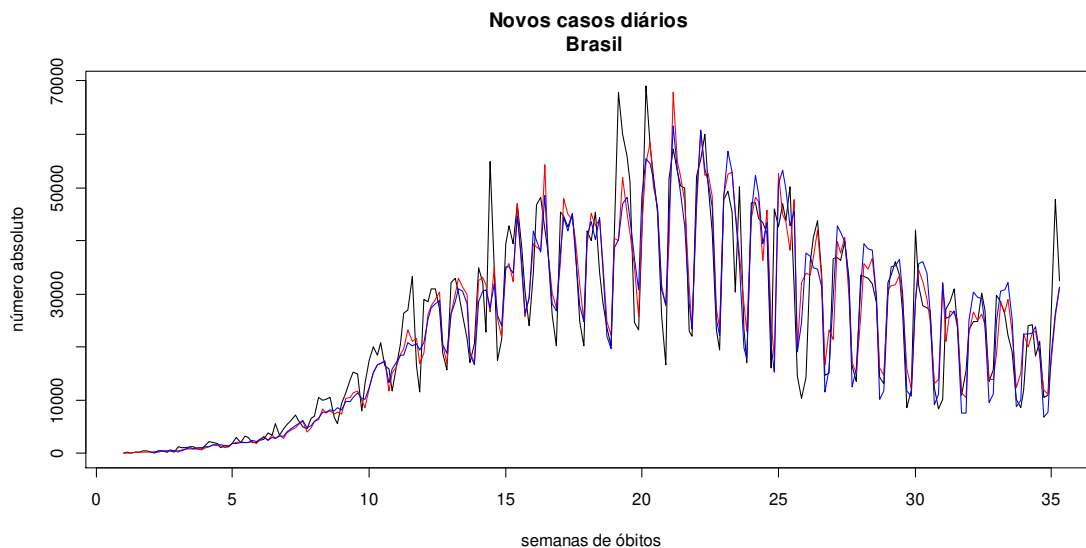


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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.

