



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

Nota técnica n^o 29 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.....	18
Conclusões	19
Bibliografia	19
Anexos.....	20

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 19 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 16.98, onde semana passada era de 15.4 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 4526 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 10%,

para os casos e mortes, onde semana passada os casos oscilava em torno de 5%, esta retomada indica que uma onda de crescimento esta presente no Brasil, ver gráfico 02.

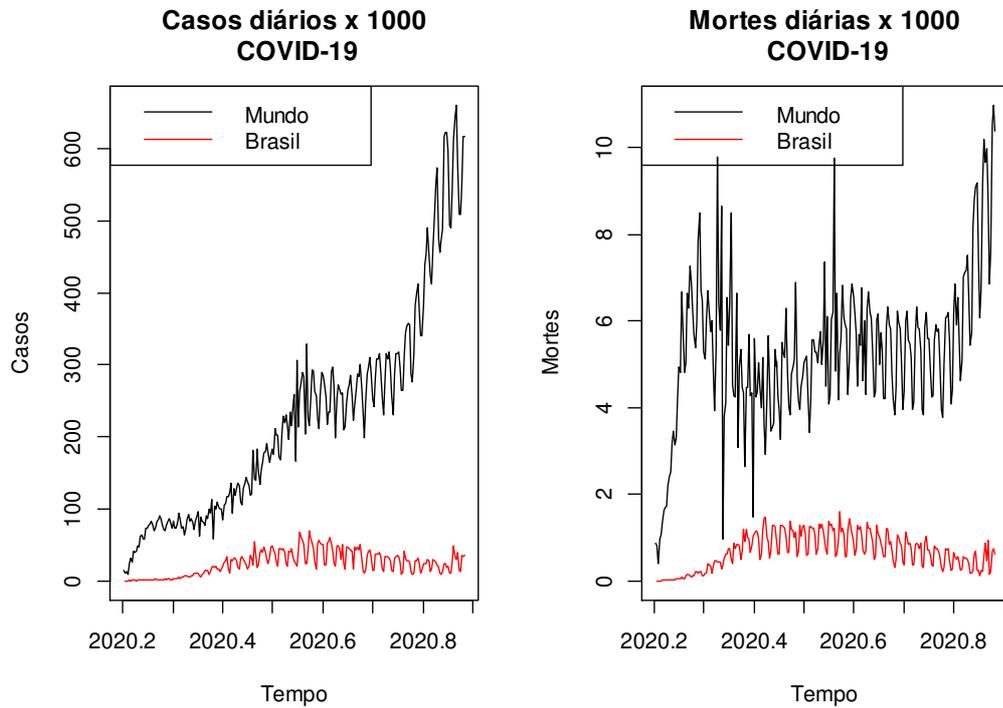


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

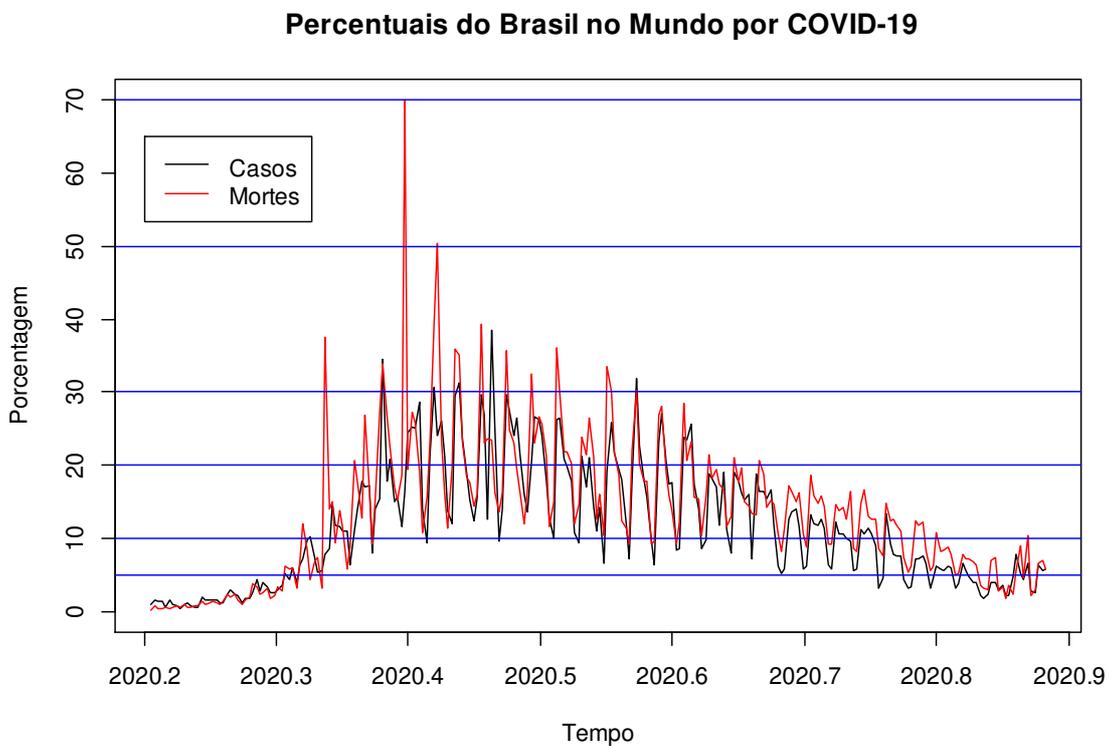


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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 18 de novembro o Brasil teve 34 091 casos e 756 óbitos de um total de 587 800 casos e 10 688 mortes no mundo, representando 5.8% dos casos e 7.1% das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais foram 7.8% e 5.54% 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 19 de novembro, foram de 5 981 767 casos confirmados e 168 061 mortes, aumentando em uma semana mais de 200185 casos e mais e de 3 780 mortes, comparando o saldo entre semanas há um aumento de 32 861 casos e 1 278 mortes a mais, que em termos percentuais representa um aumento de 19.6% nos casos e aumento de 51% nas mortes. Nesta nota novamente retomamos a coleta do ministério da saúde do Brasil para esta semana. Os acompanhados tiveram um leve aumento, indicando que diferente das ultimas semanas, estes aumentos tendem a crescer para as próximas semanas.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
13/11/2020	5810652	164737	5267567	378348
14/11/2020	5848959	165658	5291511	391790
15/11/2020	5863093	165798	5291511	405784
16/11/2020	5876464	166014	5322406	388044
17/11/2020	5911758	166699	5361592	383467
18/11/2020	5945849	167455	5389863	388531
19/11/2020	5981767	16081	5407498	406208

