



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

Nota técnica n^o 34 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	8
Letalidade.....	12
Incidência.....	13
Resultados Sergipe.....	14
Modelagem.....	16
Letalidade.....	19
Conclusões	20
Bibliografia	21
Anexos.....	21

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 24 de dezembro 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 30.22, onde semana passada era de 33.01 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 121 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 683 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, e atualmente o

Brasil inicia uma retomada de crescimento proporcional e ganha novamente protagonismo mundial, aumentando na curva de crescimento e atualmente oscilando em torno de 10%, para os casos e mortes, porém nestas quatro semanas uma onda de crescimento de casos se instalou no Brasil, onde o mundo esta em aumento e o Brasil acompanhando estes aumentos o que poder observado nos gráficos 01 e 02.

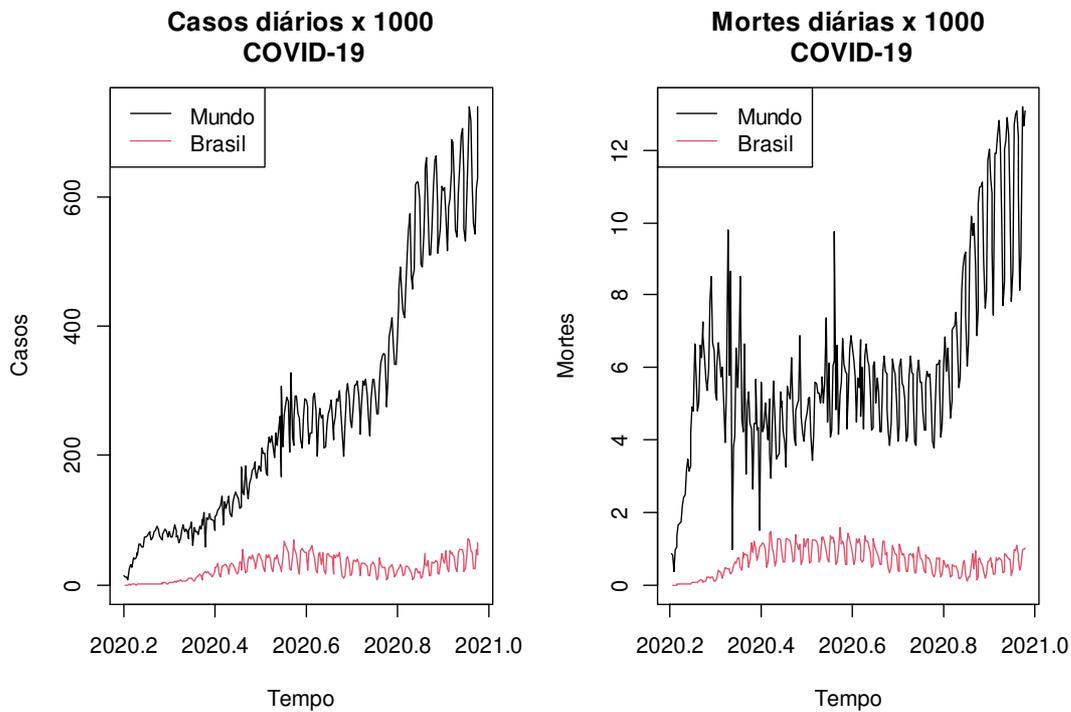


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

Percentuais do Brasil no Mundo por COVID-19

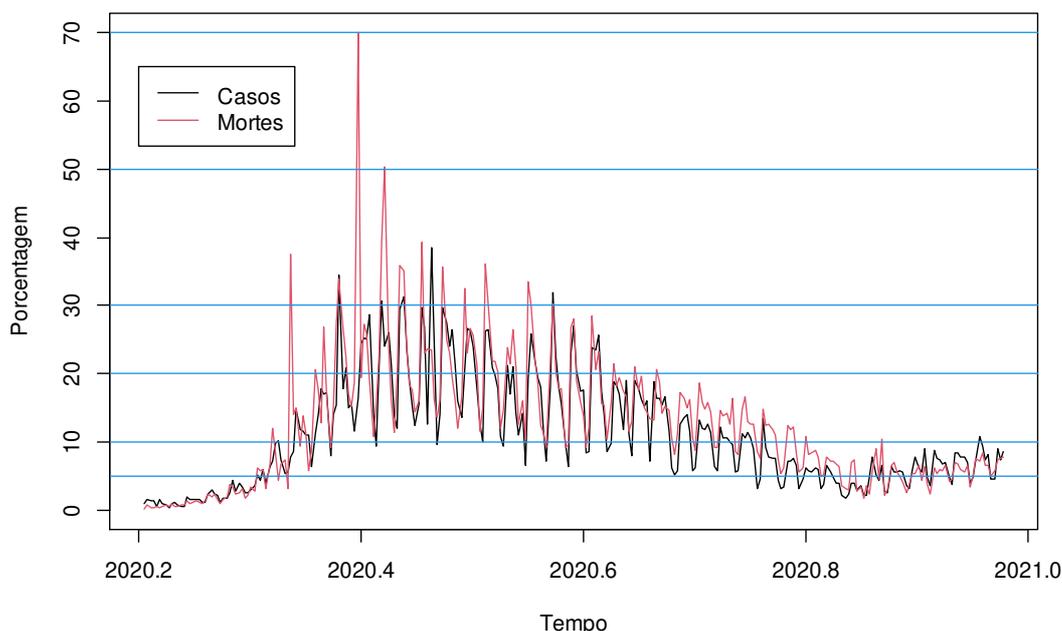


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14,23,44,139; 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 23 de dezembro o Brasil teve 46 696 casos e 961 óbitos de um total de 627 936 casos e 12 688 mortes no mundo, representando 7.4 % dos casos e 7.6 % das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais tiveram quedas estatisticamente significativo de 51.1% nos casos e queda de 2.3% nas mortes. 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 24 de dezembro, foram de 7 429 431* casos confirmados e 190 226* mortes, aumentando em uma semana mais de 318 997 casos e mais de 5 399 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma queda de 9 638 casos e 337 mortes, que em termos percentuais representa uma queda de 3% nos casos e aumento de 6.7% nas mortes.

* Os casos e mortes no Brasil e no mundo para o dia 24/12 são a projeção da semana passada.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
18/12/2020	7162978	185650	6198185	779143
19/12/2020	7213155	186356	6222764	804035
20/12/2020	7238600	186764	6245801	806035
21/12/2020	7263619	187291	6286980	789346
22/12/2020	7318821	188259	6354972	775590
23/12/2020	7365517	189220	6405356	770941
24/12/2020*	7429431	190226	6455755	765900