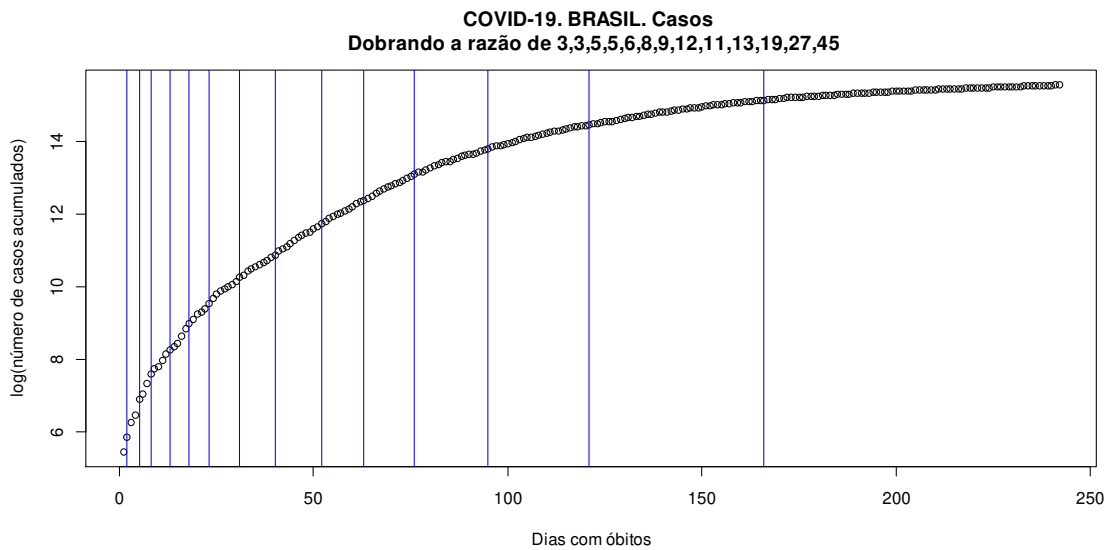


Gráfico 09 (a). Espaçoamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

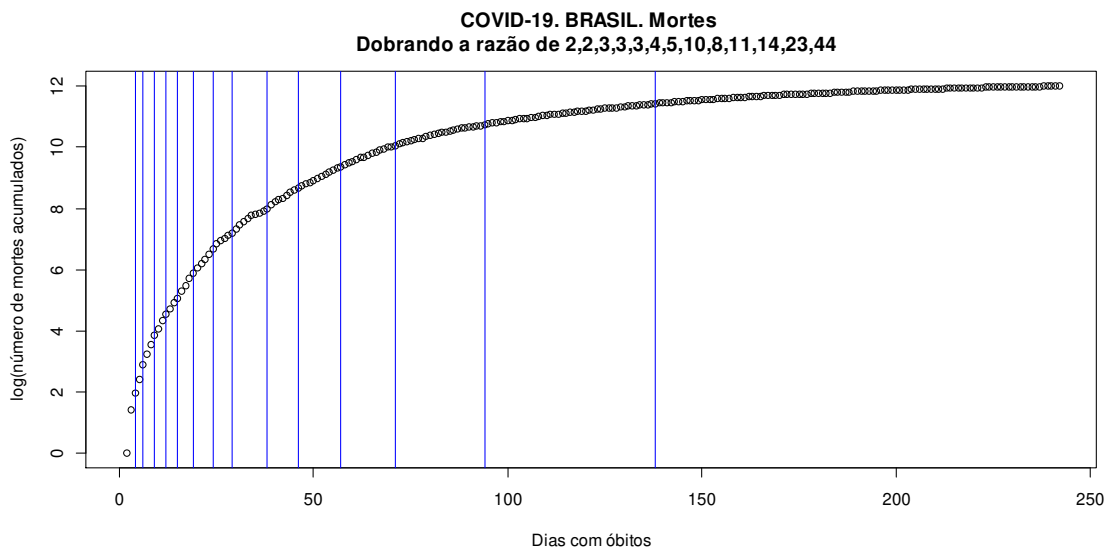


Gráfico 09 (b). Espaçoamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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 12 de novembro por cada 1 000 habitantes foram 103 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, saindo da posição 94 da semana passada para a 99 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 16 428 100 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

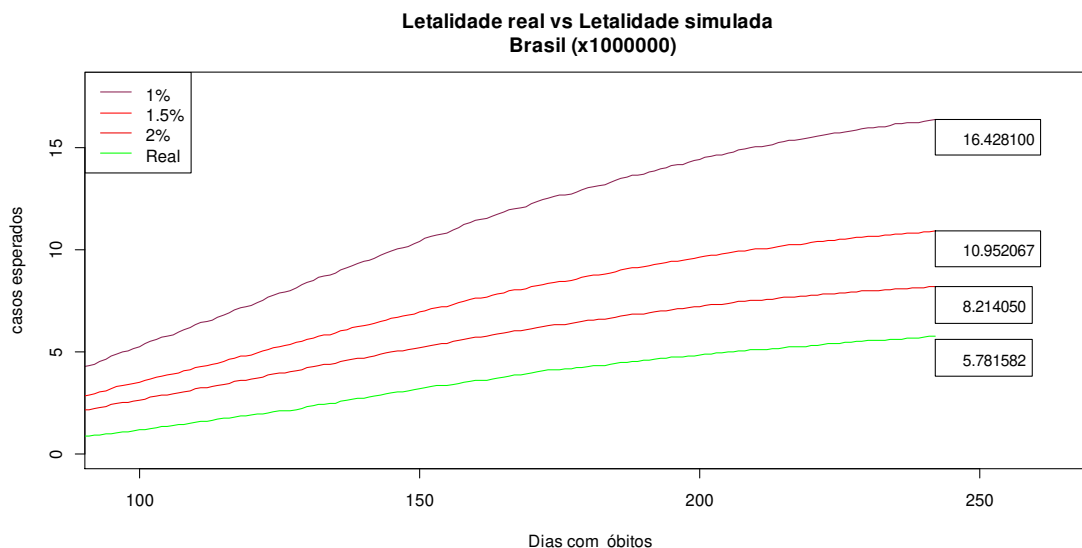


Grafico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 11.45 da semana passada para 15.4 nesta semana apresentando leve aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2734 casos por cada 100 000 habitantes.