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

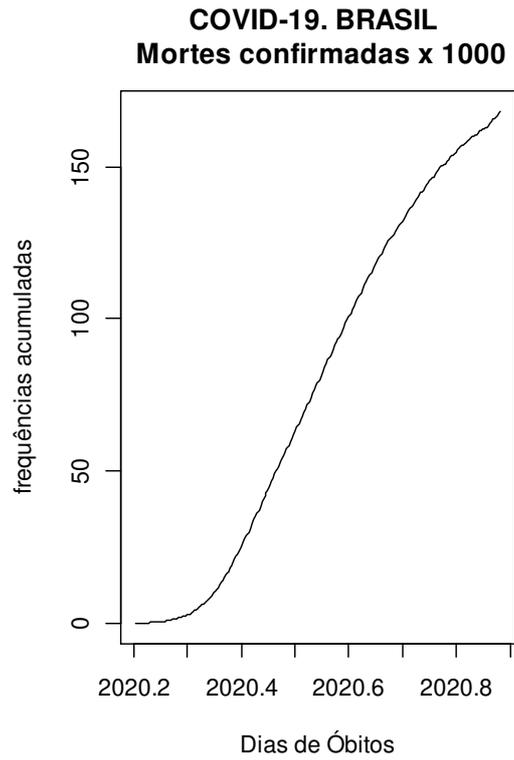
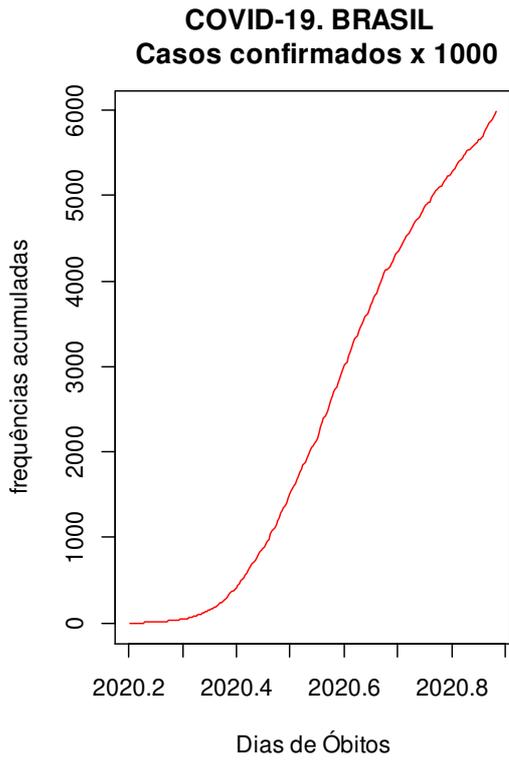


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

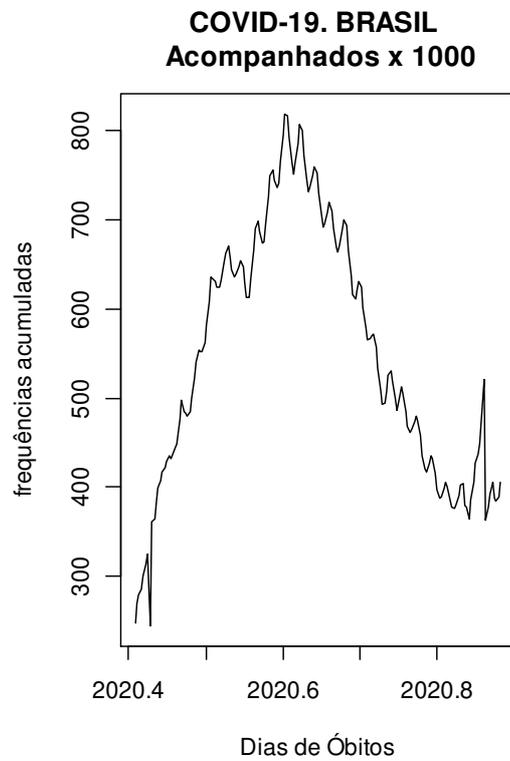
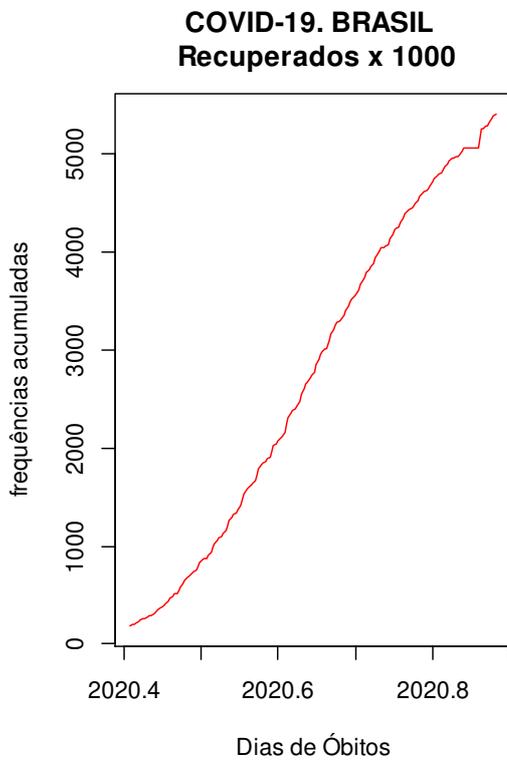


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e também um aumento gradual dos acompanhados, indicando que há uma movimentação maior nos centros de controle de saúde para esta pandemia.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 1 191 290 casos e 41 074 mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Ceará, 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	1191290	41074
MG	390337	9648
BA	377445	8013
RJ	334514	21806
SC	306788	3384
CE	289550	9473
GO	270464	6107

Fonte. Ministerio da saúde do Brasil.

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 19 de novembro de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 35 916 casos neste dia, e as novas mortes alcançaram 606 óbitos, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

