



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

Nota técnica n^o 39 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.....	13
Incidência.....	14
Resultados Sergipe.....	14
Modelagem.....	16
Letalidade.....	20
Conclusões	21
Bibliografia	21
Anexos.....	22

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, 28 de janeiro de 2021

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 27.52, onde semana passada era de 27.95 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 134 por cada 1000 habitantes, considerado baixo se comparado com os Estados Unidos com 921 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, contudo a

vacinação em USA conteve os aumentos nesta semana e atualmente o Brasil inicia uma retomada de crescimento proporcional ao avanço global, e ganha novamente protagonismo mundial, dado que as vacinações estão na fase inicial, e apenas para pessoas que estão na linha de frente no combate ao vírus. Por tanto o aumento na curva de crescimento já ultrapassa os 10%, para os casos, e mortes se aproxima deste percentual, onde o mundo esta em aumento e o Brasil acompanhando estes aumentos o que poder observado nos gráficos 01 e 02.

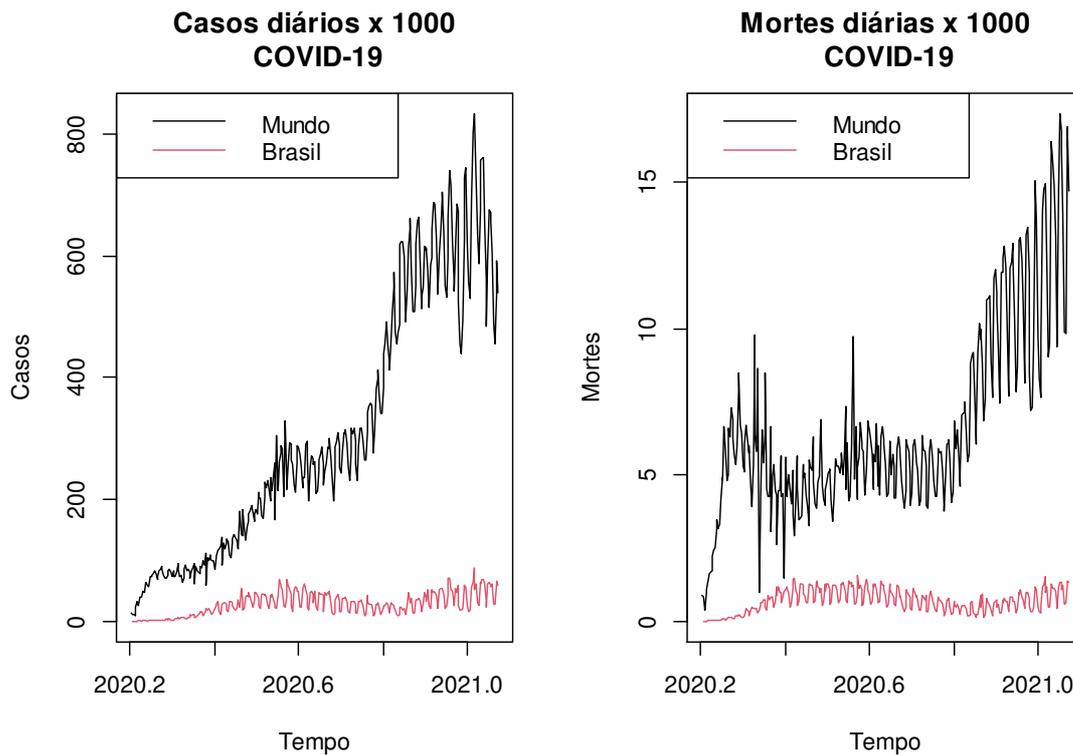


Gráfico 01. Avanço de casos e Mortes em Brasil comparado no cenário mundial.

Percentuais do Brasil no Mundo por COVID-19

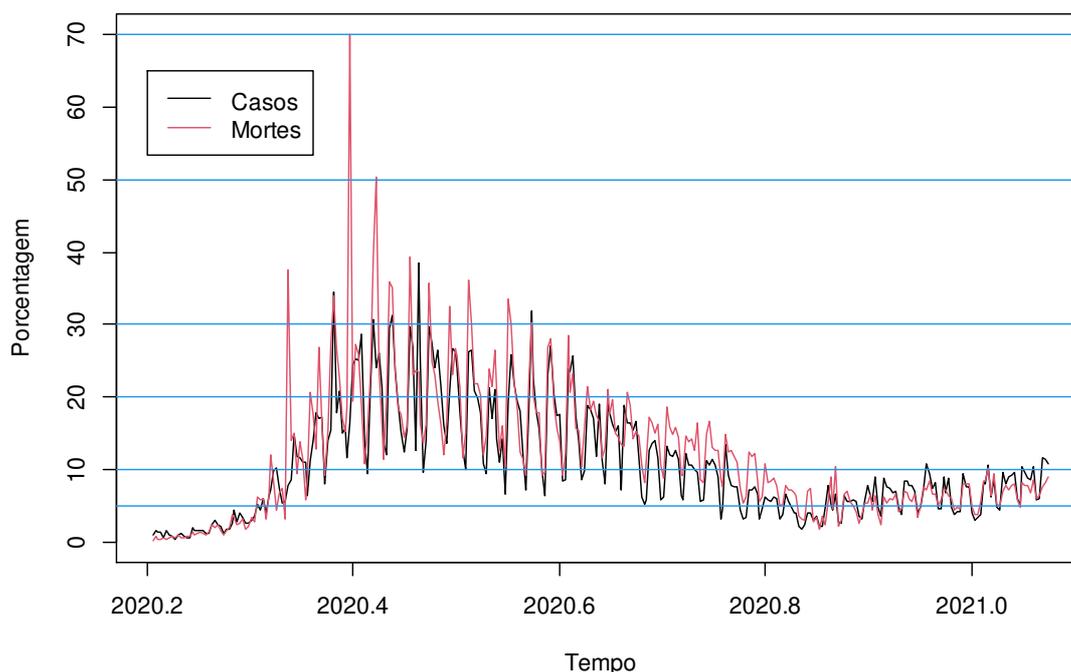


Gráfico 02. Avanço percentual do país por COVID-19 no Mundo.

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: 3,3,5,5,6,8,9,12,11,13,19,27,45,124. 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 27 de janeiro o Brasil teve 67 129 casos e 1 365 óbitos de um total de 590 960 casos e 16 970 mortes no mundo, representando 11.35% dos casos e 8% das mortes, se comparados com a quarta passada estes percentuais tiveram aumentos de 4.3% nos casos e de 4.2% nas mortes. Uma visualização de casos e mortes acumuladas como mostra o Gráfico 03 aponta uma retomada no crescimento potencial para ambos e que até a data do dia 28 de janeiro foram de 9 058 689 casos confirmados e 221 547 mortes, aumentando em uma semana mais de 361 301 casos e mais de 7 400 mortes, comparando o saldo entre semanas há uma diminuição de 11 793 casos e 348 mortes a mais, que em termos percentuais representa uma diminuição de 3.16% nos casos e aumento de 4.9% nas mortes.