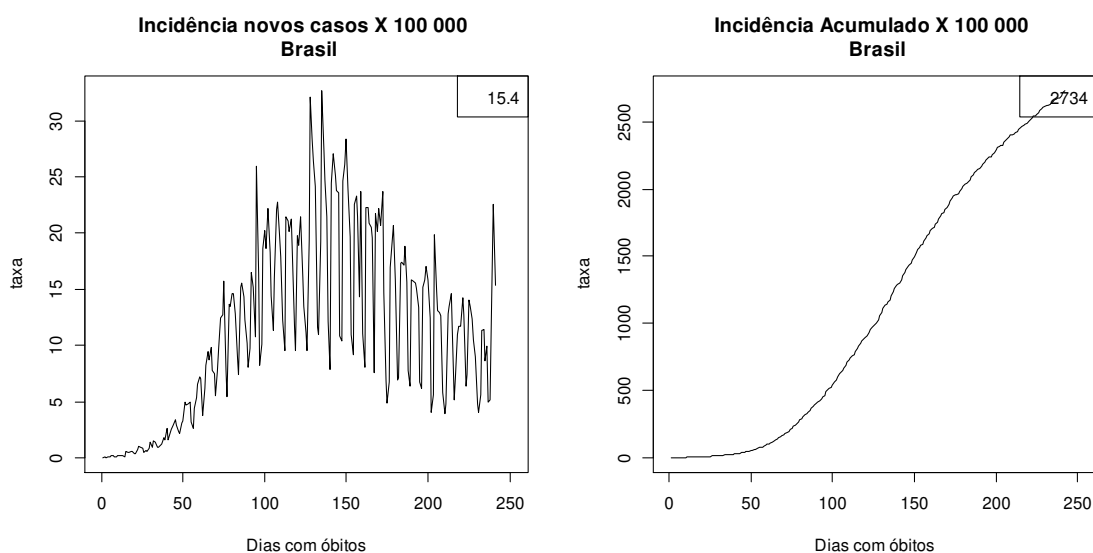


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 12 de novembro, 85804 casos confirmados e 2 250 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 996 casos e 19 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 357 casos a mais e 18 morte 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	06/11/2020	243	85053	4	2235
SE	07/11/2020	173	85226	4	2239
SE	08/11/2020	151	85377	4	2243
SE	09/11/2020	100	85477	1	2244
SE	10/11/2020	97	85574	2	2246
SE	11/11/2020	69	85643	1	2247
SE	12/11/2020	161	85804	3	2250