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

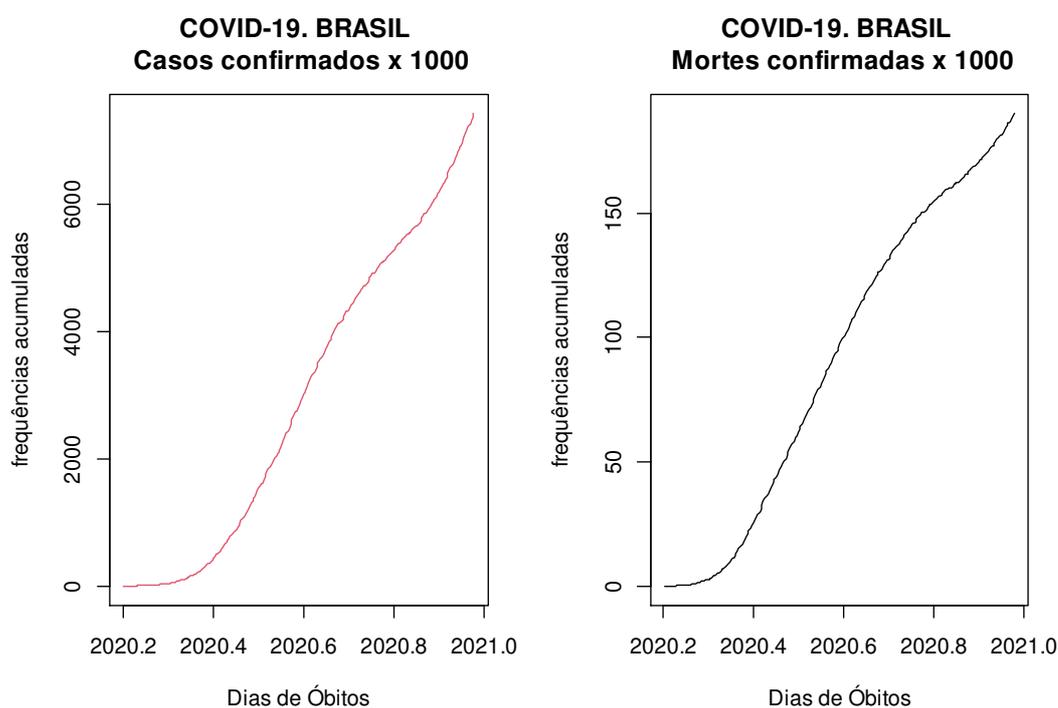


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

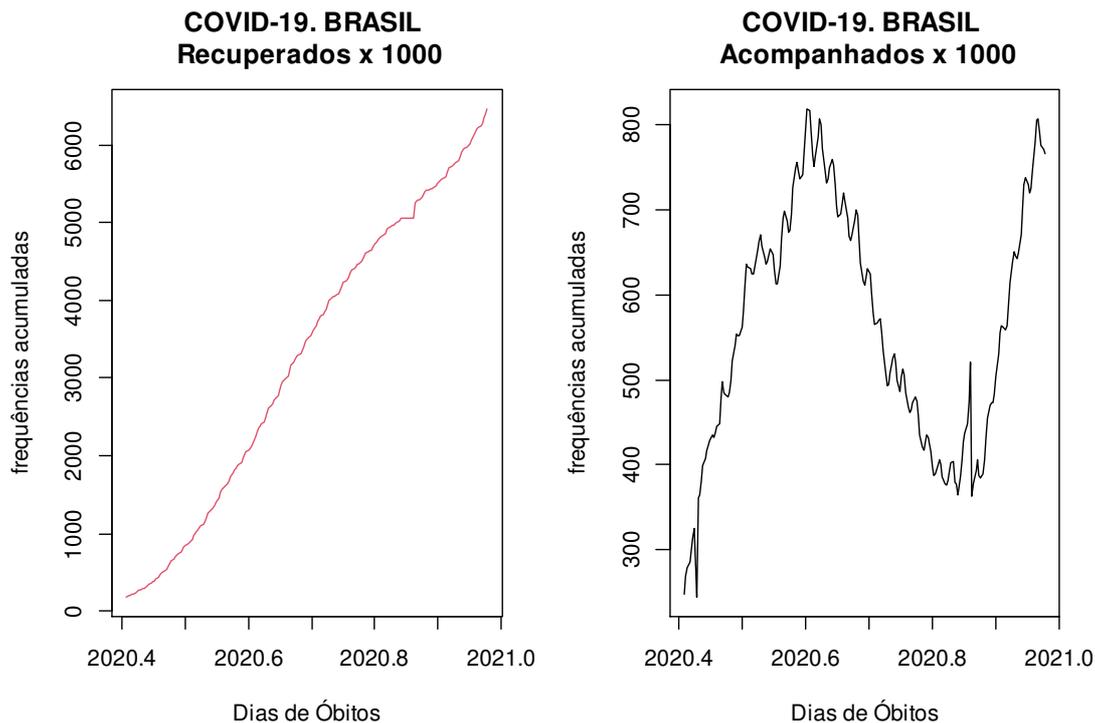


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e também um aumento significativo dos acompanhados, que já se encontra novamente no pico da pandemia e indicando que há uma movimentação maior e sufocando os 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 1 398 757 casos e 45 395 mortes, e os seguem os estados de Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná, 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	Acumulados	Acumulados
SP	1398757		45395	
MG	503700		11258	
BA	473865		8865	
SC	468403		4836	
RS	416000		8260	
RJ	411369		24594	
PR	384393		7460	

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 24 de dezembro de 2020, iniciando desde o primeiro dia alcançou 1 006 óbitos e 63 914 casos neste dia. Mostrando que uma nova onda de crescimentos tanto para casos e mortes se instalou no Brasil, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