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

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
22/01/2021	8753920	215243	7594771	943906
23/01/2021	8816254	216445	7628438	971371
24/01/2021	8844577	217037	7653770	973770
25/01/2021	8871393	217664	7709602	944127
26/01/2021	8933356	218872	7798655	915823
27/01/2021	9000485	220237	7798655	981593
28/01/2021	9058687	221547	7877337	959803

Fonte: Ministério da saúde do Brasil

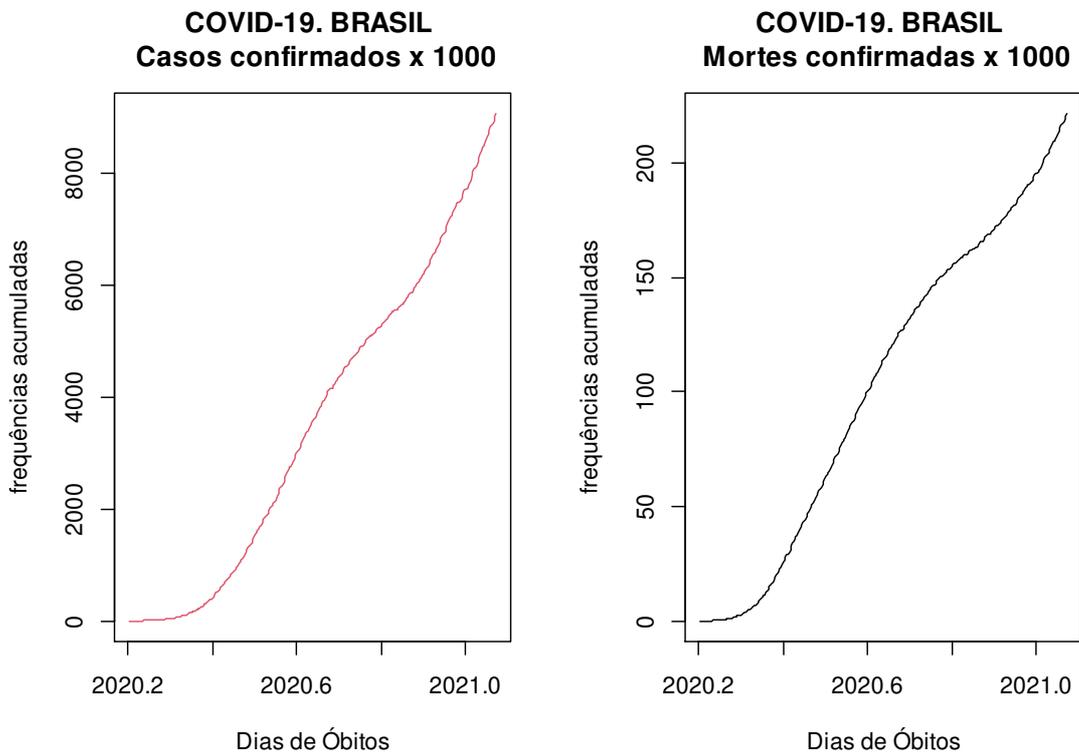


Gráfico 03 (a): Evolução dos casos e mortes no Brasil.

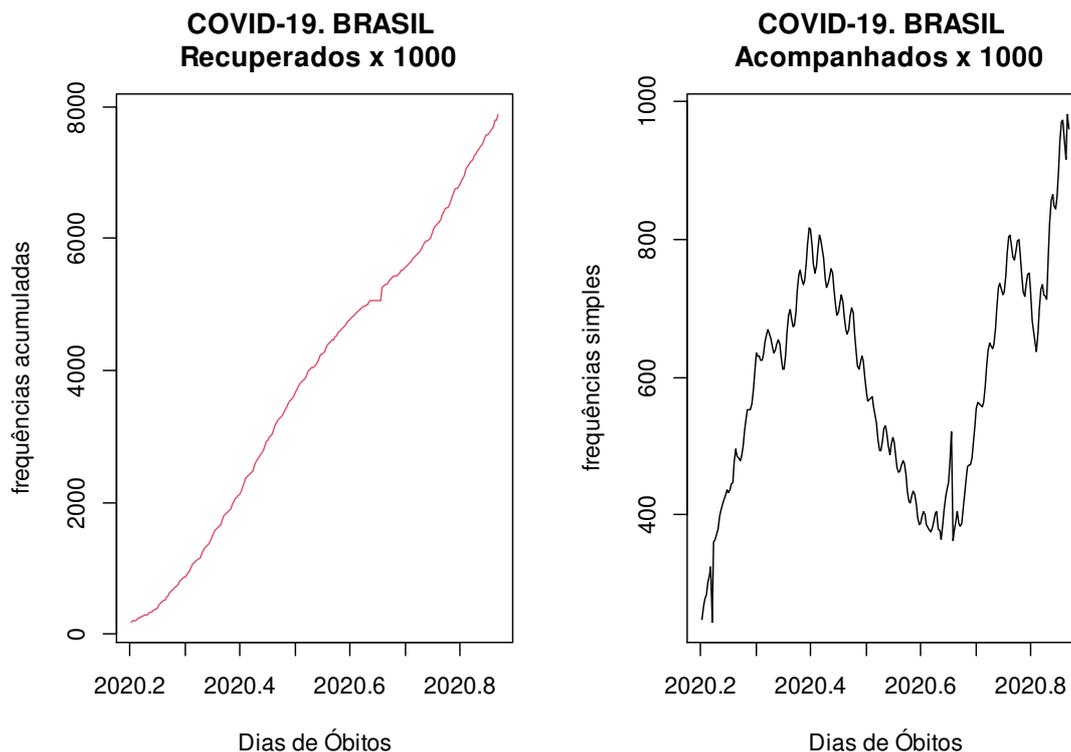


Gráfico 03 (b): Evolução dos recuperados e acompanhados no Brasil.

No gráfico 03(b), podemos observar o crescimento potencial dos recuperados e também um aumento significativo dos acompanhados, que já se encontra ultrapassando os acompanhados 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 1 731 294 casos e 52 170 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

Estado	Casos		Mortes	
	Acumulados	Acumulados	Acumulados	Acumulados
SP	1731294	52170		
MG	707649	14544		
BA	574062	9952		
SC	567112	6228		
RS	536746	10512		
PR	535961	9652		
RJ	509113	29230		

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 28 janeiro de 2021, iniciando desde o primeiro dia alcançou 1310 óbitos e 58 202 casos neste dia, sendo o maior número de casos num único dia no país, e o segundo maior número de mortes. Mostrando que uma nova onda de crescimentos tanto para casos e mortes se instalou no Brasil, como mostrado no Gráfico 04 e 05.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