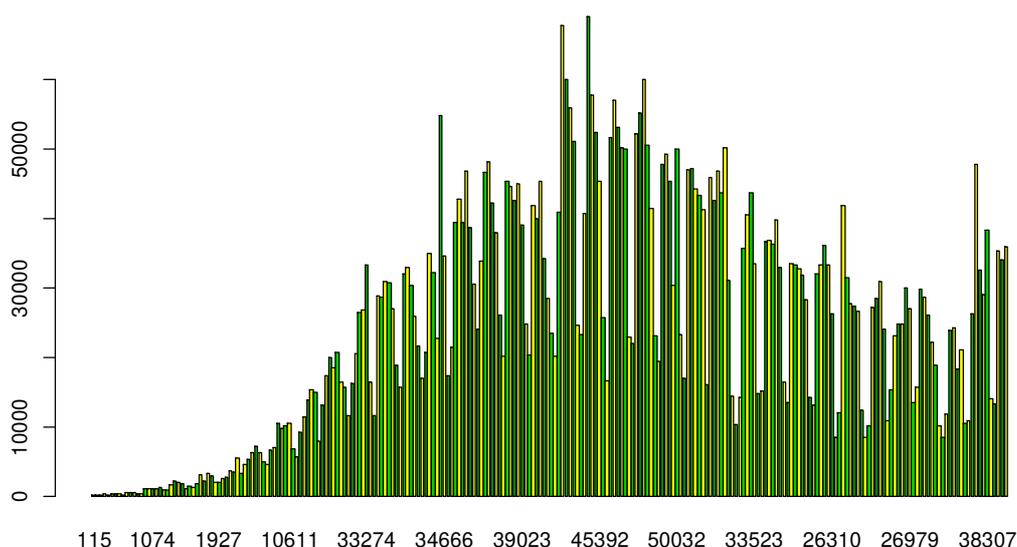


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

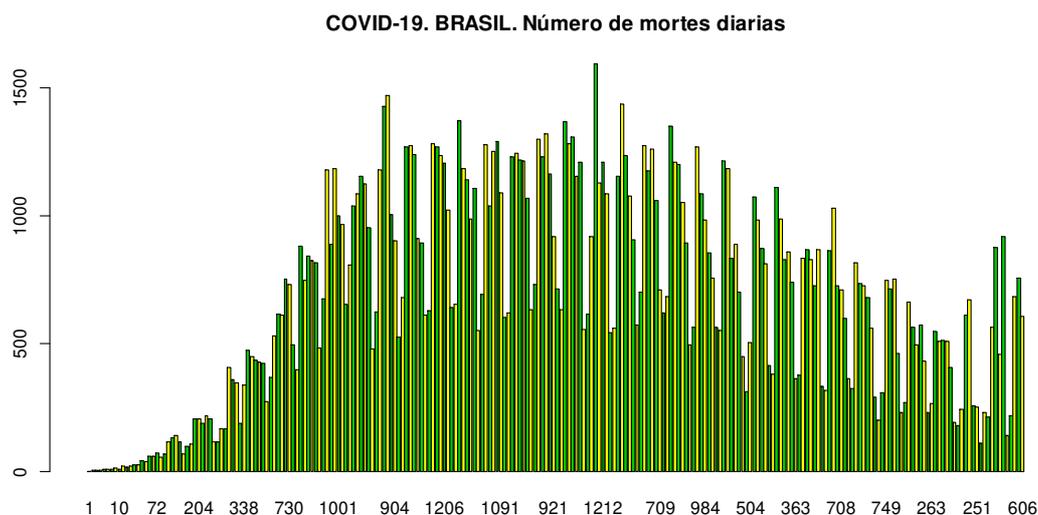


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 quadrático por apresentar erro de ajuste de 0.14%, ou seja, as estimativas do modelo se afastam em média 0.14% 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
20/11/2020	6019948	168763	6002843 - 6037052	168162.9 - 169364.5
21/11/2020	6056134	169486	6035479 - 6076789	168636.9 - 170336.4

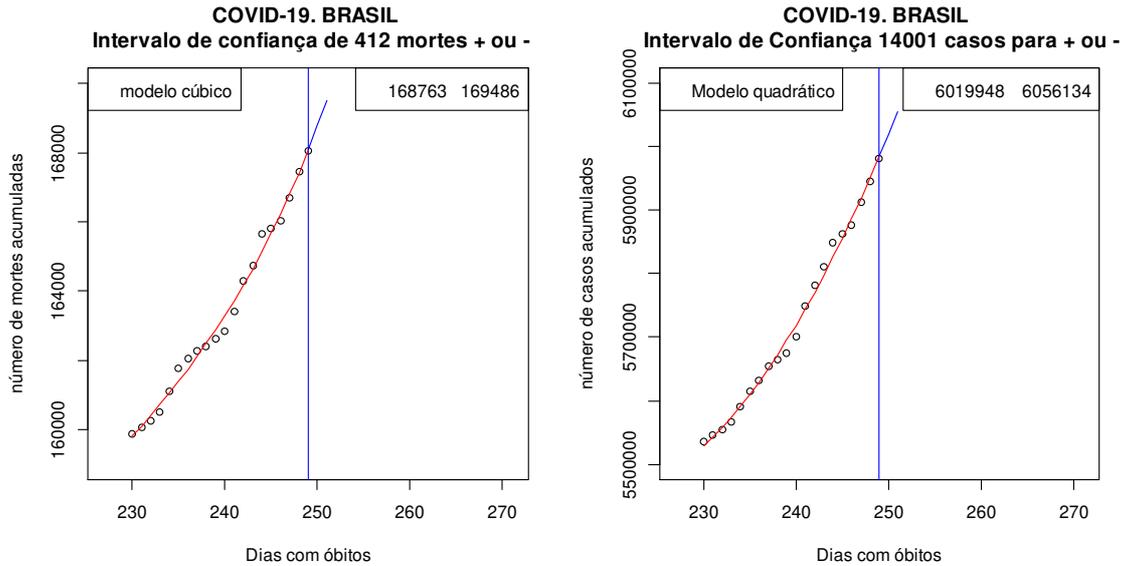


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 36 a média de casos é estatisticamente iguais as da semana 7, já para as mortes são estatisticamente iguais com a 5 semana de início da pandemia ($p>0,05$). Isto indica uma ligeiro aumento se comparado com semanas previas, ou seja o país teve uma descuido frente a pandemia nos dois indicadores nesta semana.

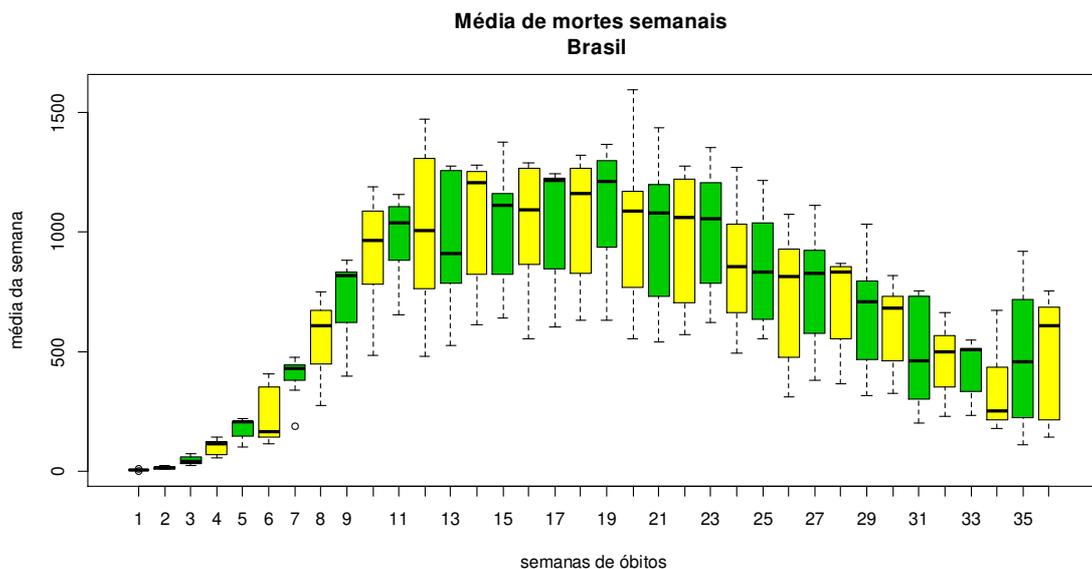


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

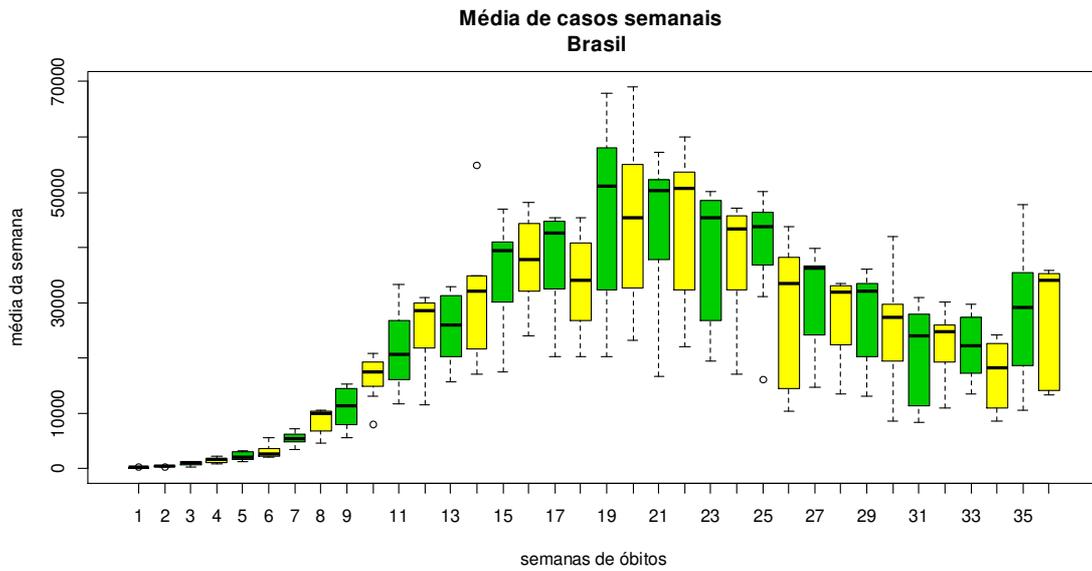


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 29 300 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 512 casos para mais e para menos e 520 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 137 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 205 101 casos e 3 700 mortes. Semana passada se projetou 156 454 casos e o valor real foi 200 185, para as mortes projetou-se 2 400 e o valor real foi 3 780. 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
20/11/2020	28865	454	31151	529
21/11/2020	33096	685	33127	653
22/11/2020	18212	243	16659	213
23/11/2020	17891	324	16639	276
24/11/2020	32916	553	31495	540
25/11/2020	38968	716	37761	710
26/11/2020	35153	755	34419	724