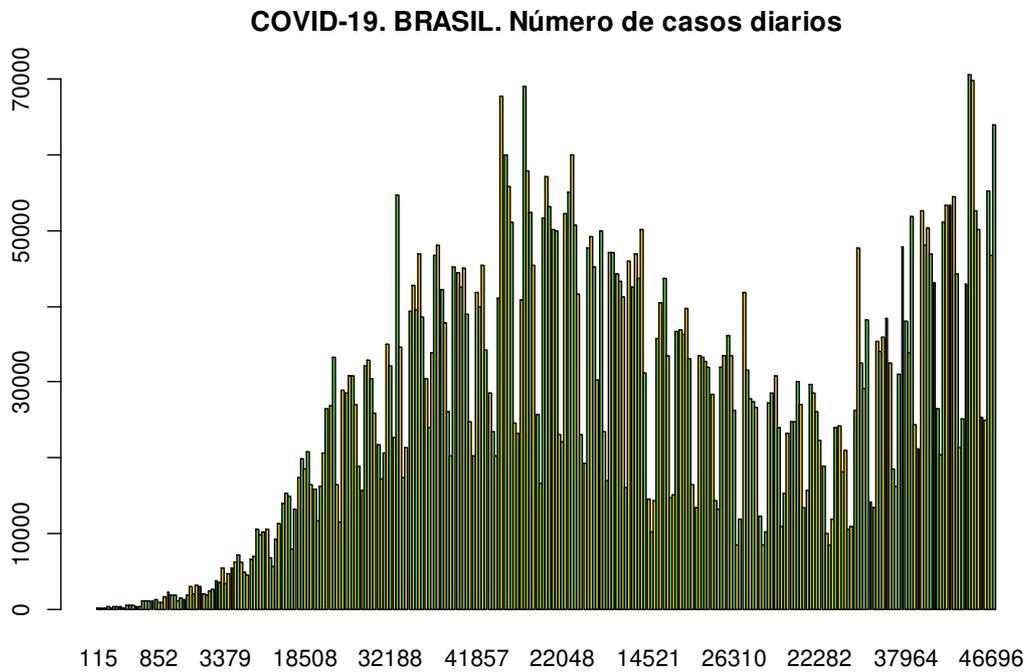


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

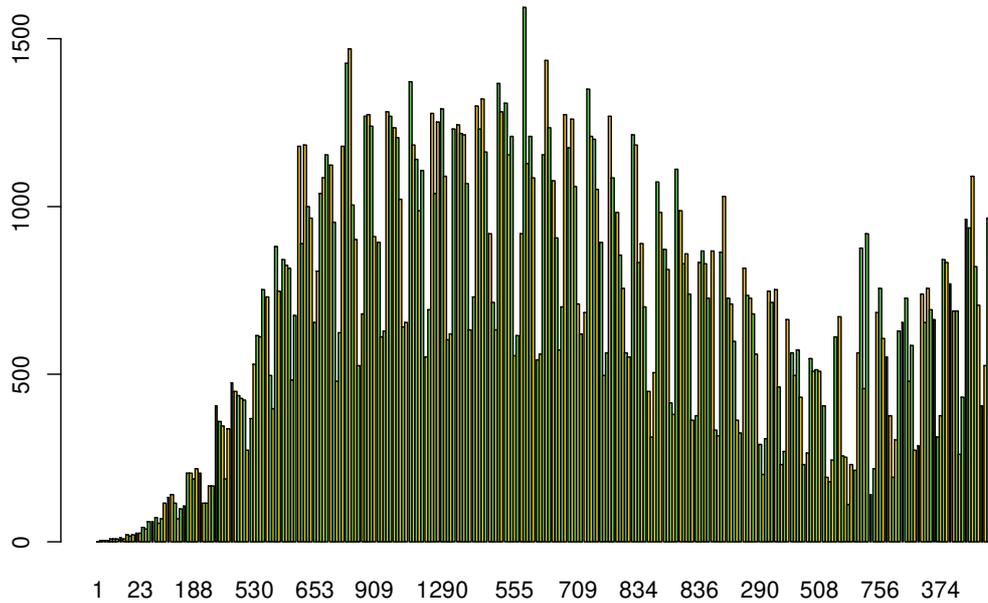


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

Modelagem para o Brasil

Foram usados modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes acumuladas de COVID-19 no Brasil, estas séries têm apenas o componente de tendência e modelos de potência, exponencial e modelos não lineares foram abordados, porém escolheu-se o modelo com menor erro de ajuste (a curva mais próxima dos dados). Ao longo dos dias, os ajustes foram avaliados e modelos de regressão cúbica têm tido os menores erros de ajuste, todos abaixo de 1%, e para a modelagem ter melhor performance de estimação, foram usados apenas os 20 últimos casos. No ajuste dos casos, foi usado o modelo quadrático por apresentar erro de ajuste de 0.19%, ou seja, as estimativas do modelo se afastam em média 0.2% 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
25/12/2020	7473662	190866	7445512 - 7501812	190247.7 - 191485.1
26/12/2020	7522863	191688	7488870 - 7556857	190813.0 - 192563.1

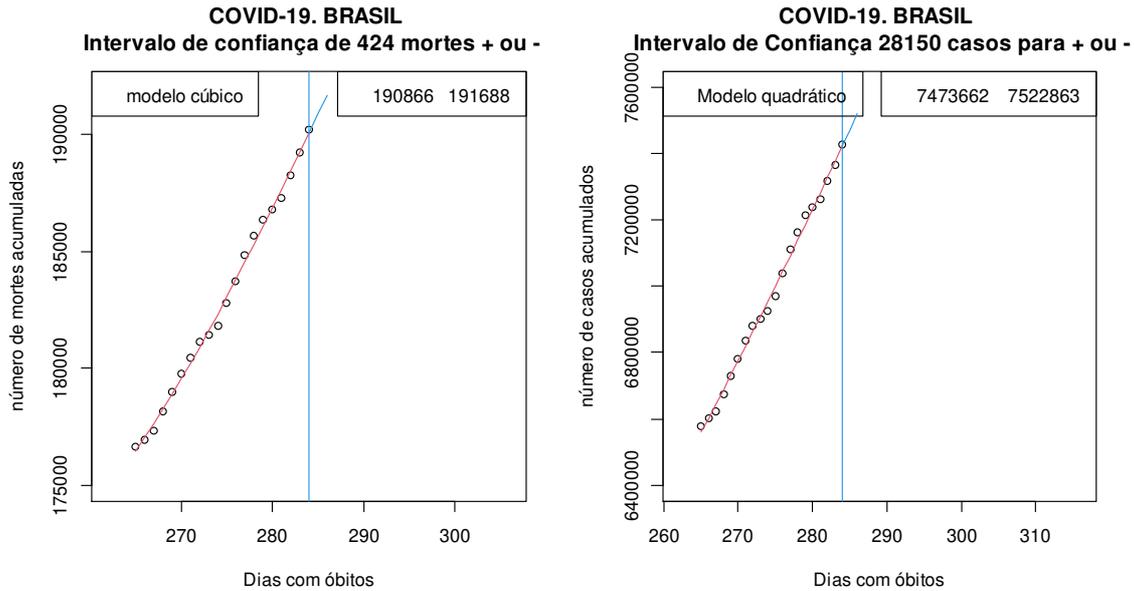


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 maiores médias que a semana passada. Usando um teste de comparações múltiplas de médias (Teste de Tukey), indica, que a última semana 41, a média de casos e mortes é estatisticamente igual à da semana 19 a qual foi o pico da pandemia ($p > 0,05$). Isto indica um aumento se comparado com semanas prévias, ou seja, o país teve um aumento expressivo e estatisticamente maior para ambas as características.

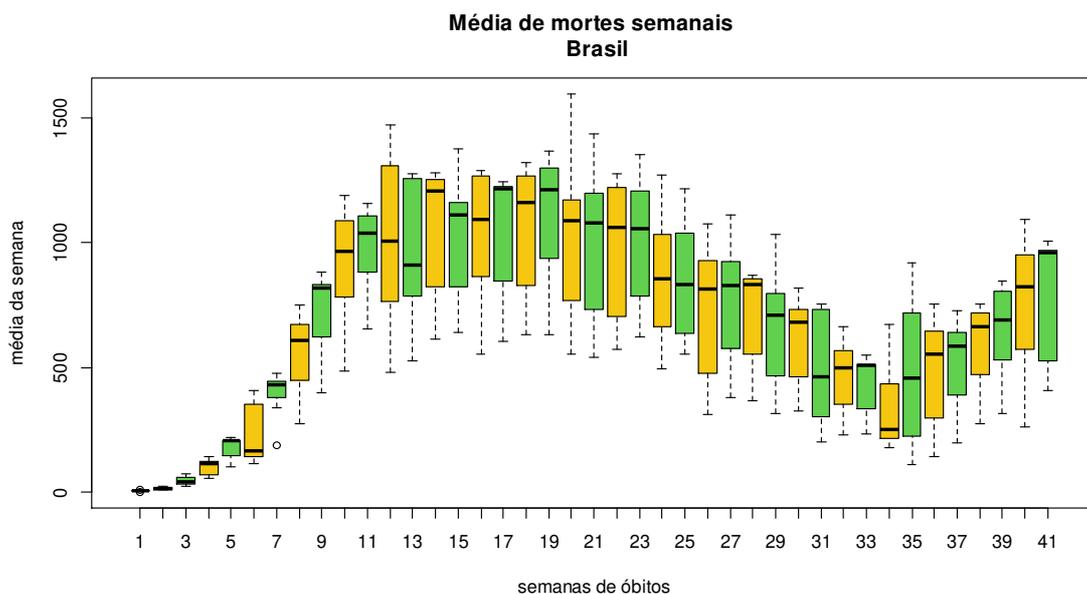


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

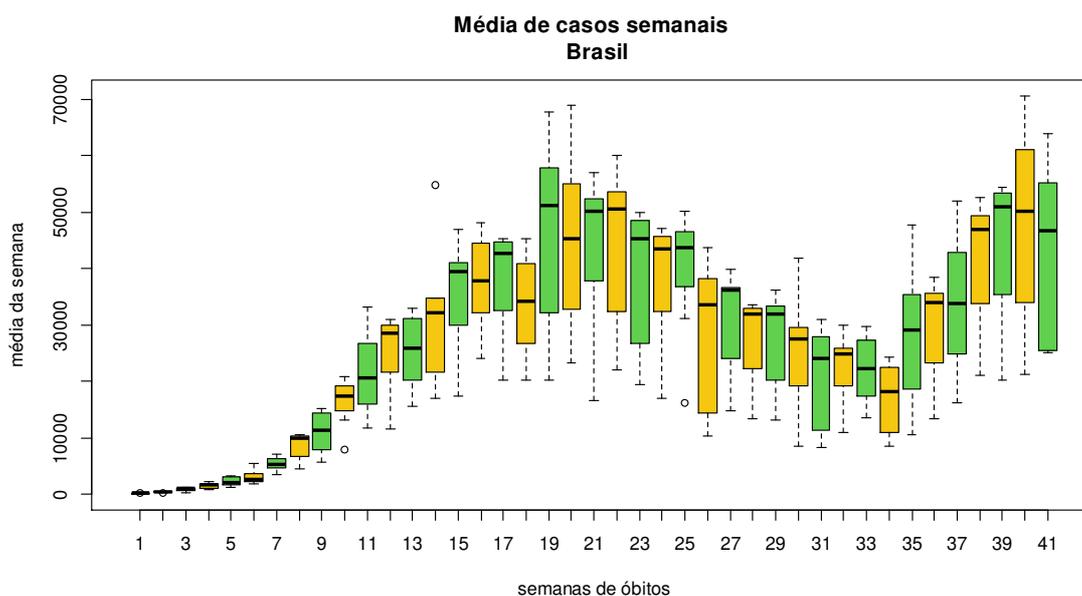


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

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 48 246 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 6 301 casos para mais e para menos e 790 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 123 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 337 726 casos e 5 528 mortes. Semana passada se projetou 368 963 casos e o valor real foi 318 997, para as mortes projetou-se 5 599 e o valor real foi 5 399. 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
25/12/2020	54639	852	52102	811
26/12/2020	51493	814	50248	774
27/12/2020	29920	470	29341	437
28/12/2020	29118	579	29418	545
29/12/2020	53467	1025	54051	981
30/12/2020	58673	1023	59321	965
31/12/2020	63059	1082	63245	1015