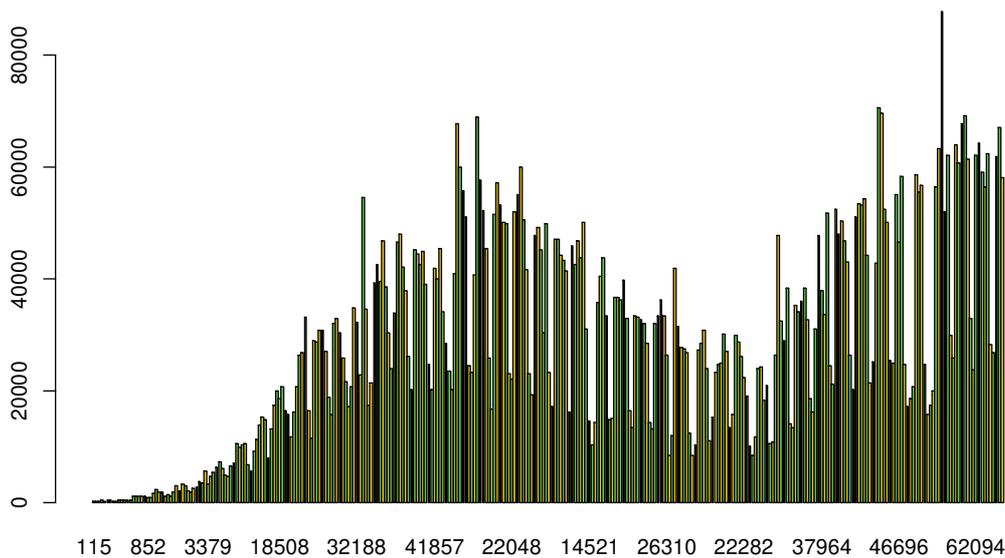


Gráfico 04: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

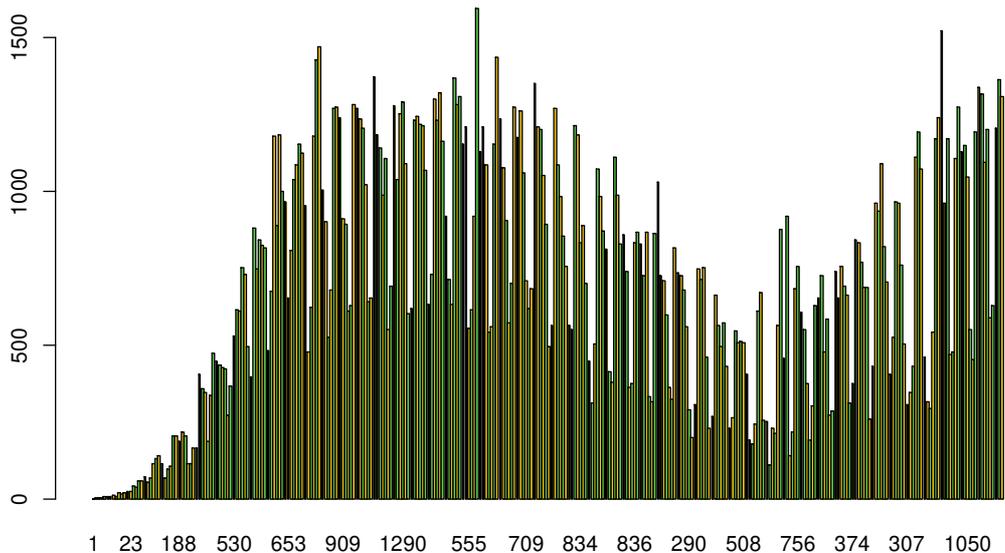


Gráfico 05: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 0.12%, ou seja, as estimativas do modelo se afastam em média 0.1% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0.16%. 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
29/01/2021	9092606	222352	9050788 - 9134425	221538.1 - 223166.6
30/01/2021	9139230	223412	9080085 - 9198375	222260.6 - 224563.9

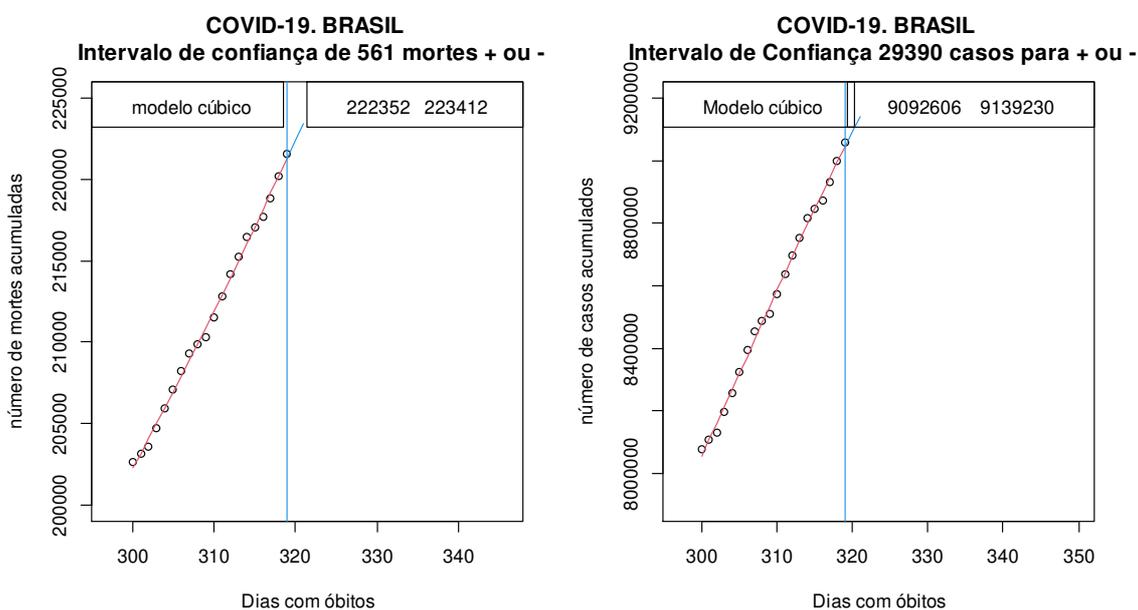


Gráfico 06: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os próximos dois dias.

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 46, a média de casos e mortes é estatisticamente iguais a da semana 19 a qual foi o pico da pandemia ($p > 0,05$). Isto indica um aumento significativo se comparado com semanas prévias, ou seja o país teve um aumento expressivo e estatisticamente maior para ambas características.