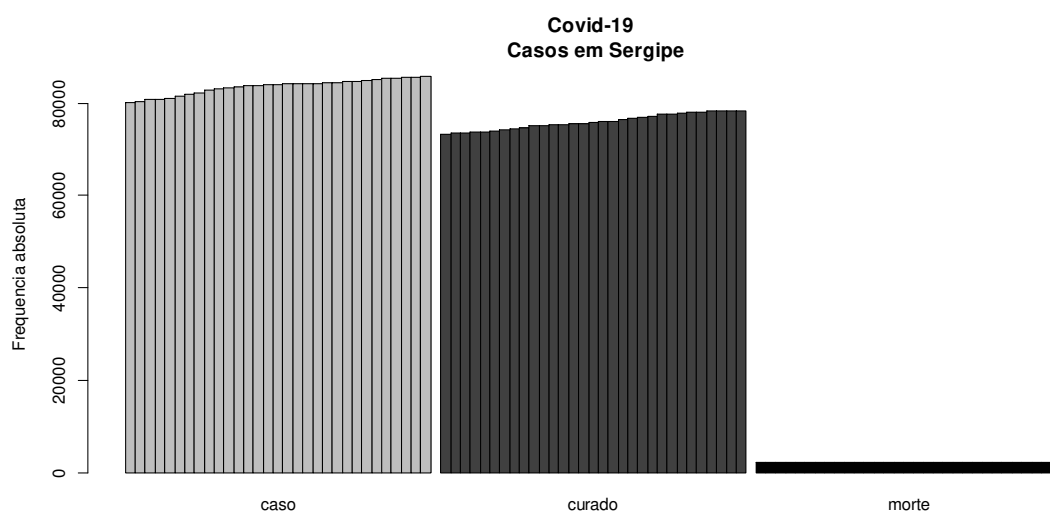


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

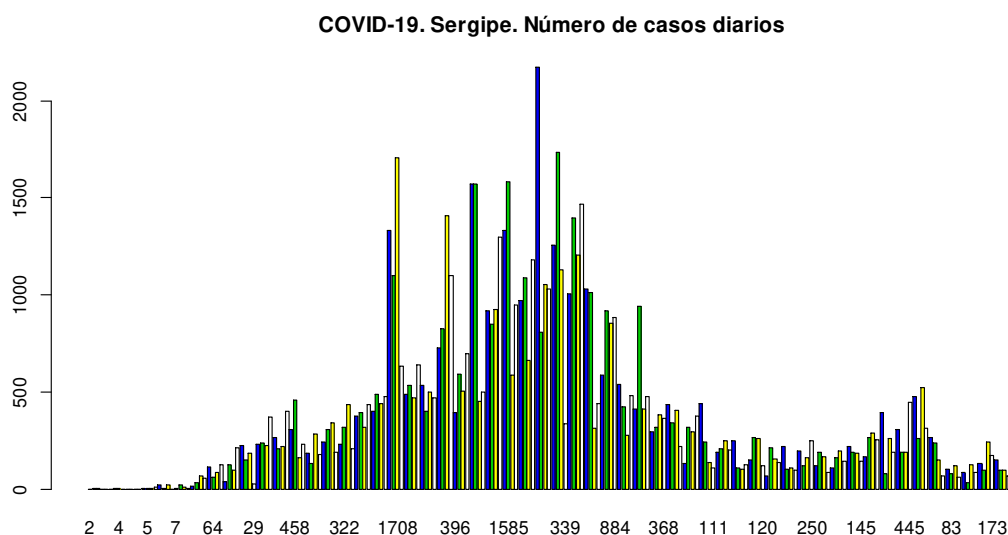


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

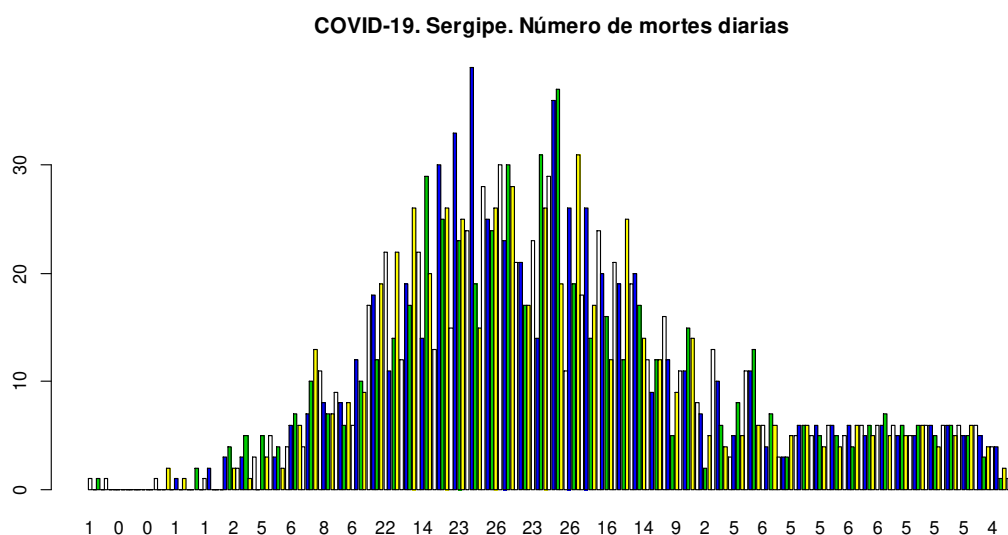


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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 0.25 % e as mortes com 0.16 %, 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
13/11/2020	86001	85703.17 - 86298.91	2251	2249 - 2253
14/11/2020	86189	85814.66 - 86565.21	2253	2252 - 2254