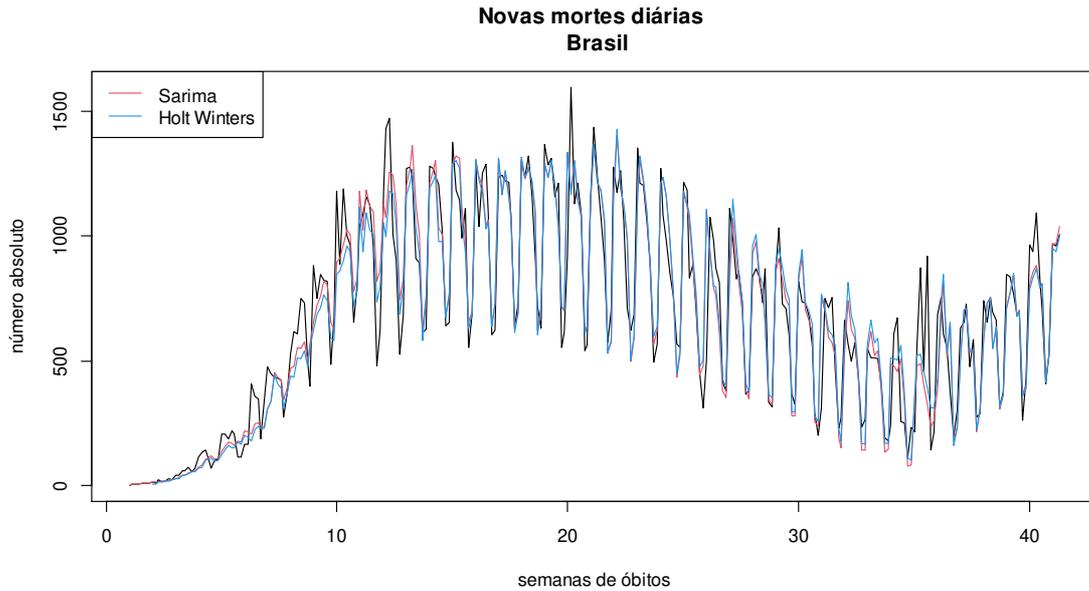


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

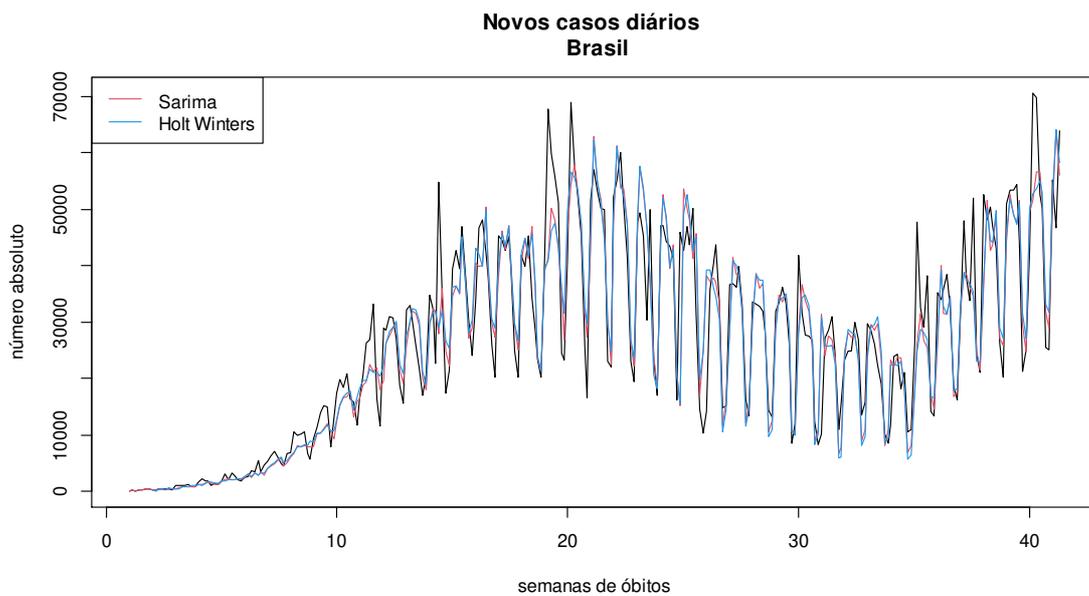


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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 139 dias.