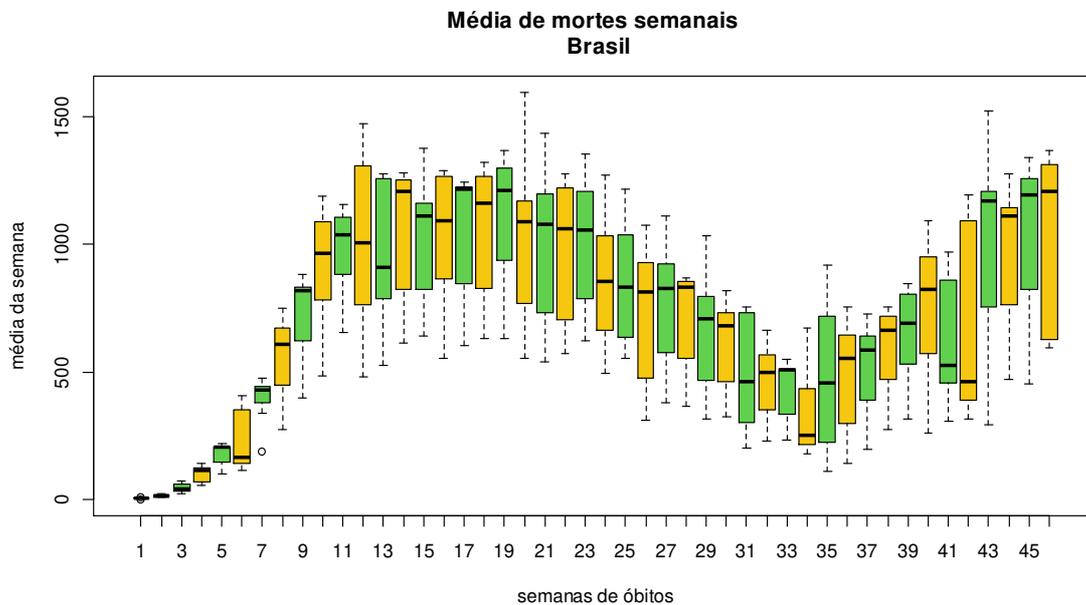


Gráfico 07(a). Médias semanais de mortes confirmadas por COVID-19

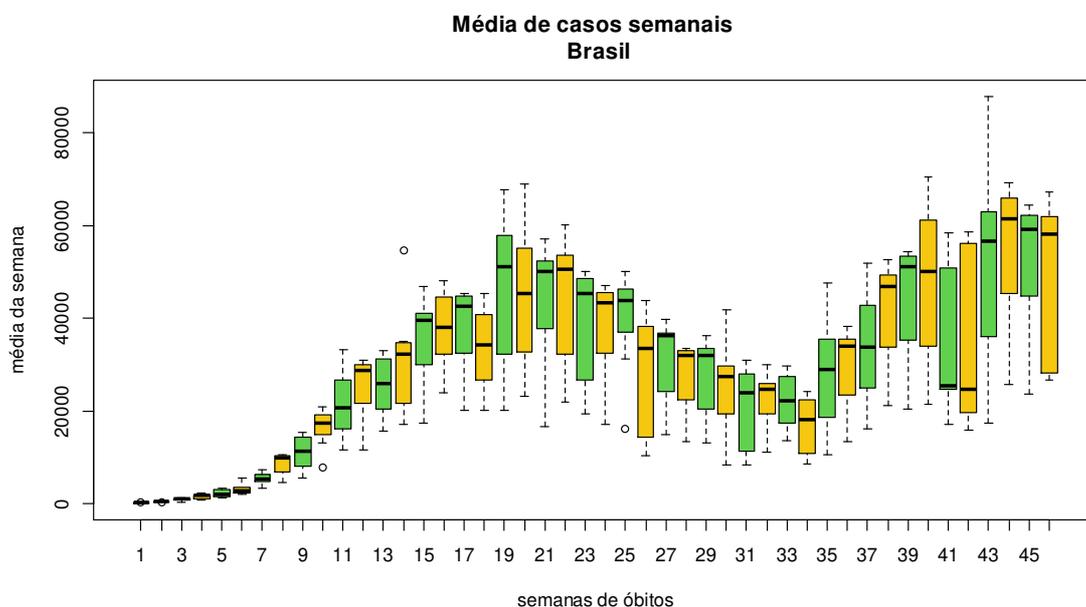


Gráfico 07(b). Médias semanais de casos confirmados por COVID-19

Para melhor visualização da média movel semanal, para ambas características apresentamos o gráfico 07(c).

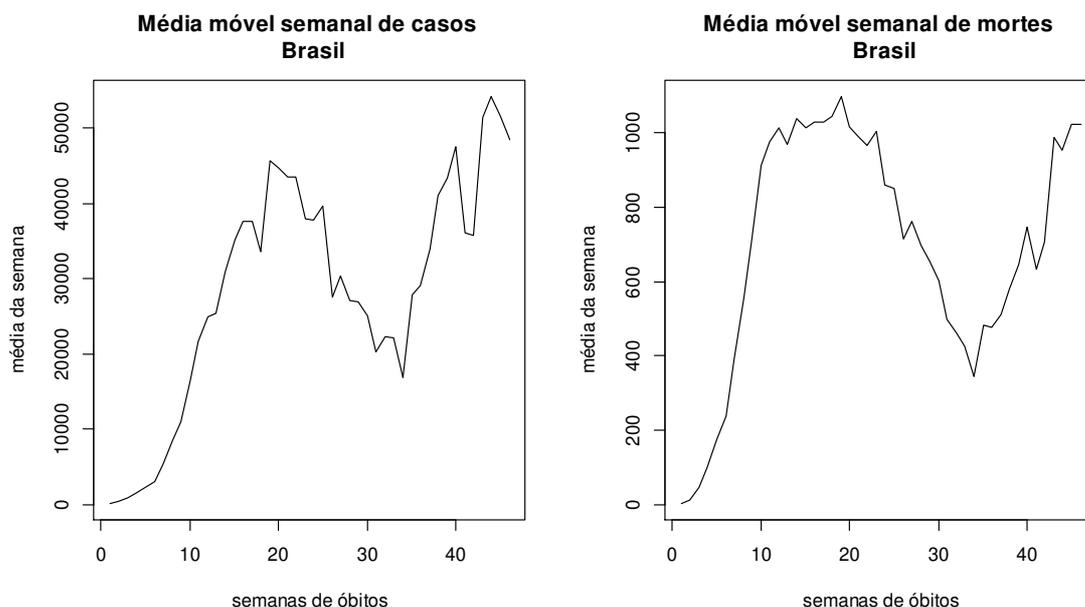


Gráfico 07(c). Médias móvel semanal por COVID-19 no Brasil.

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 51 100 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 7 400 casos para mais e para menos e 1 050 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 142 mortes para mais ou para menos. No total esta semana que vem podemos atingir aproximadamente 357 654 casos e 7 316 mortes. Semana passada se projetou 359 130 casos e o valor real foi 361 301, para as mortes projetou-se 7389 e o valor real foi 7 400. As projeções desta semana terão o mesmo comportamento desta semana pois esta segunda onda que se instalou no Brasil ainda há espaço para a proliferação do vírus desde que a vacinação esta ainda na primeira fase. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal diário, ver Tabela 04 e Gráficos 8(a) e 8(b).

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para o Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
29/01/2021	52158	1108	53833	1076
30/01/2021	54767	1134	52531	1069
31/01/2021	30327	661	27246	577
01/02/2021	28484	693	25355	620
02/02/2021	61923	1312	60994	1253
03/02/2021	65477	1438	63696	1380
04/02/2021	64518	1409	63765	1341