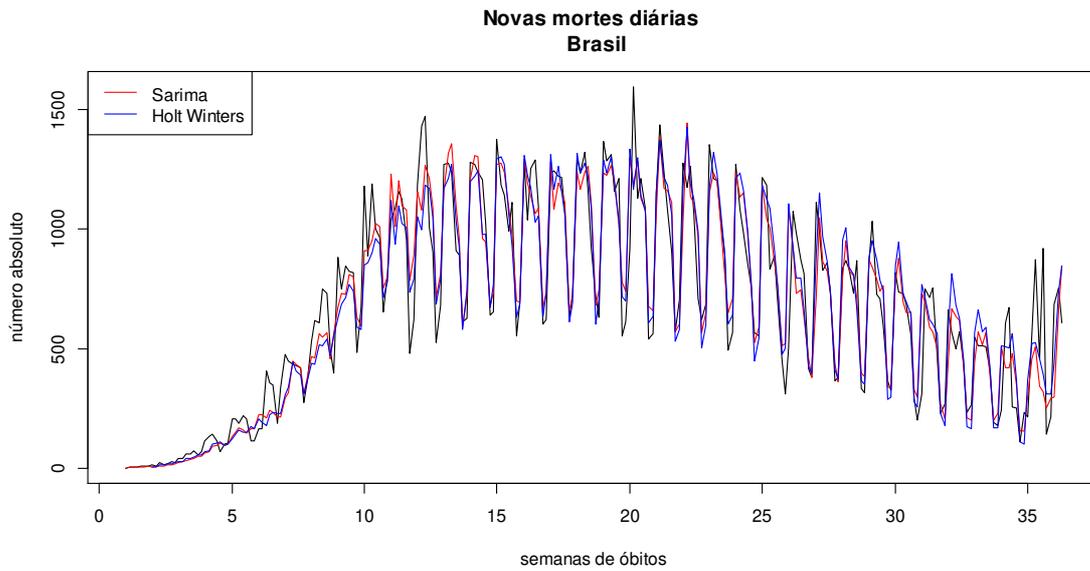


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

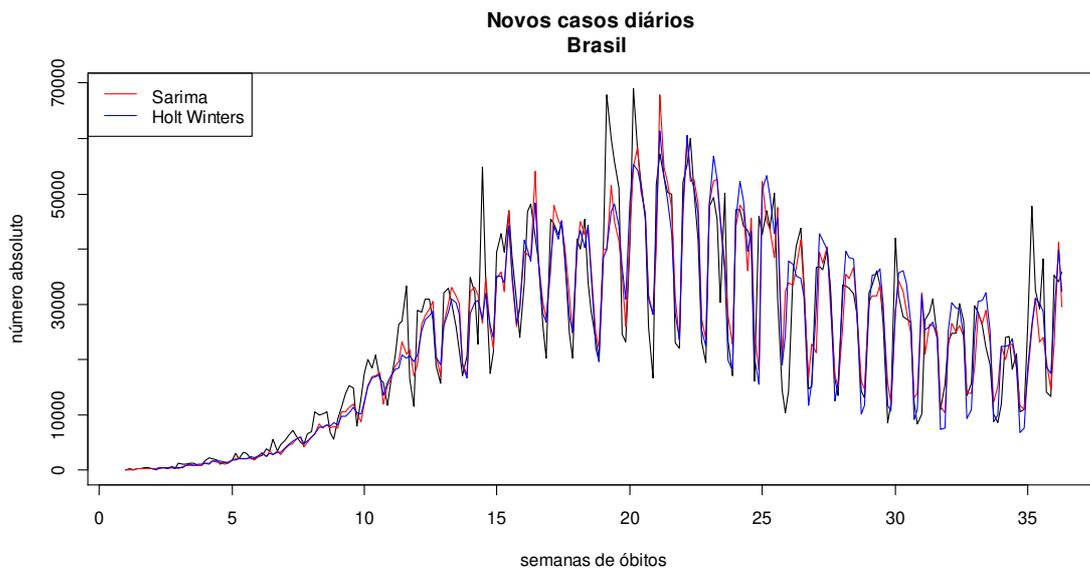


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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.