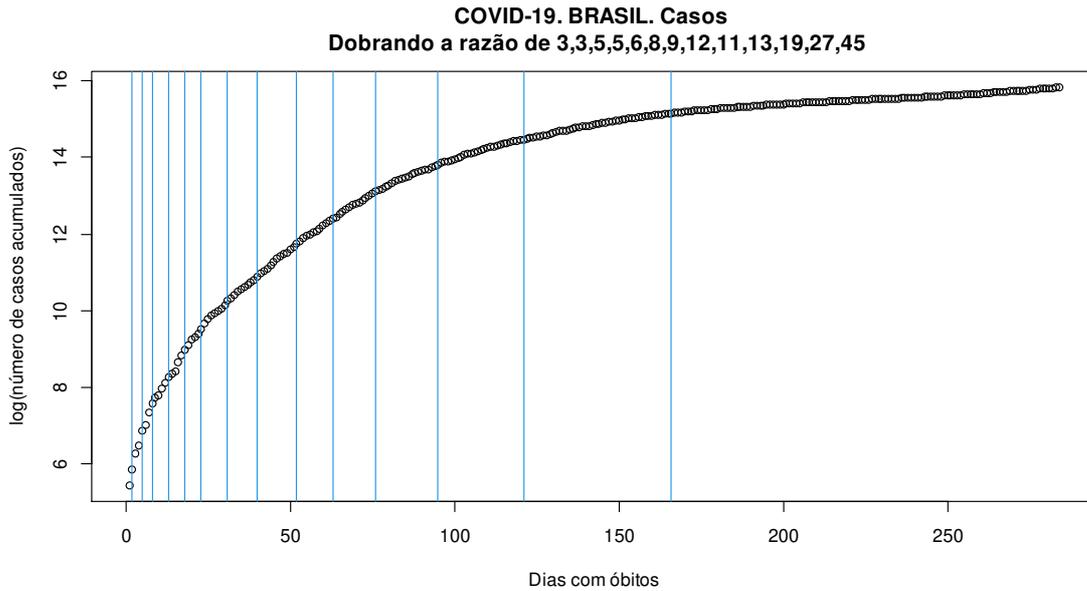


Gráfico 09 (a). Espaçamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

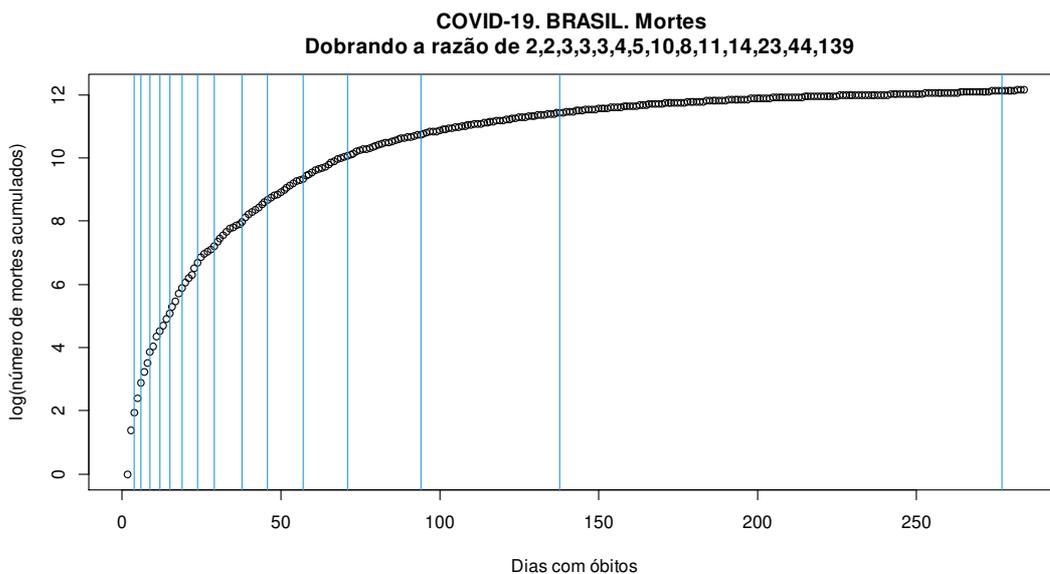


Gráfico 09 (b). Espaçamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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 23 de dezembro por cada 1 000 habitantes foram 121 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, saindo da posição 100 da semana passada para a 104 nesta semana. As letalidades propostas são: 1%, 1,5%, 2% 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 19 022 600 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

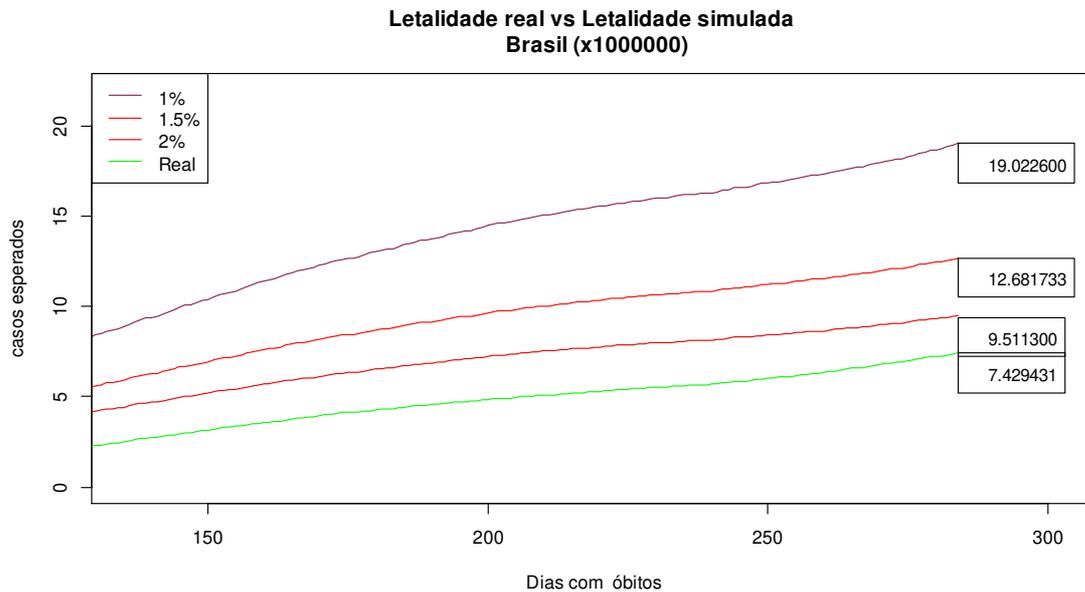


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 33.01 da semana passada para 30.22 nesta semana apresentando leve aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 3512 casos por cada 100 000 habitantes.

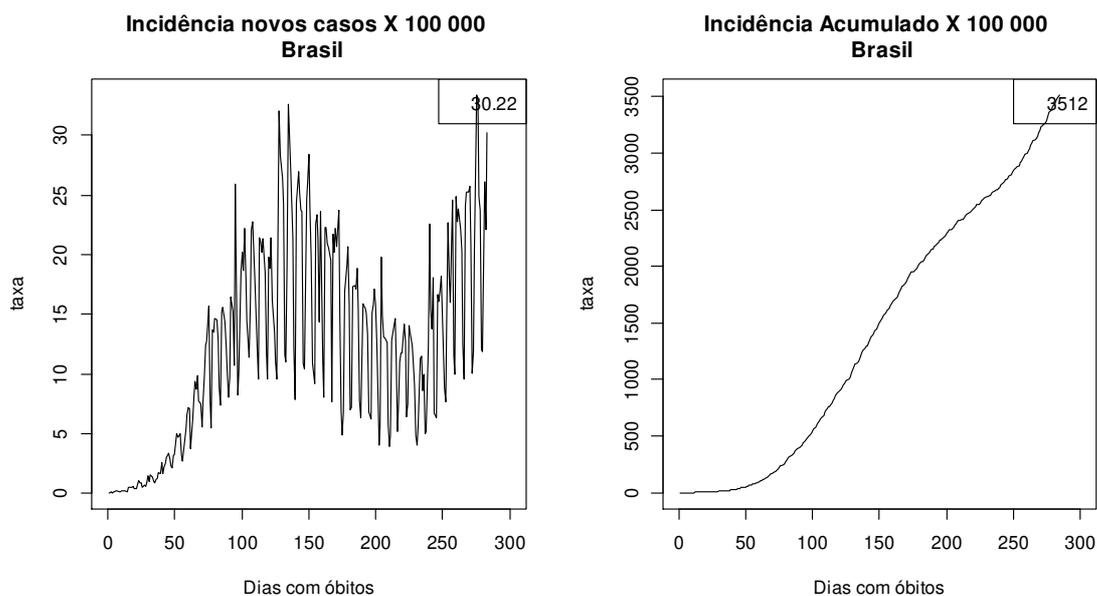


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 24 de dezembro, 106 318 casos confirmados e 2 434 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 4 612 casos e 47 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 104 casos a menos e 11 mortes a mais, que representam 2.2% de casos a menos e 31% de mortes 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	18/12/2020	104	101810	7	2394
SE	19/12/2020	1232	103042	7	2401
SE	20/12/2020	913	103955	6	2407
SE	21/12/2020	471	104426	6	2413
SE	22/12/2020	592	105018	7	2420
SE	23/12/2020	655	105673	7	2427
SE	24/12/2020*	645	106318	7	2434

* Os casos e mortes no estado para o dia 24/12 são a projeção da semana passada.