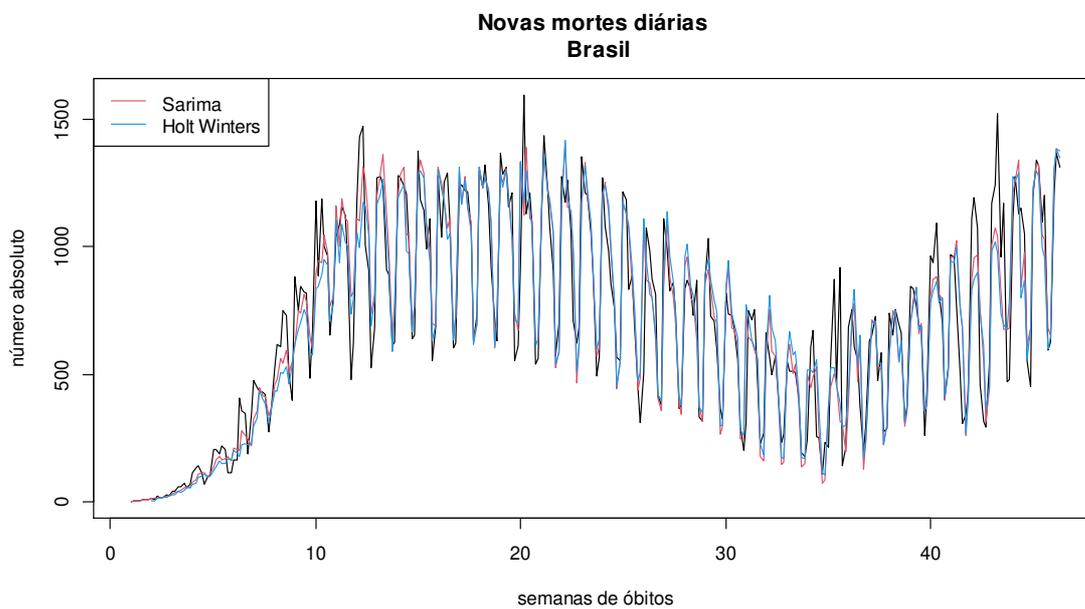


Gráfico 08 (a). Modelagem Holt Winters e Sarima para novas mortes.

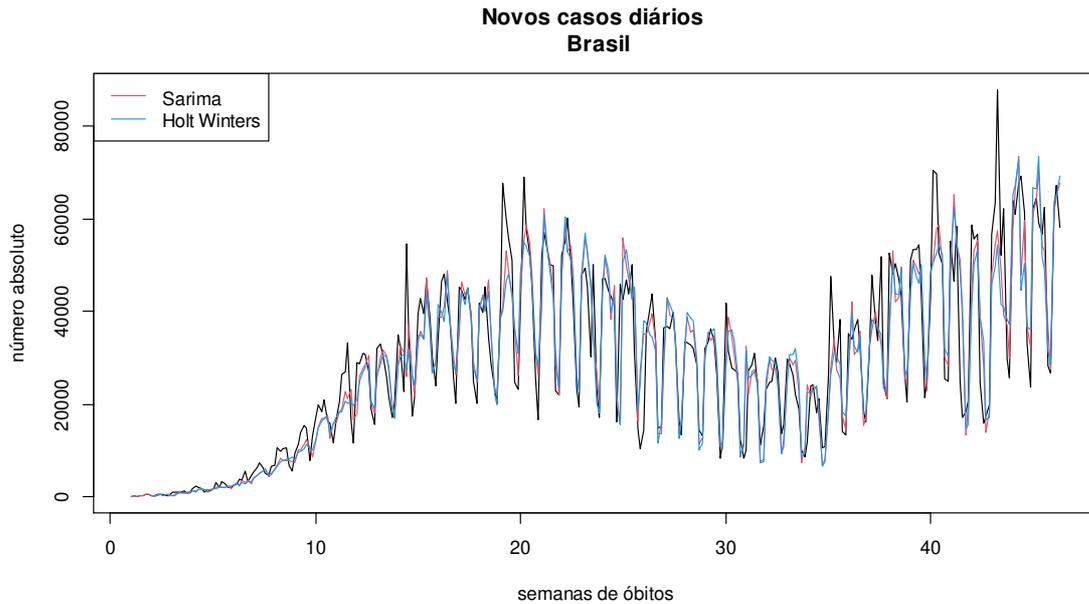


Gráfico 08 (b). Modelagem Holt Winters e Sarima para novos casos.

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 125 dias, e para as mortes, a cada 139 dias.

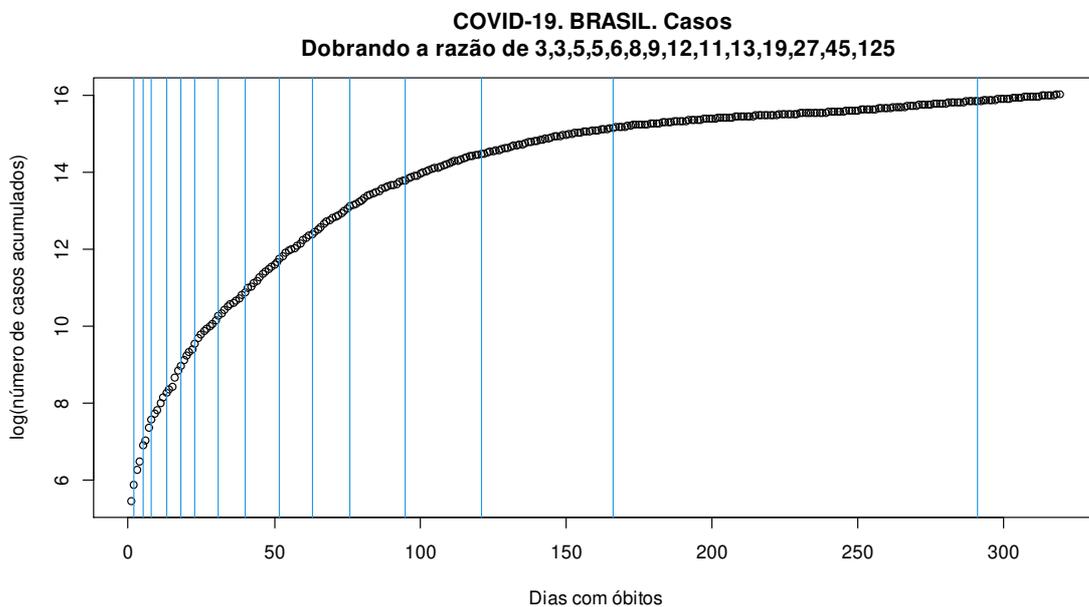


Gráfico 09 (a). Espaçamento entre os dobramentos de casos no Brasil.

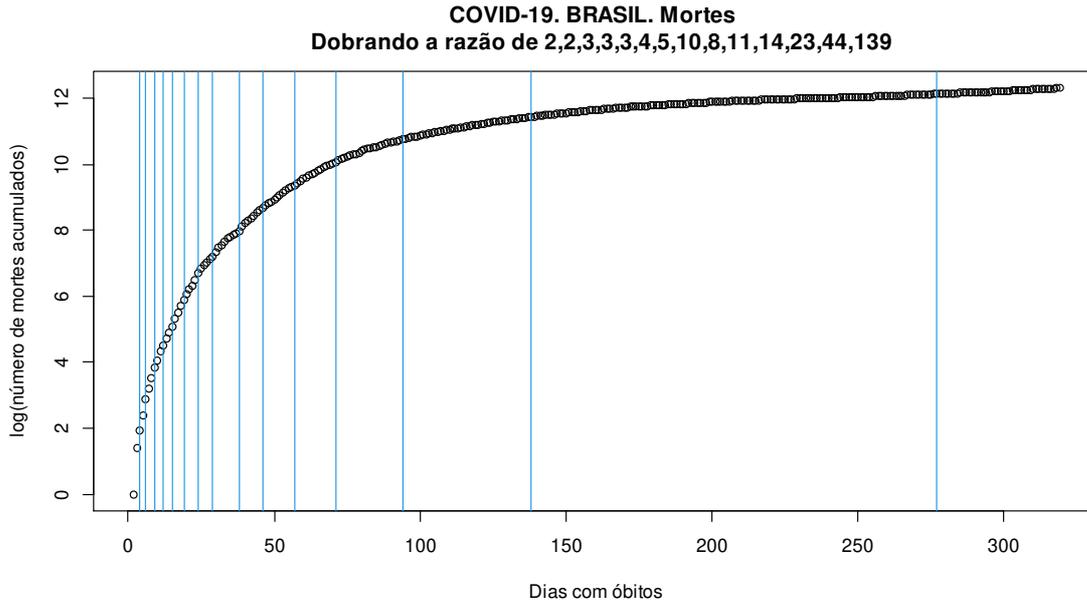


Gráfico 09 (b). Espaçamento entre os dobramentos de mortes no Brasil.