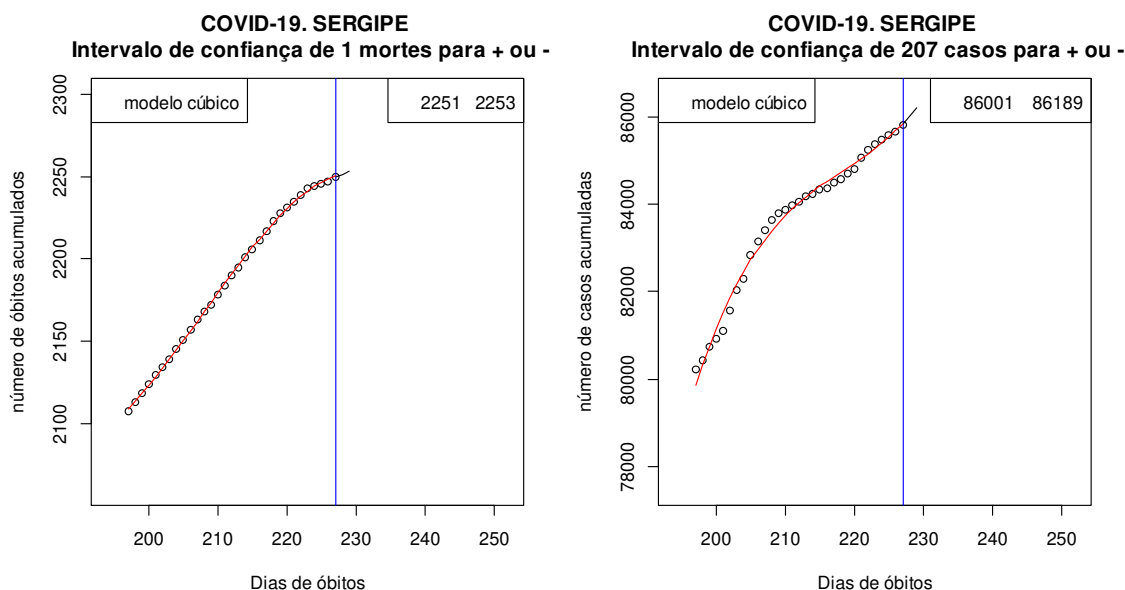


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 33 são estatisticamente igual as médias de casos das primeiras semanas de iniciada a proliferação do vírus no estado. O mesmo acontece com as mortes as quais são estatisticamente iguais á semana 1. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