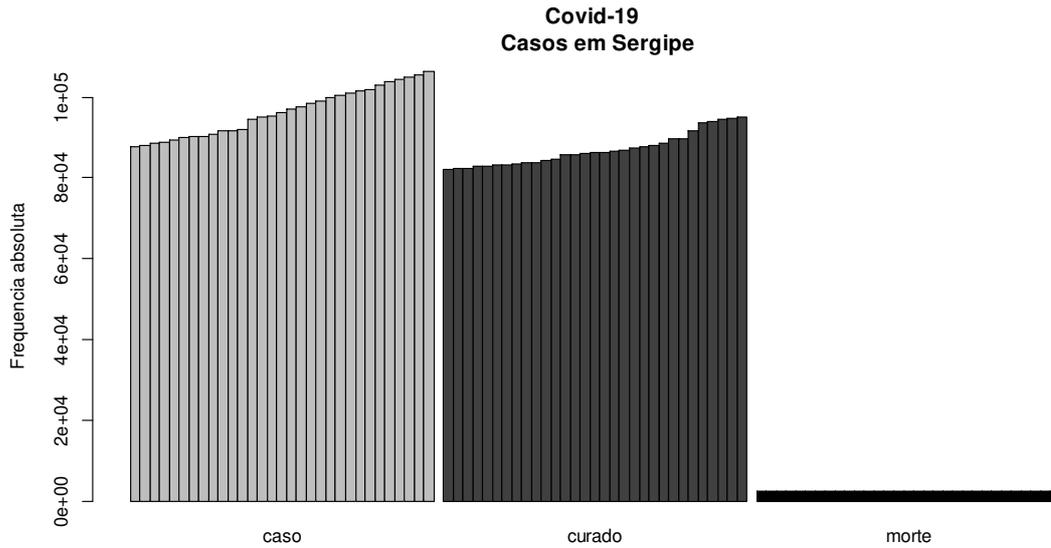


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

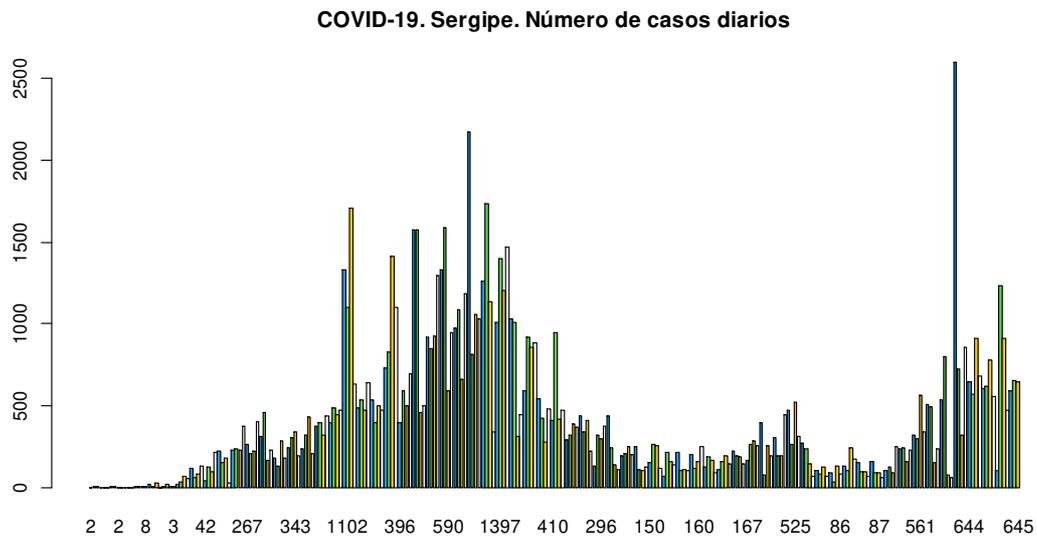


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

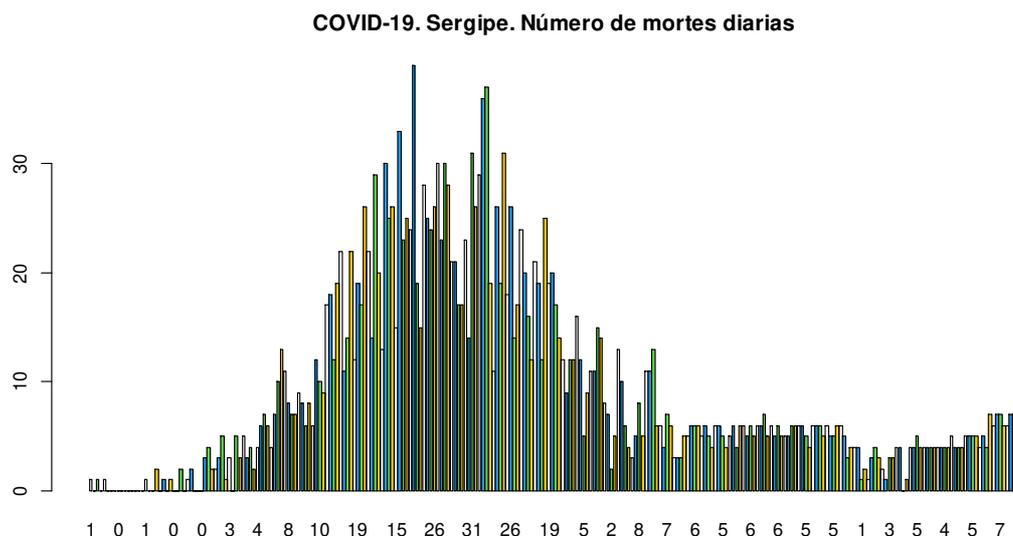


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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 0.28 % e as mortes com 0.01 %, foram usados apenas os 30 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
25/12/2020	106531	105846.5 - 107216.2	2442	2441 -2443
26/12/2020	106938	106075.4 - 107801.0	2450	2449 - 2451

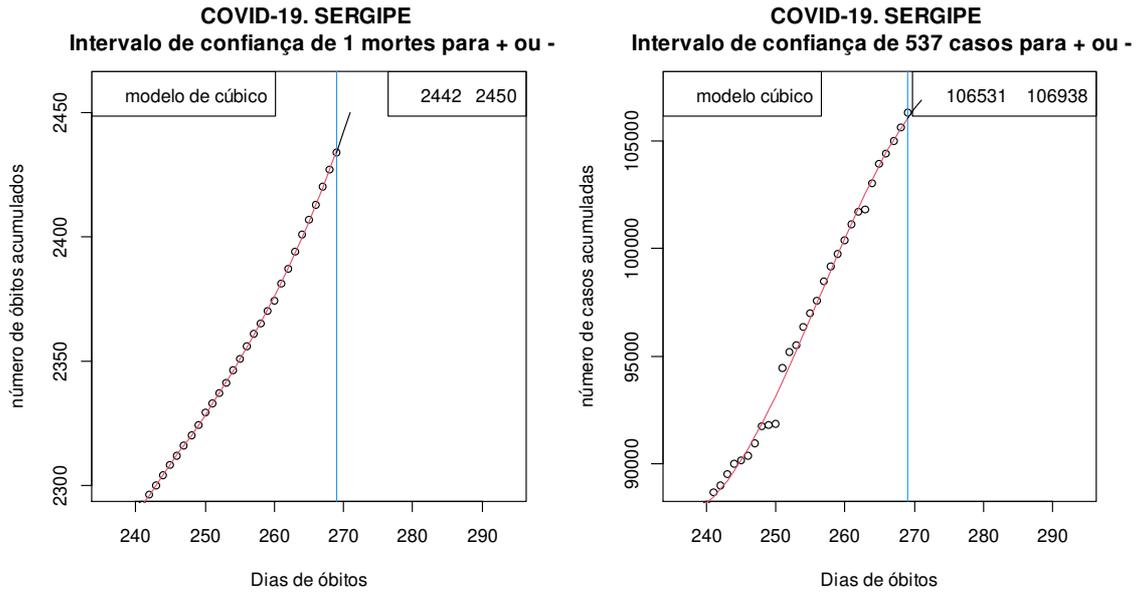


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um aumento absoluto de casos e uma estabilização de mortes, um teste de comparações múltiplas (Tukey) entre médias semanais permite afirmar que estatisticamente há igualdade para as mortes nos últimos quatro meses ($p > 0.05$) e para os casos esta semana 39 já se compara com a semana 18, o pico da pandemia. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