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 28 de janeiro por cada 1 000 habitantes foram 134 testes, este poder de testes é abaixo da média mundial, mantendo-se na posição 112 no ranking de países. 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 22 154 700 casos, como se mostra no Gráfico a seguir.

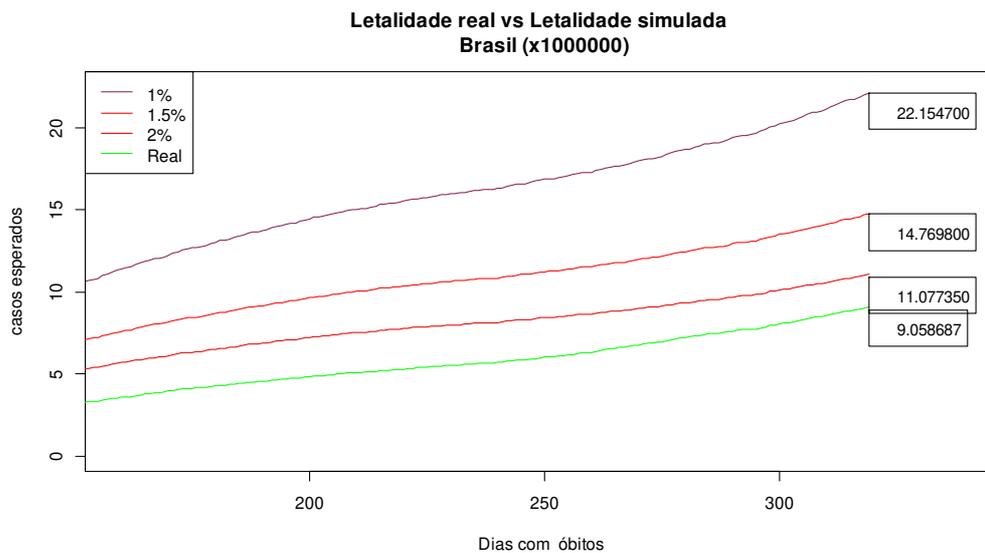


Gráfico 10. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

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 27.95 da semana passada para 27.52 nesta semana apresentando aumento na aceleração do contágio. No acumulado a incidência atingiu 4283 casos por cada 100 000 habitantes.

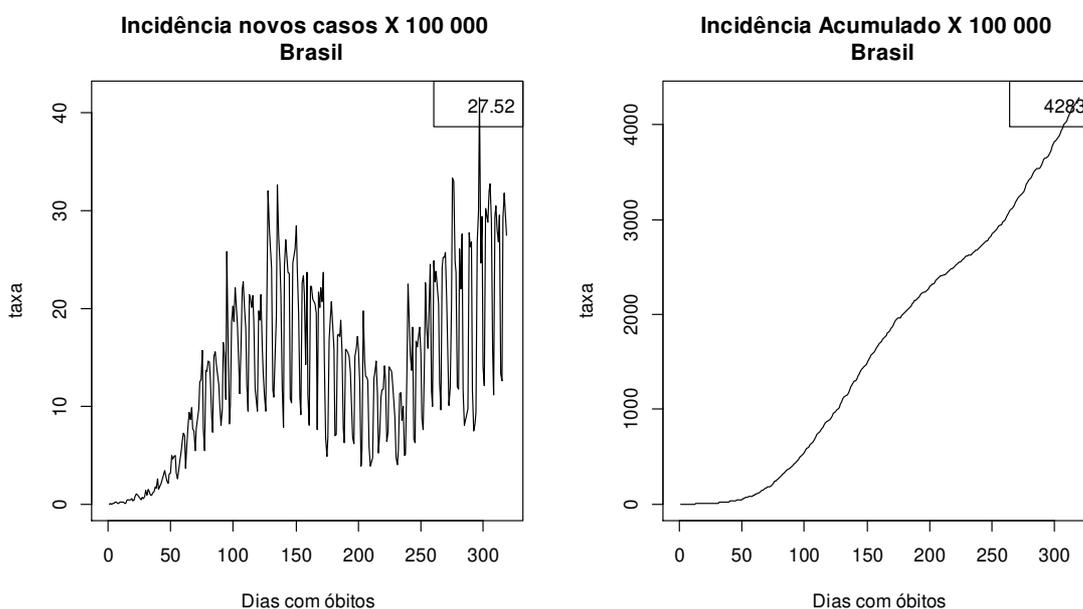


Gráfico 11. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos e casos acumulados.

Resultados Sergipe

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 28 de janeiro, 135 385 casos confirmados e 2 760 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 4362 casos e 63 mortes. Comparando as duas últimas semanas houve 457 casos a menos e 17 mortes a menos, que representam uma queda de 49% de casos e aumento de 10% de mortes, o que indica que o fornecimento de testes ficou ainda mais limitas, dado o aumento de mortes, 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	22/01/2021	812	131835	13	2710
SE	23/01/2021	502	132337	9	2719
SE	24/01/2021	492	132829	8	2727
SE	25/01/2021	826	133655	9	2736
SE	26/01/2021	348	134003	10	2746
SE	27/01/2021	553	134556	9	2755
SE	28/01/2021	829	135385	5	2760