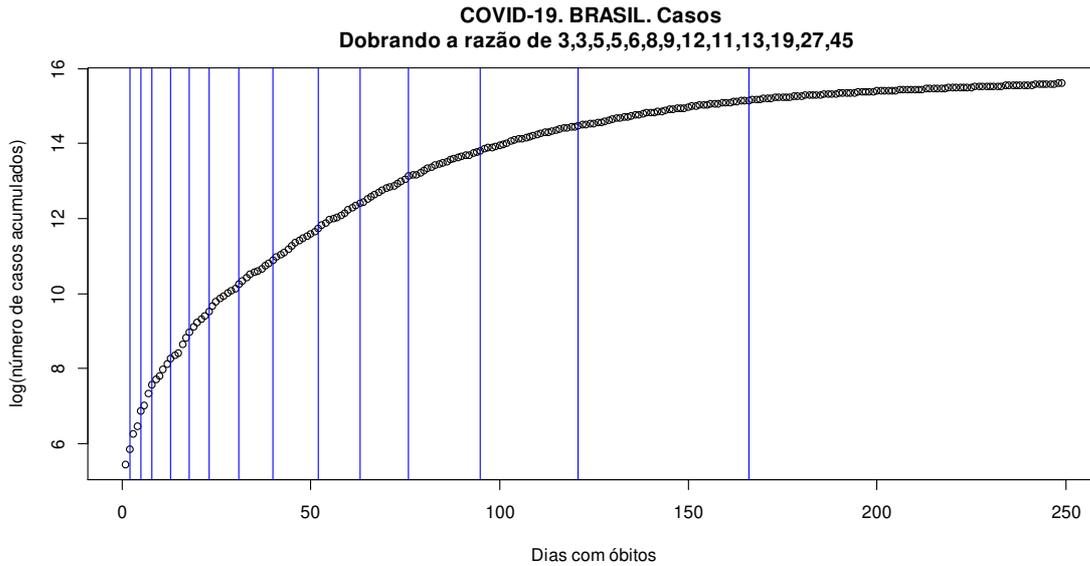


Gráfico 09 (a). Espaçamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

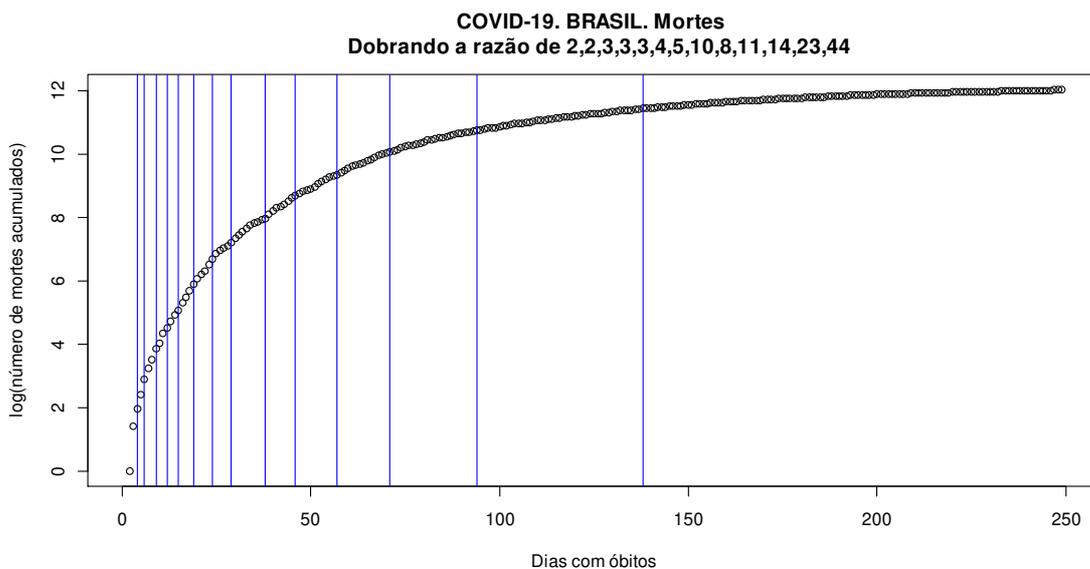


Gráfico 09 (b). Espaçamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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 19 de novembro por cada 1 000 habitantes foram 103 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, saindo da posição 99 da semana passada para a 102 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 16 806 100 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

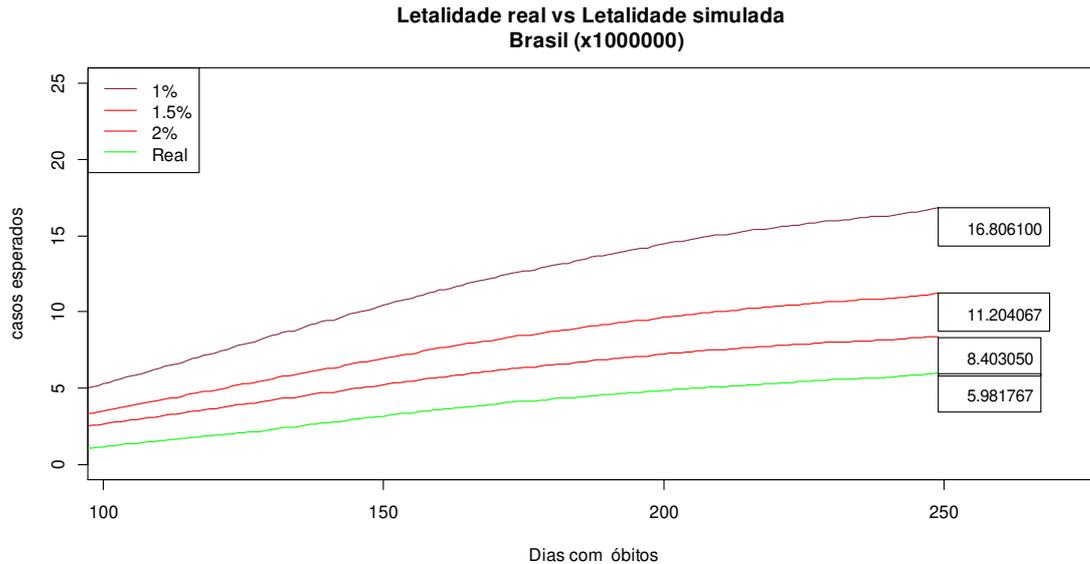


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 15.4 da semana passada para 16.98 nesta semana apresentando leve aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 2828 casos por cada 100 000 habitantes.

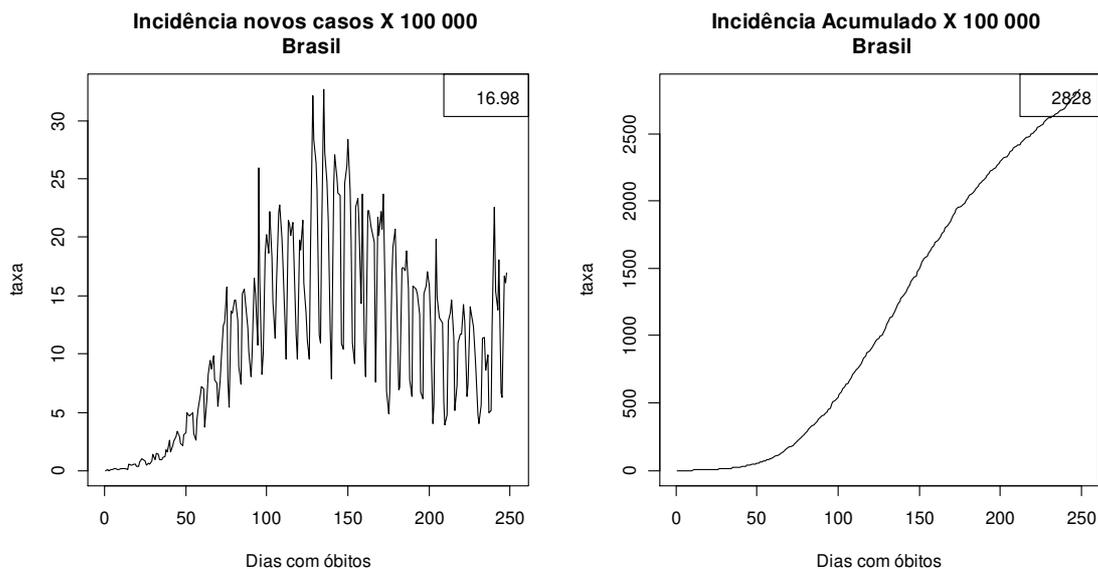


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 19 de novembro, 86 612 casos confirmados e 2 270 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 808 996 casos e 20 19 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 188 casos a menos e 1 morte a mais, 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	13/11/2020	89	85893	4	2254
SE	14/11/2020	87	85980	3	2257
SE	15/11/2020	85	86045	2	2259
SE	16/11/2020	101	86146	1	2260
SE	17/11/2020	127	86273	3	2263
SE	18/11/2020	88	86361	3	2266
SE	19/11/2020	251	86612	4	2270