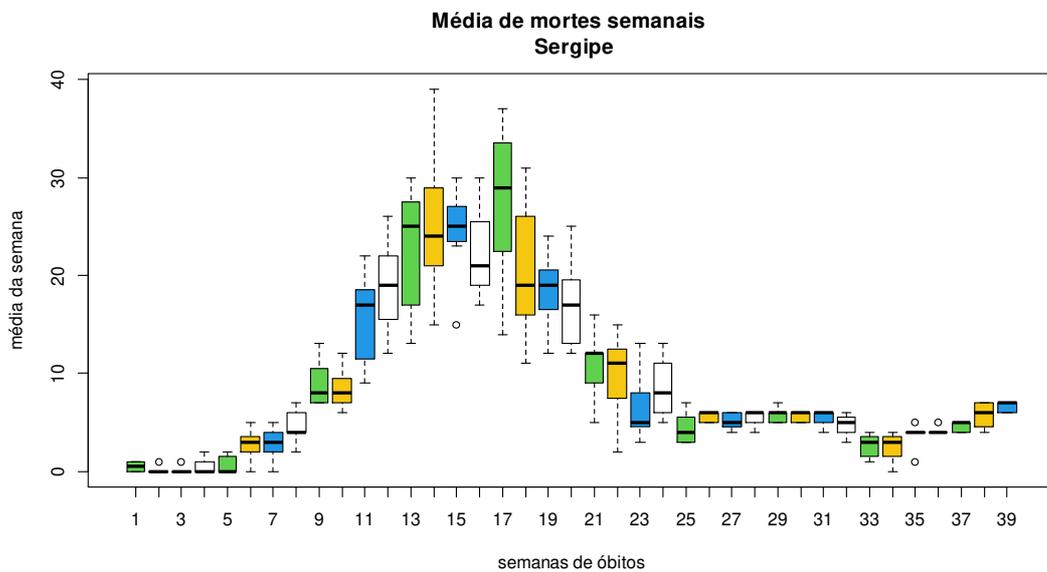


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

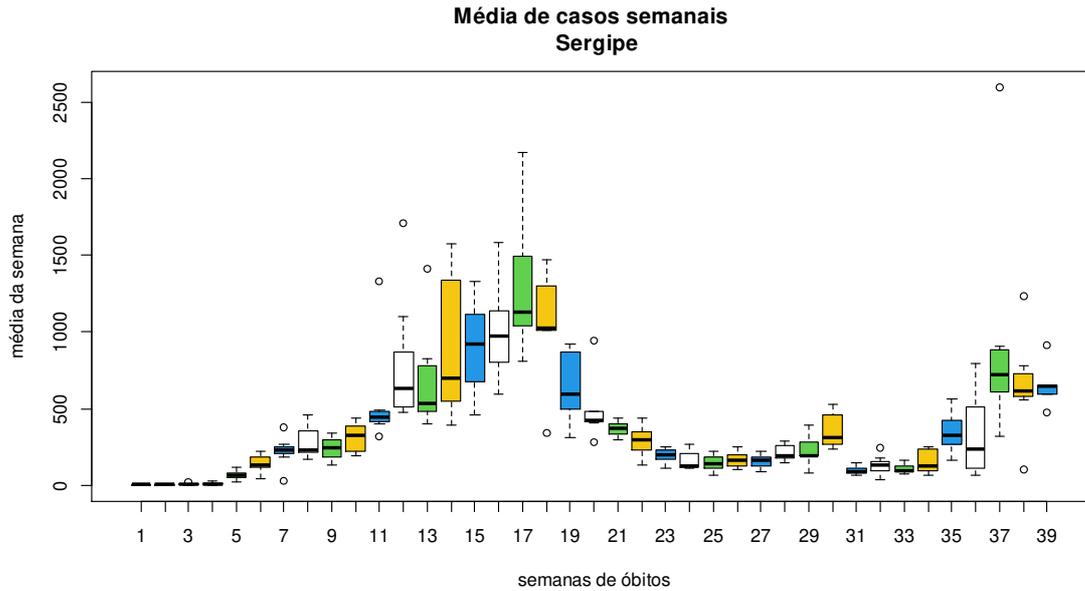


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 660 casos e 7 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 4 621 casos e 50 mortes. Semana passada projetamos 5 381 casos e 41 mortes, sendo os valores reais de 4 612 casos e 47 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
25/12/2020	596	7	593	7
26/12/2020	727	7	790	7
27/12/2020	694	6	911	6
28/12/2020	637	6	620	7
29/12/2020	651	7	635	7
30/12/2020	657	7	748	8
31/12/2020	659	7	778	8

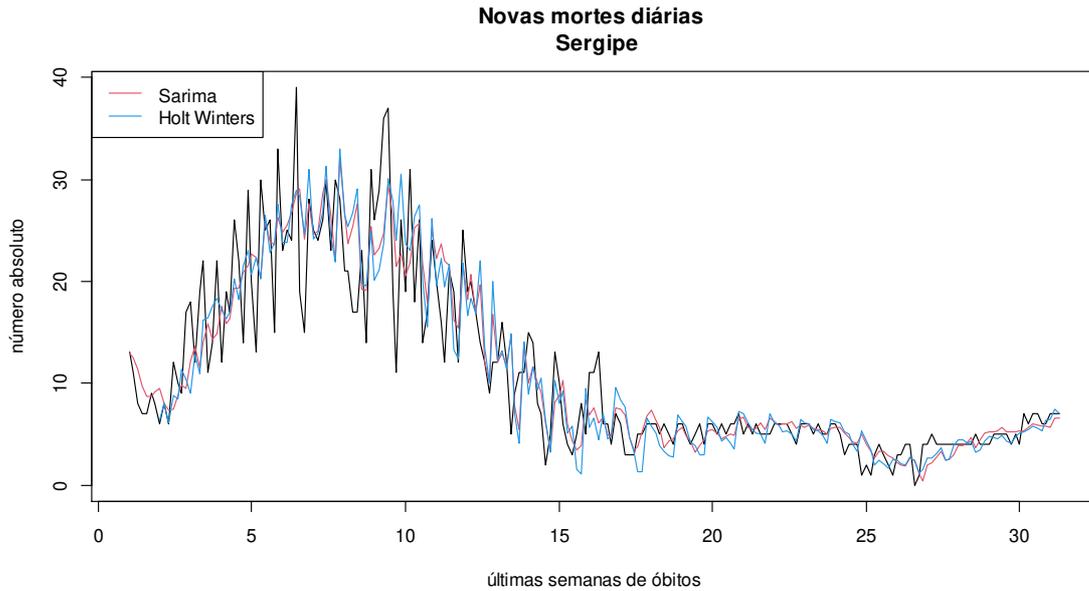


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

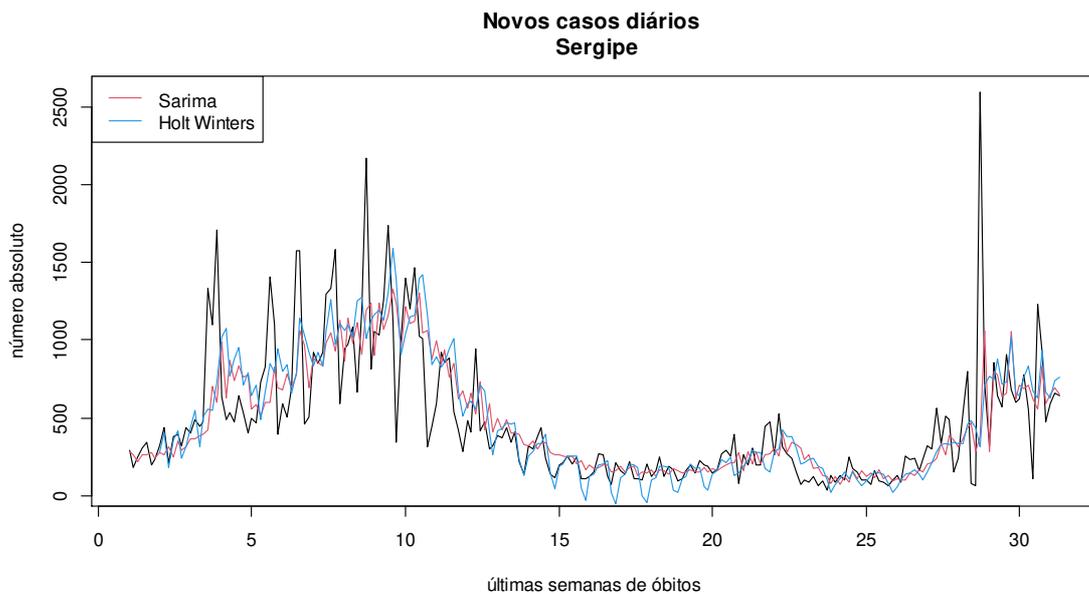


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.29% sendo de 2.35% semana passada, indicador que embora esteja acilando abaixo da média nacional a qual é 2.6%, ela esta se aproximando da média nacional pois há mais de 5 meses meses vêm crescendo lentamente, ver Gráfico 18.