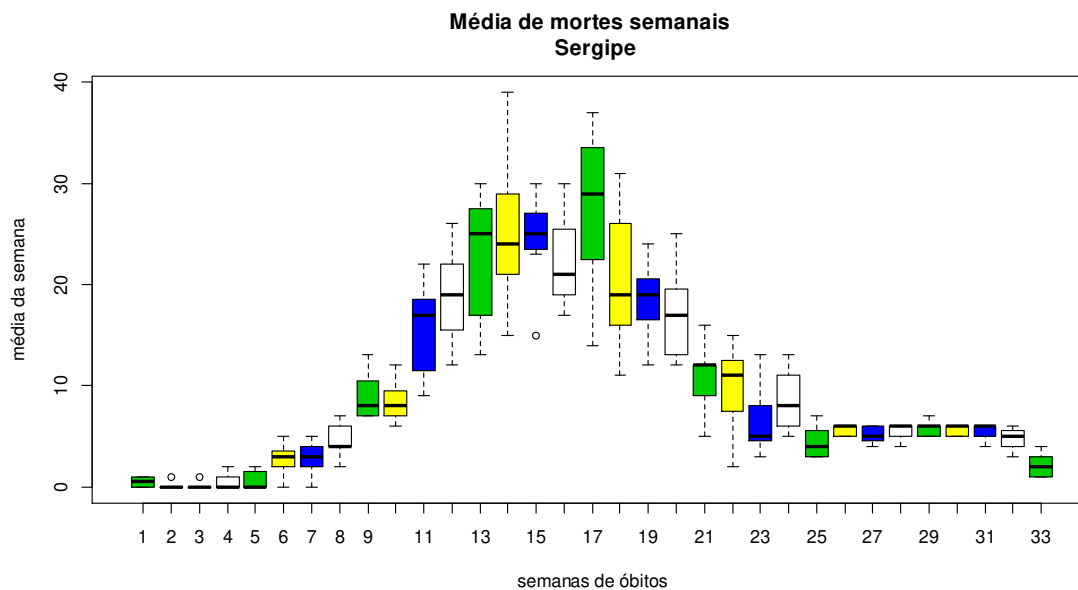


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

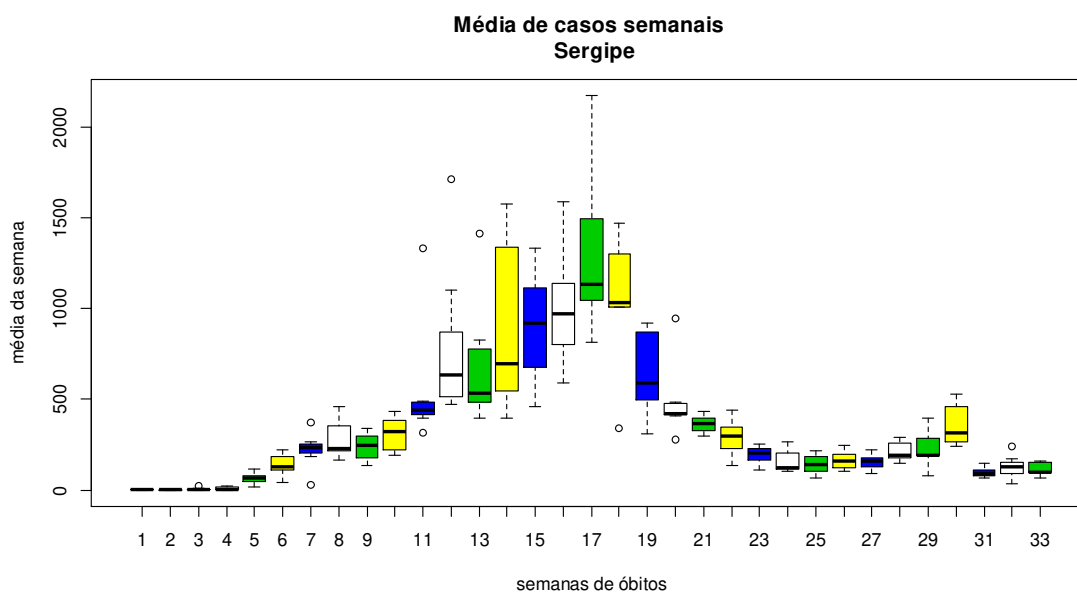


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 75 casos e 2 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 524 casos e 15 mortes. Semana passada projetamos 590 casos e 33 mortes, sendo os valores reais de 996 casos e 19 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 Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
13/11/2020	125	2	144	2
14/11/2020	95	2	153	2
15/11/2020	86	2	99	1
16/11/2020	18	3	43	2
17/11/2020	74	2	64	2
18/11/2020	51	2	94	1
19/11/2020	75	2	136	1