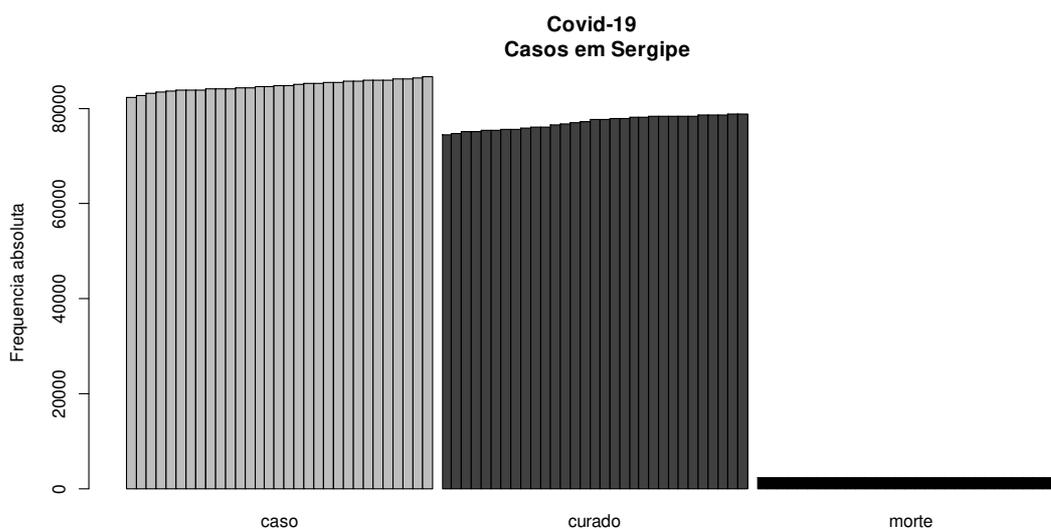


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

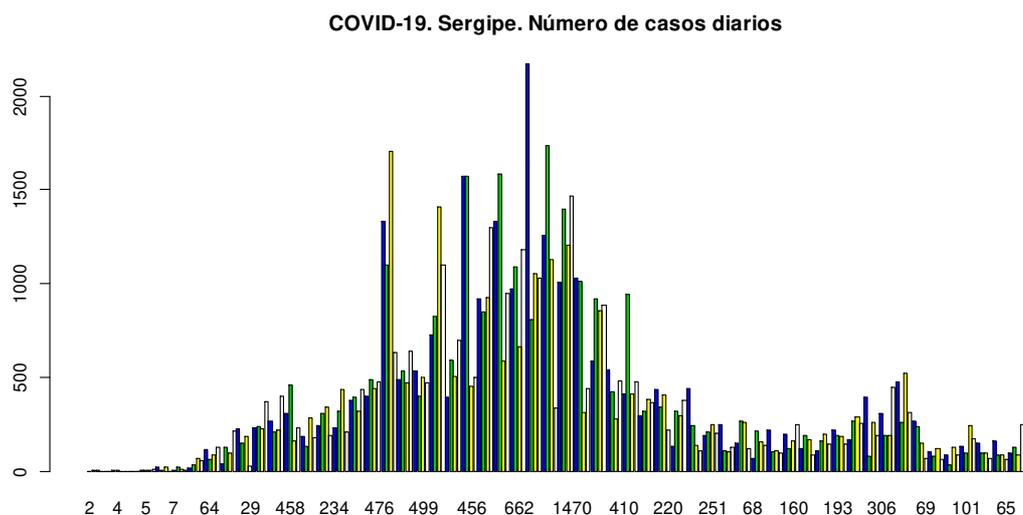


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

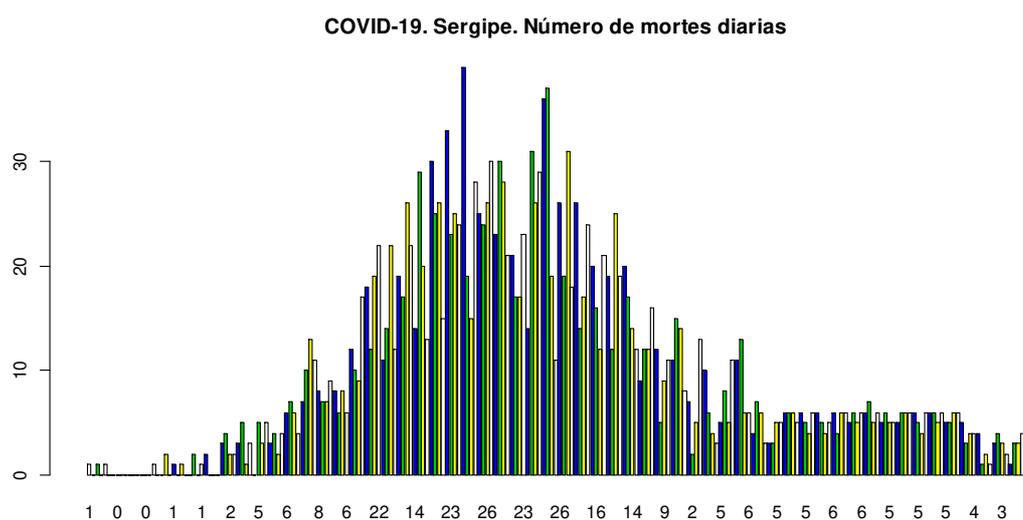


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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
20/11/2020	86783	86560.82 - 87007.00	2273	2270.704 - 2275.842
21/11/2020	86957	86676.51 - 87238.65	2277	2274.018 - 2281.404

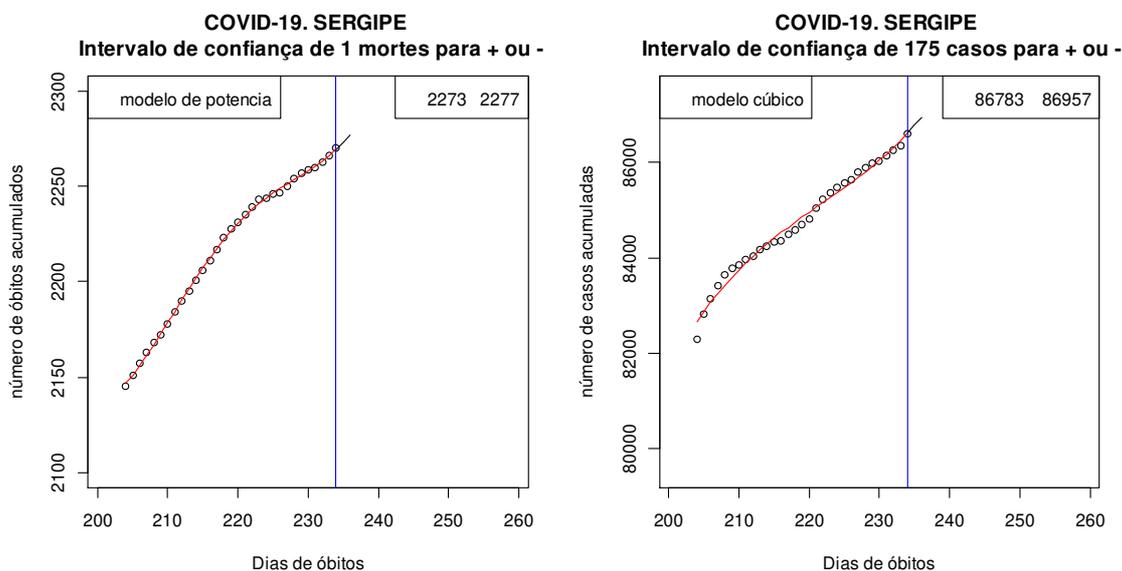


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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 34 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:

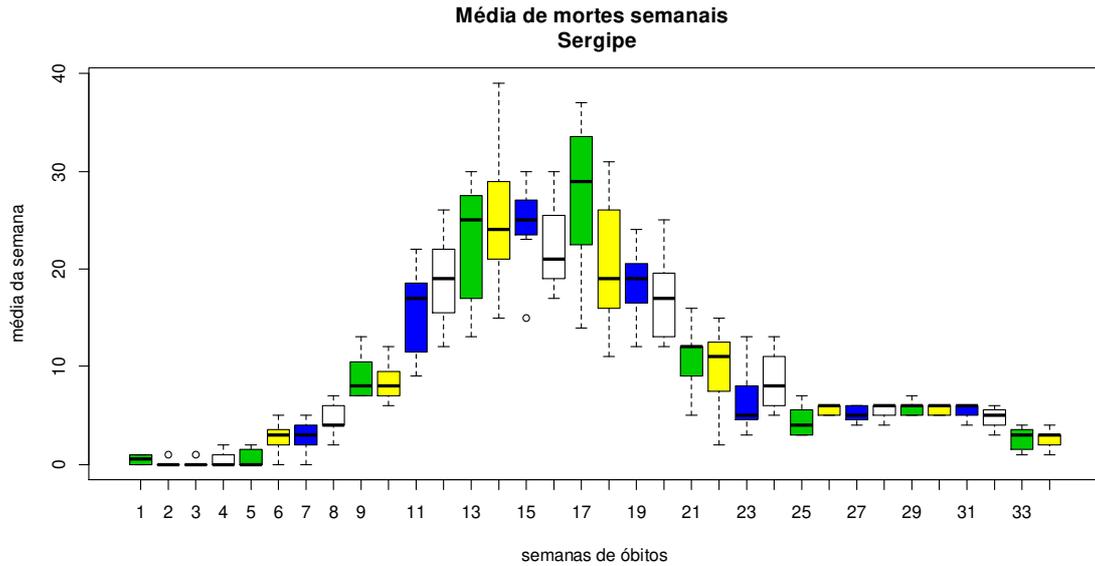


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

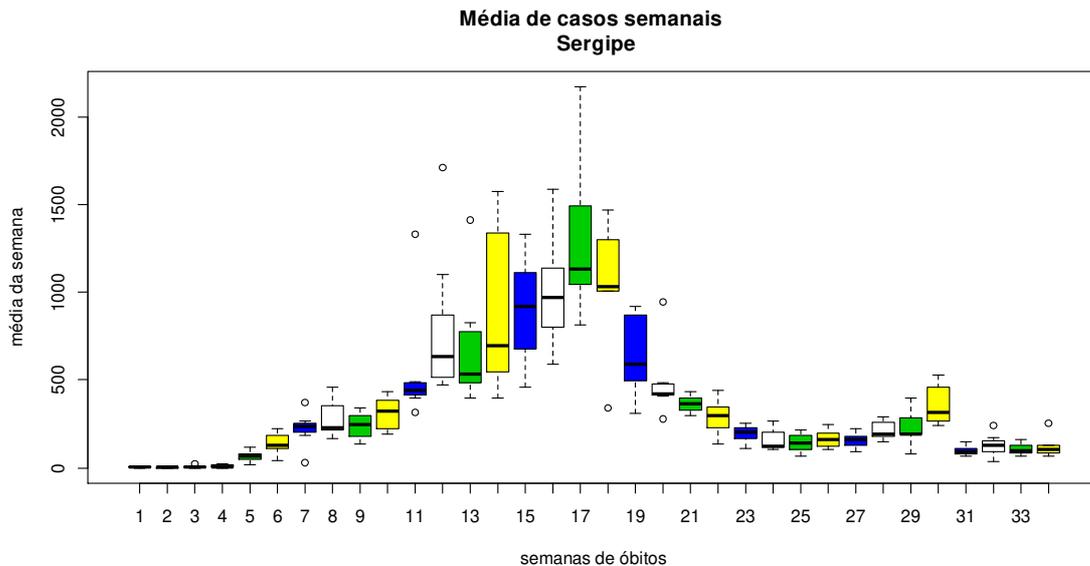


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

1179	15	881	14
168,4286	2,142857	125,8571	2

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 125 casos e 2 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 881 casos e 16 mortes. Semana passada projetamos 524 casos e 15 mortes, sendo os valores reais de 808 casos e 20

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
20/11/2020	154	3	155	3
21/11/2020	135	2	165	2
22/11/2020	130	2	117	1
23/11/2020	197	2	72	2
24/11/2020	165	2	90	2
25/11/2020	193	2	113	2
26/11/2020	205	2	169	2

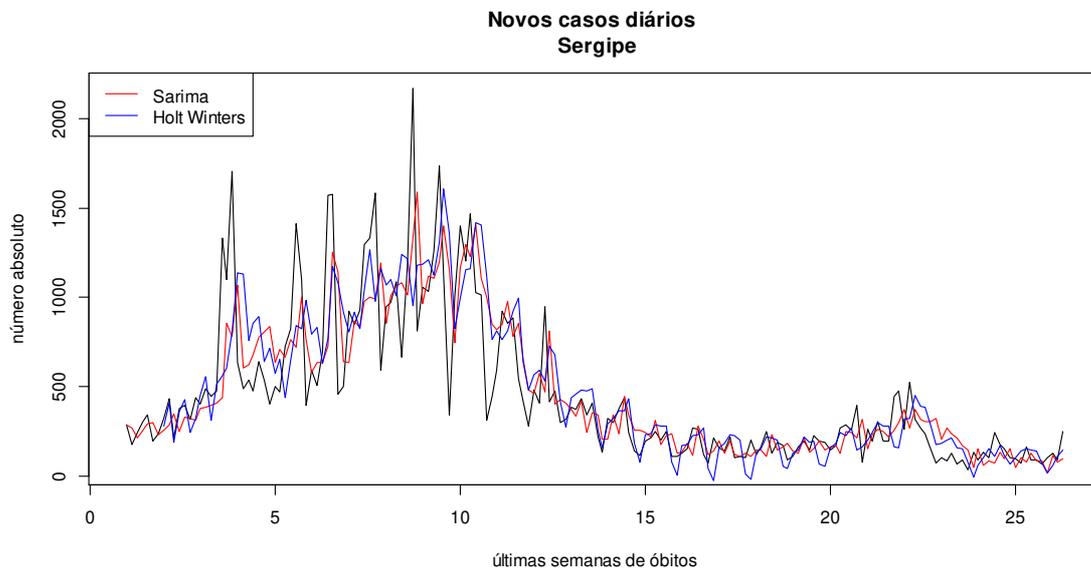


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

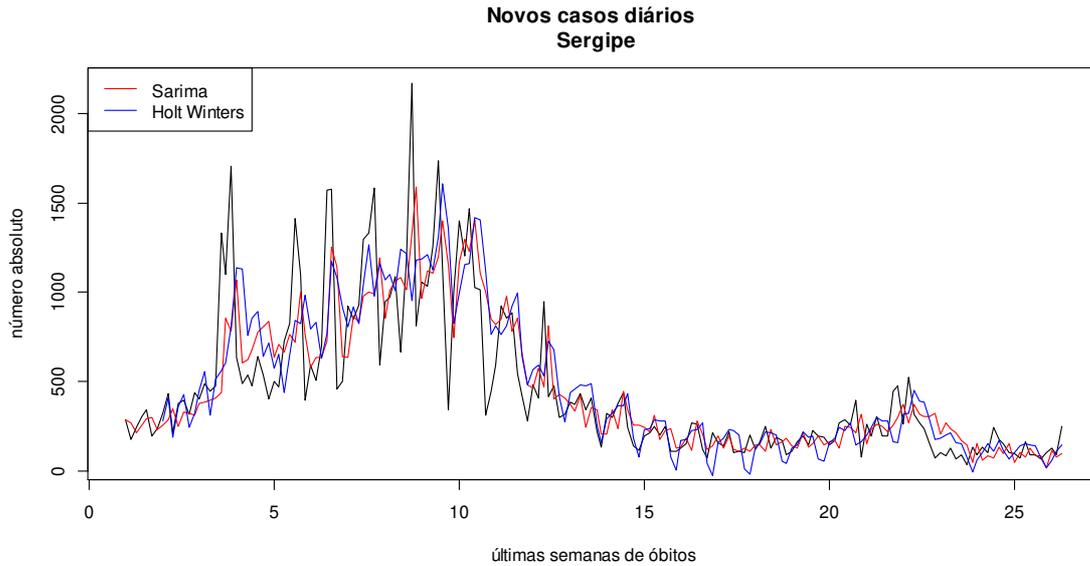


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.62 % sendo a mesma da semana passada, indicador que embora esteja ascilando abaixo da média nacional a qual é 2.8%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 5 meses meses vem crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