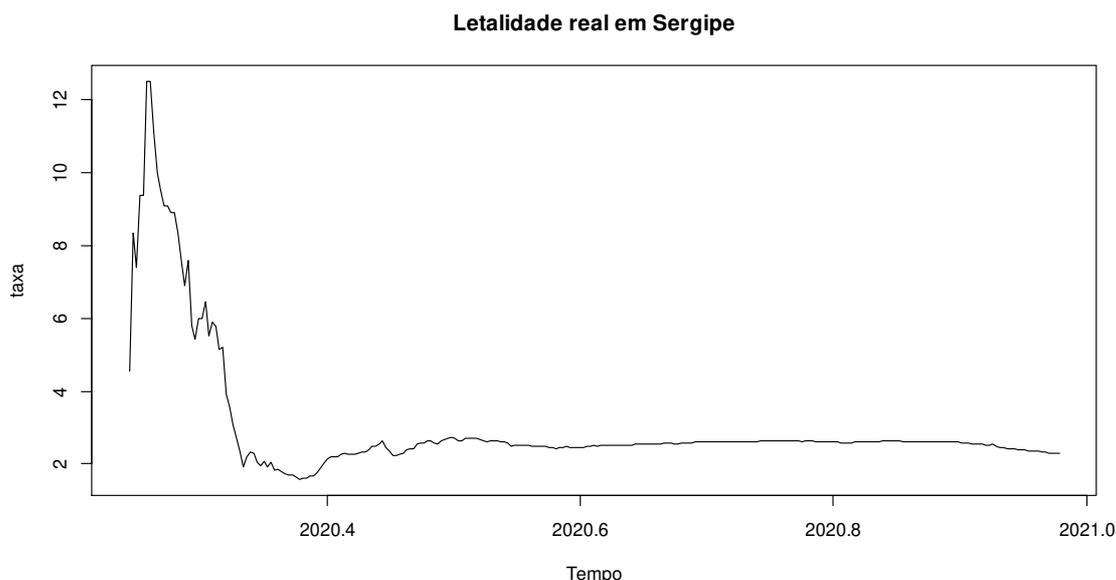


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 100 semana passada e esta semana está na posição 104 de um total de 218 países afetados pela pandemia.
3. O Brasil é o terceiro país com maior número de contagiados e mortes, ele representa em torno de 10% para casos e mortes no mundo, que nestas semanas apresentou aumentos estatisticamente significativos.
4. Uma nova onda de crescimento tanto para casos e mortes no Brasil está presente, indicando crescimento para as próximas semanas e consequentemente sufoca os centros de controle de esta pandemia no país.
5. A letalidade de 2.6 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
6. Esta semana 41 de óbitos, os casos e mortes já se compara com as estatísticas da semana 19, o pico da pandemia. 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.
7. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 337 726 casos e 5 528 mortes.
8. No âmbito regional esta semana 39, Sergipe têm uma estabilização há mais de quatro meses para as mortes, já para os casos houve um aumento significativo, onde semana passada tinha uma média diária de 700 casos e 7 mortes, esta semana serão em média 660 casos e 7 mortes por dia. Estatisticamente as

mortes já se compara com as estatísticas da semana 1, e os casos com a semana 18, o pico da pandemia.

9. A Letalidade no estado de Sergipe se manteve em 2.29%, 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.

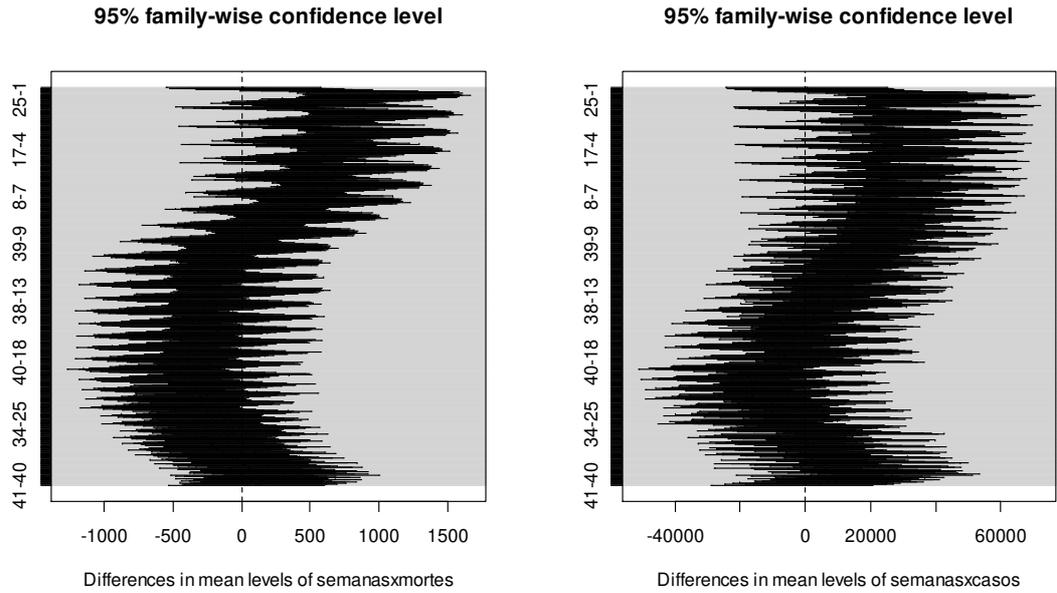


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

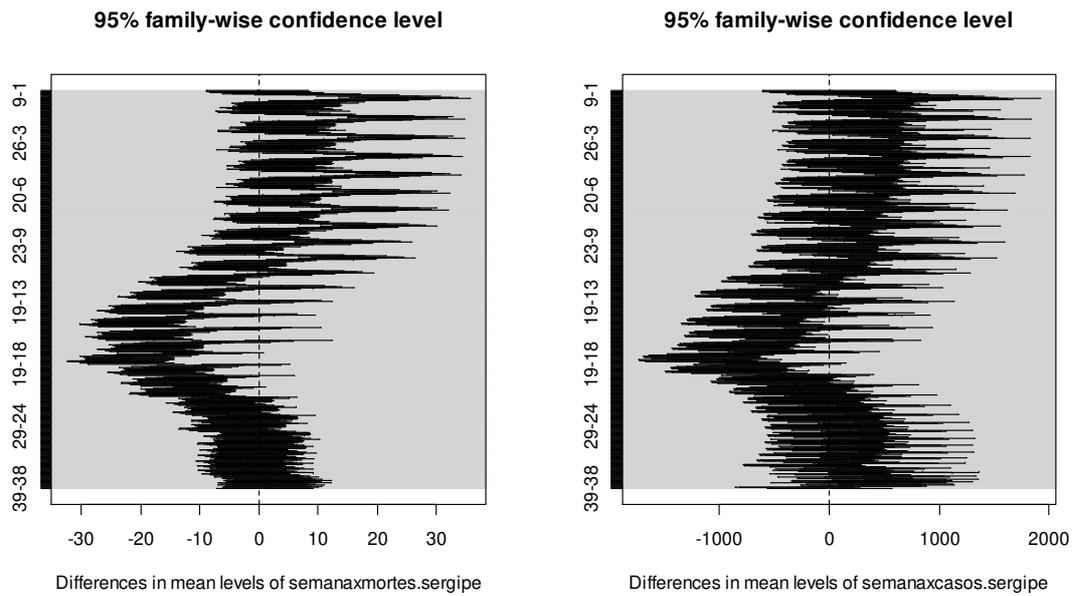


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.