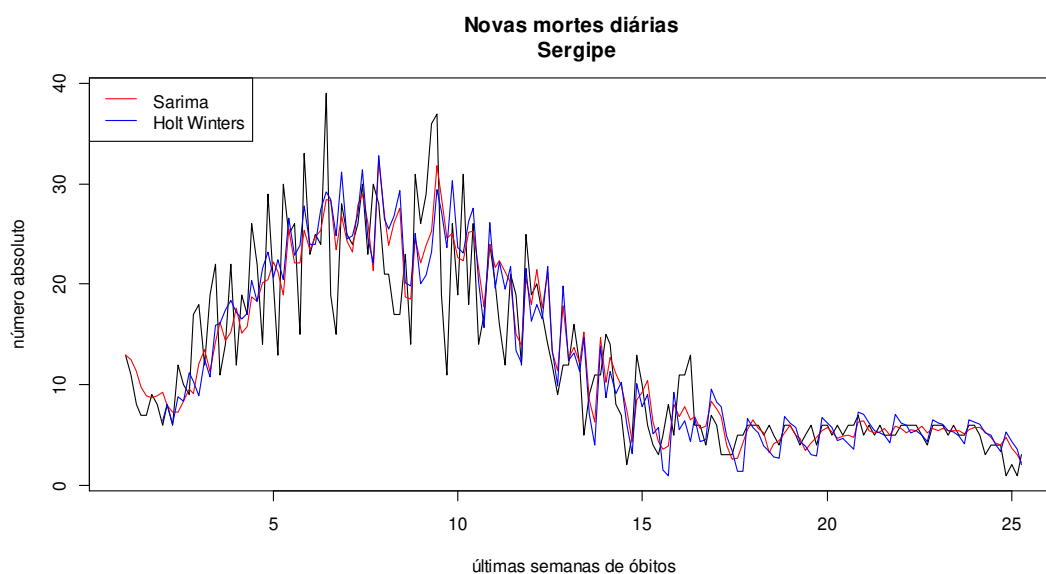


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

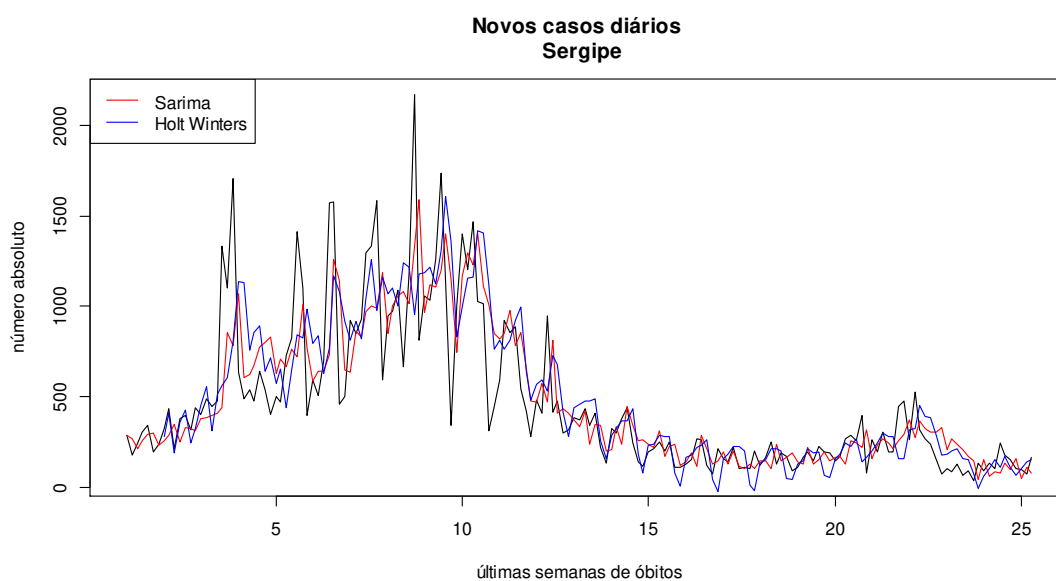


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.62 % sendo a semana passada de 2.63%, indicador que embora esteja oscilando abaixo da média nacional a qual é 2.8%, ela está se aproximando da média nacional pois há mais de 4 meses vem crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

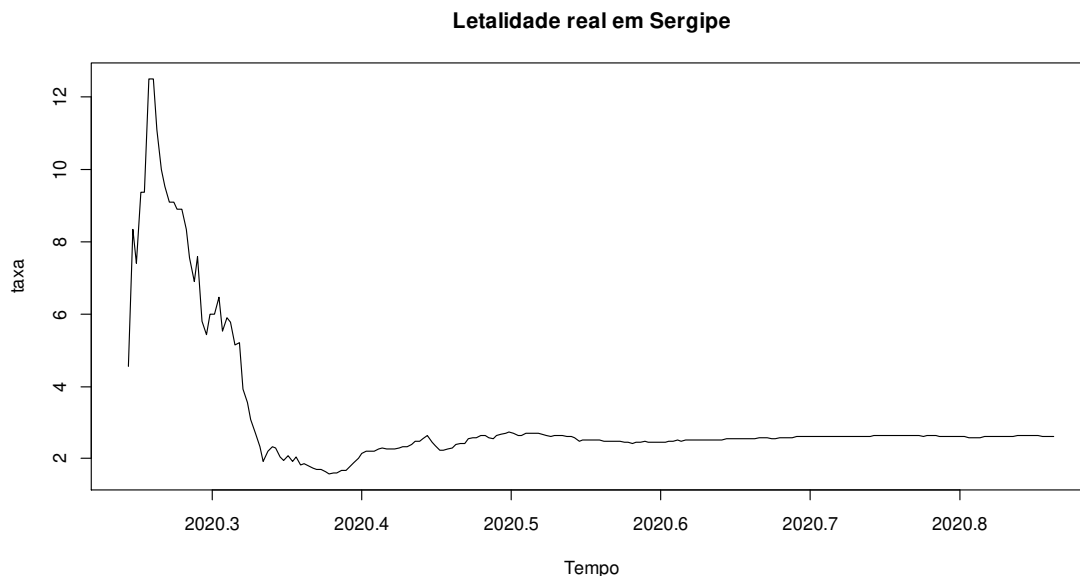


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 94 semana passada e esta semana está na posição 99 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 está perdendo protagonismo, e oscilando abaixo de 10% para casos e mortes.
4. A letalidade de 2.8 % menor ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
5. Esta semana 35 já se compara com as estatísticas das primeiras semanas. E para semana que vem se projeta uma quantidade maior de casos e menor de mortes.
6. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 156 454 casos e 2 400 mortes.
7. No âmbito regional, Sergipe tem uma estabilização há mais de dois meses tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 142 casos e 3 mortes, esta semana serão em média 75 casos e 2 mortes por dia.