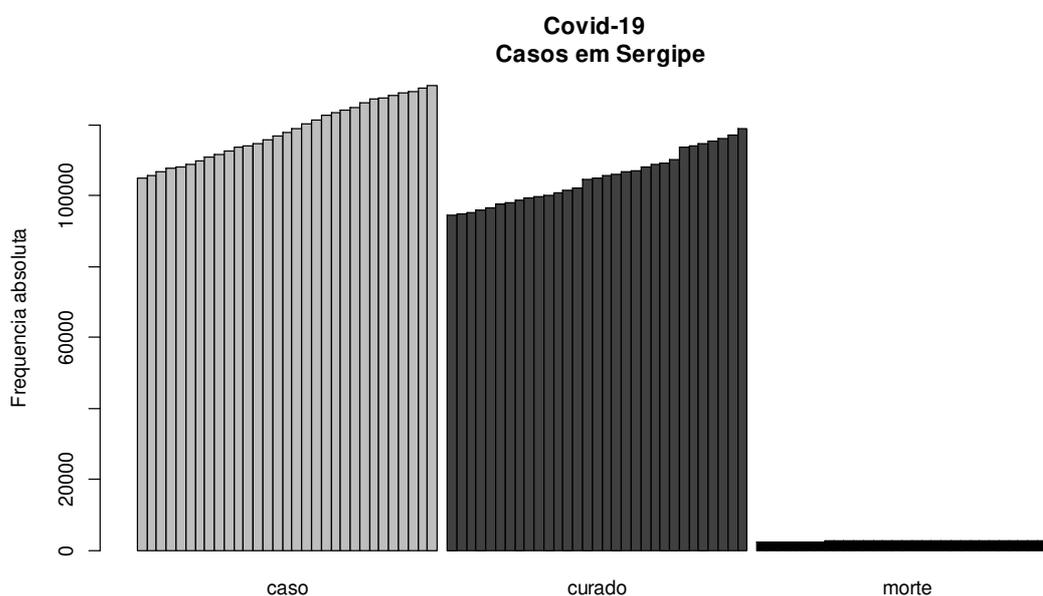


Gráfico 12. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

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

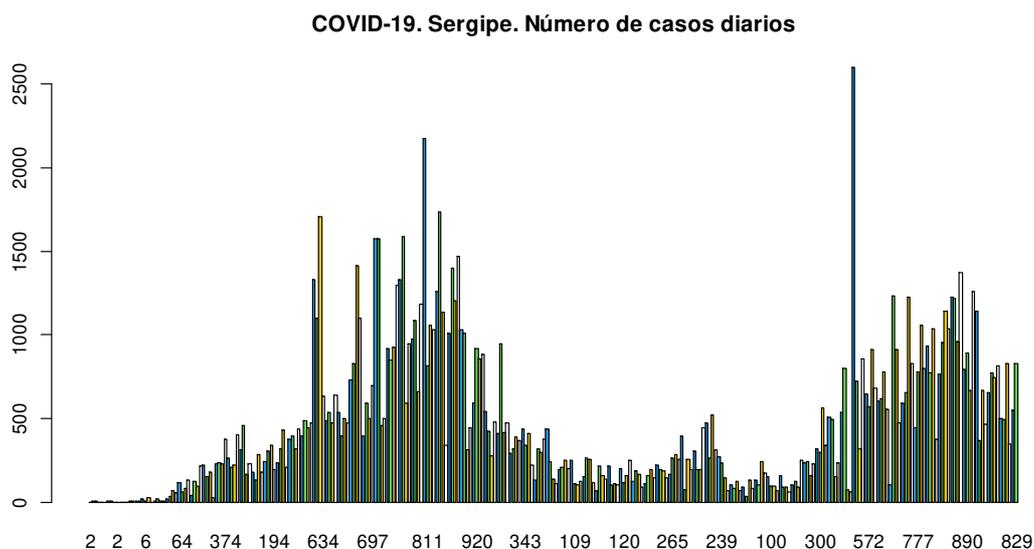


Gráfico 14. Casos diários testados no estado de Sergipe.

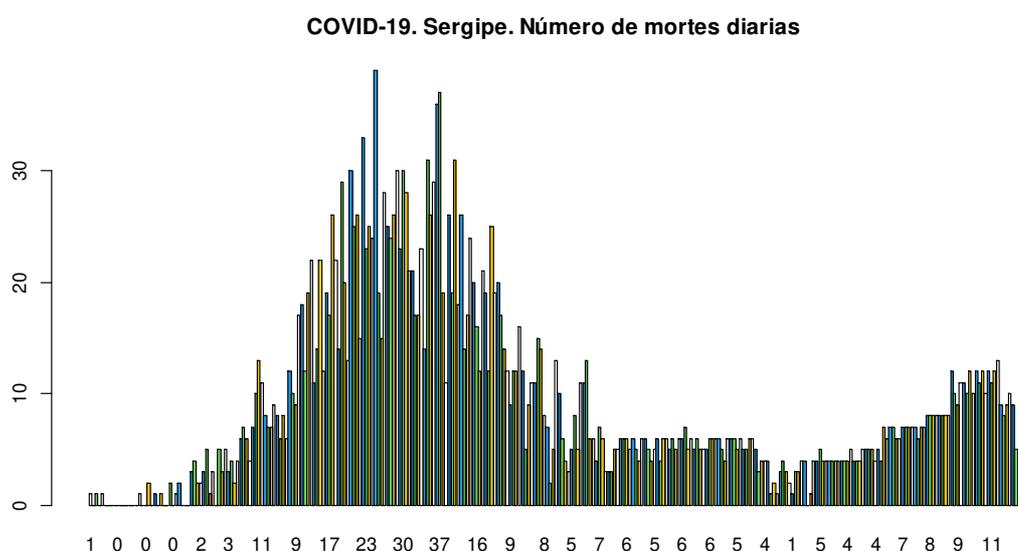


Gráfico 15. Mortes diárias no estado de Sergipe.

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

0.27 % e as mortes com 0.04 %, 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
29/01/2021	35134	134535.9 - 135733.5	2770	2769-2771
30/01/2021	35361	134607.4 - 136116.2	2778	2777-2779

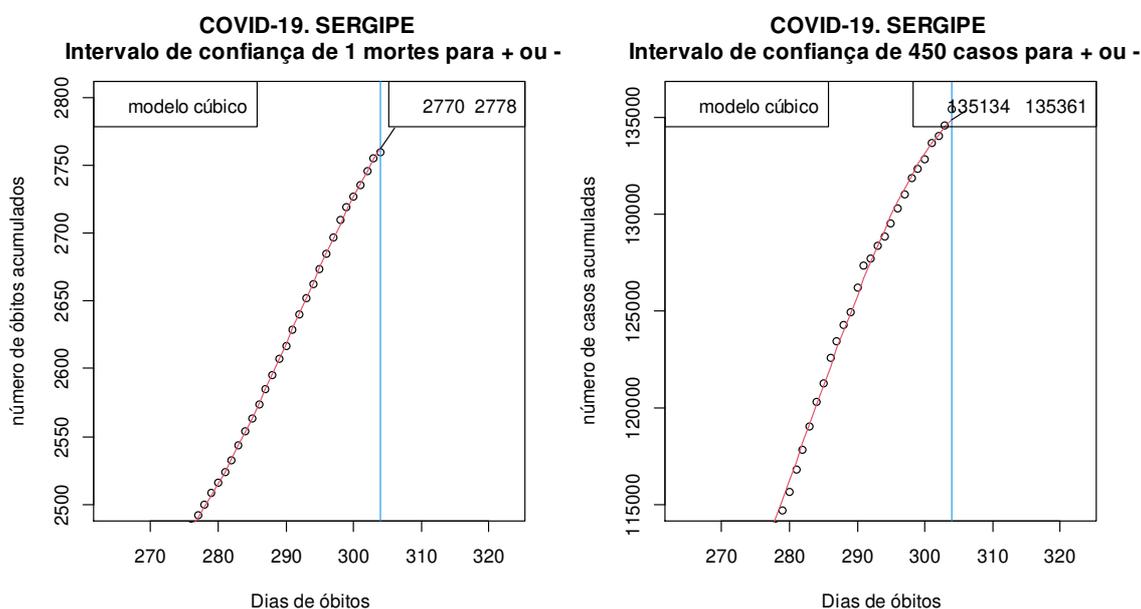


Gráfico 15: Projeção de casos e mortes para os próximos dois dias.