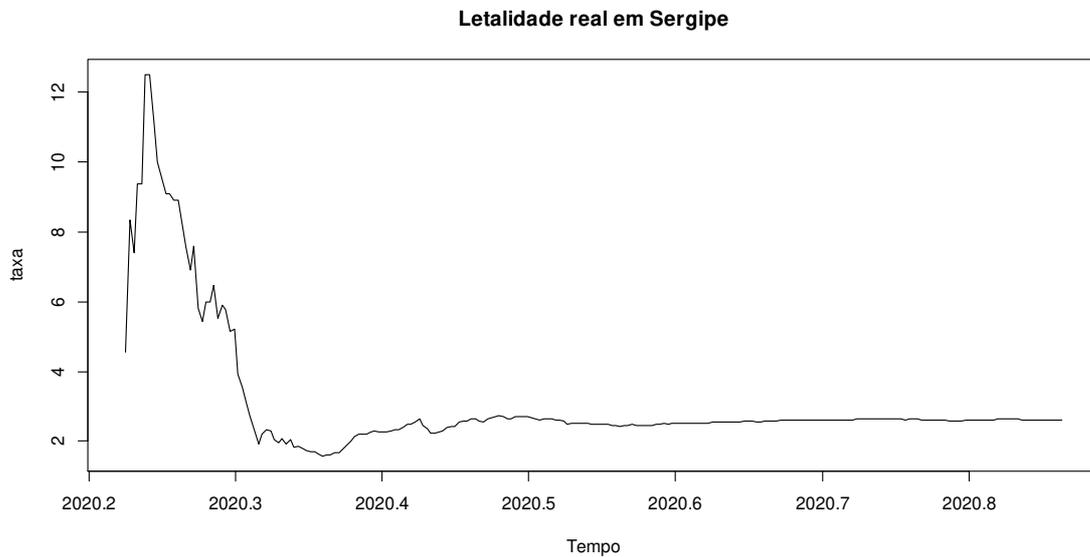


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 99 semana passada e esta semana está na posição 102 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 abaixo de 10% para casos e mortes.
4. A letalidade de de 2.8 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
5. Esta semana 36 já se compara com as estatísticas da quinta semana. E para semana que vem se projeta uma quantidade maior de casos e mortes, isto por que há uma retomada significativa para os dois indicadores no país.
6. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 205 101 casos e 3 700 mortes.
7. No âmbito regional, Sergipe têm uma estabilização há mais de três meses tanto para casos e mortes, onde semana passada tinha uma média diária de 116 casos e 3 mortes, esta semana serão em média 125 casos e 2 mortes por dia.
8. Esta semana 34 de óbitos para o estado, os casos e mortes 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, 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.

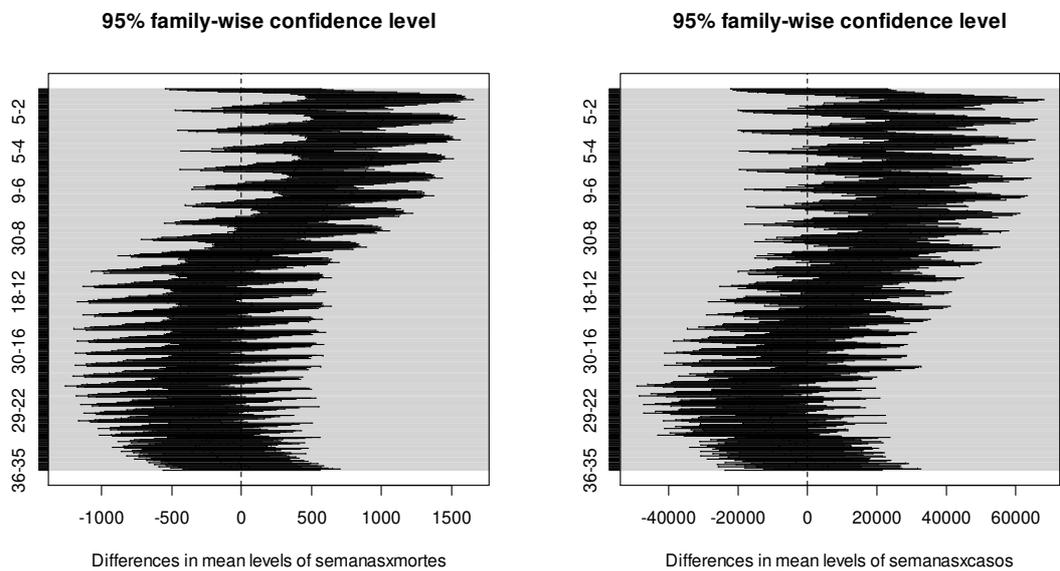


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

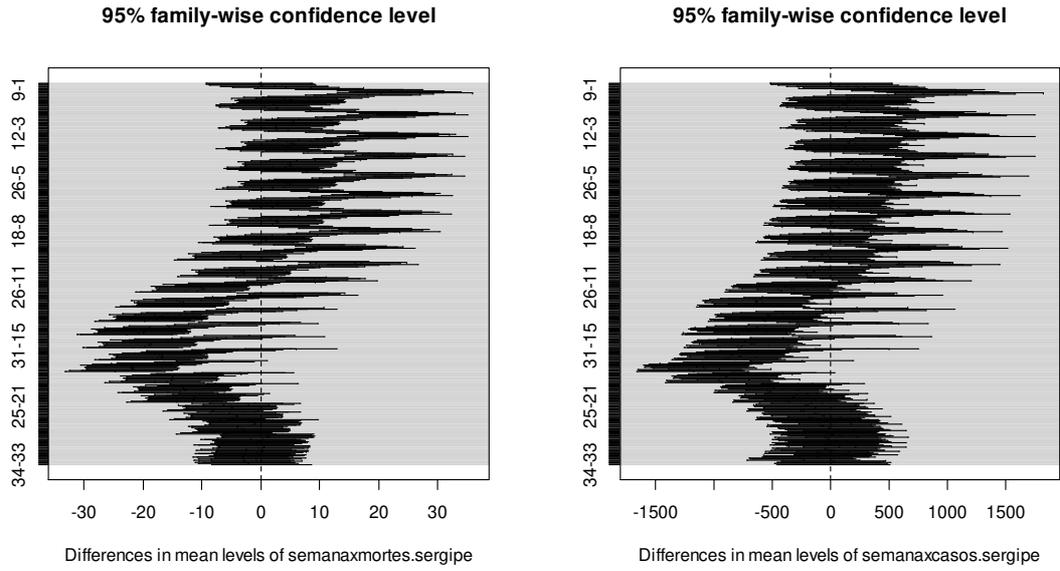


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.