8. Esta semana 33 de óbitos para o estado, 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.

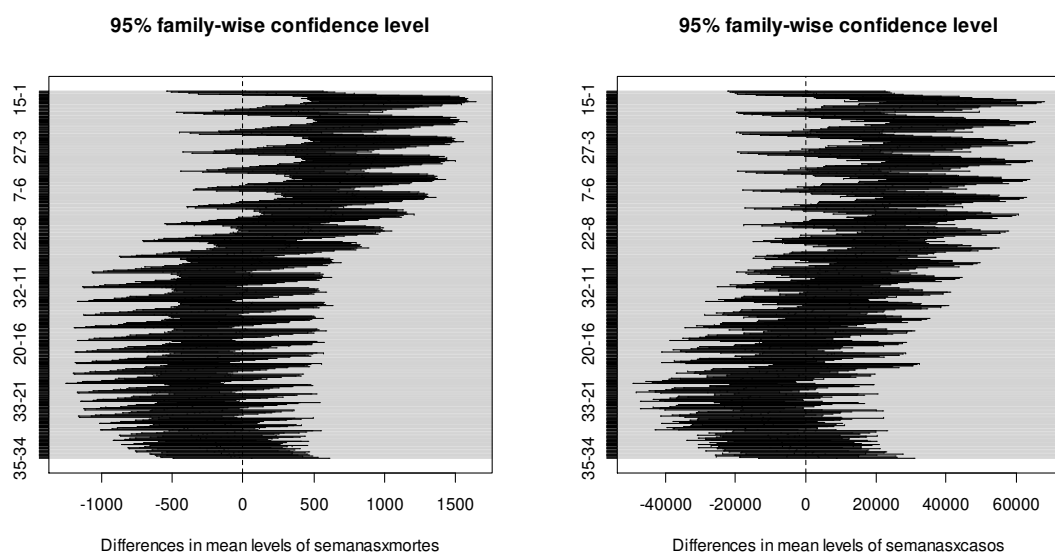


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

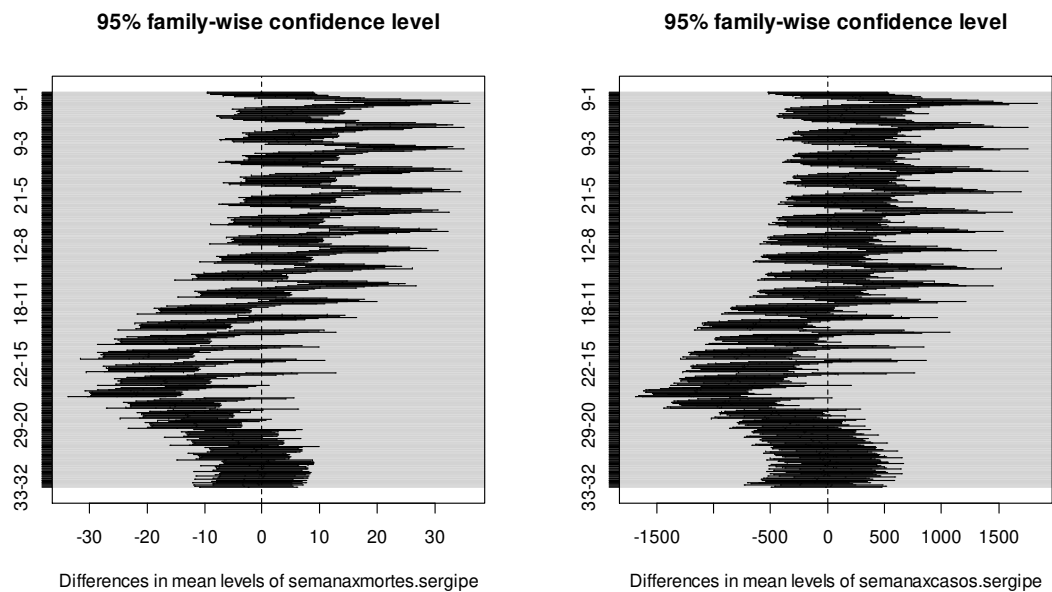


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.