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, contudo uma retomada é visível nestas duas semanas ($p > 0.05$) e para os casos esta semana 44 já se compara com a semana 18, o pico da pandemia. Uma visualização é dado no Gráfico a seguir:

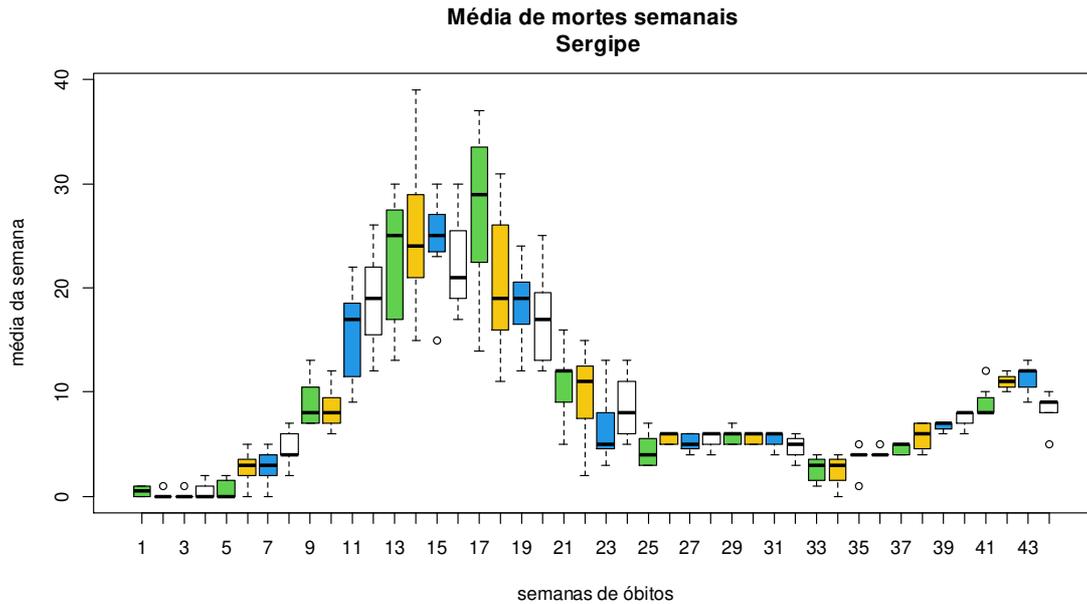


Gráfico 16 (a). Box Plot, para mortes semanais em Sergipe.

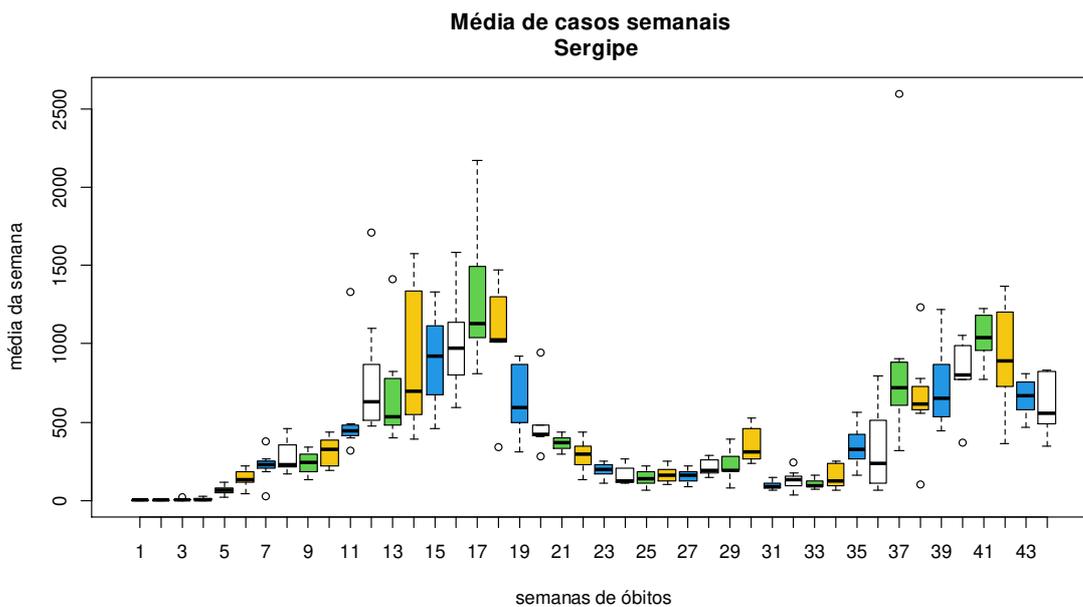


Gráfico 16 (b). Box Plot, para casos semanais em Sergipe.

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 615 casos e 8 mortes por dia, considerando a soma total para esta semana serão 4 300 casos e 58 mortes. Semana passada projetamos 5000 casos e 87 mortes, sendo os valores reais de 4 362 casos e 67

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
29/01/2021	670	9	635	8
30/01/2021	601	8	540	8
31/01/2021	621	10	715	8
01/02/2021	664	9	558	8
02/02/2021	602	9	534	9
03/02/2021	625	9	604	9
04/02/2021	661	10	720	8

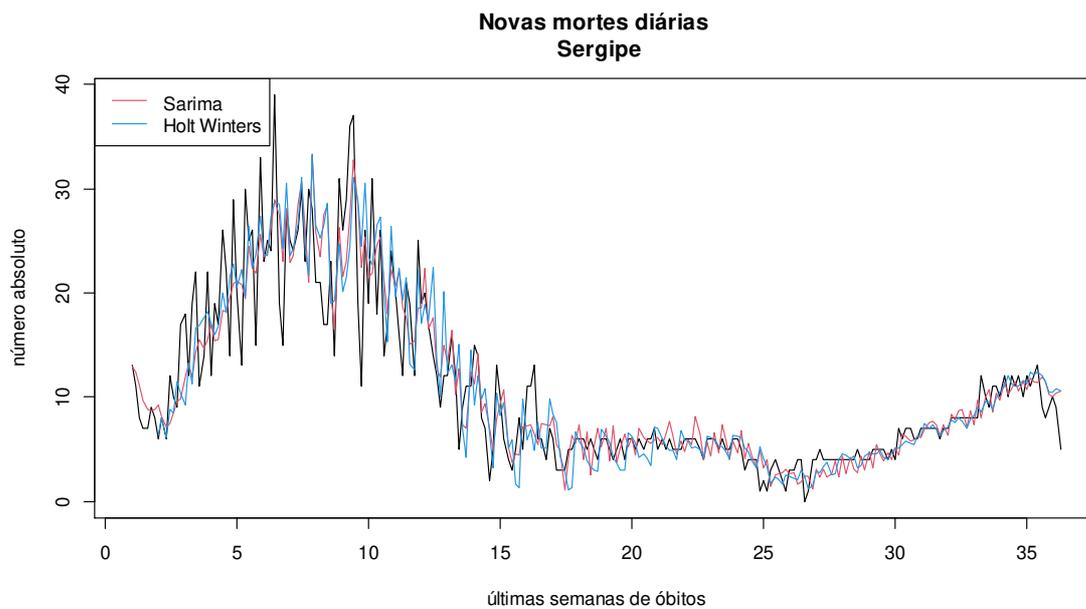


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para mortes em Sergipe.

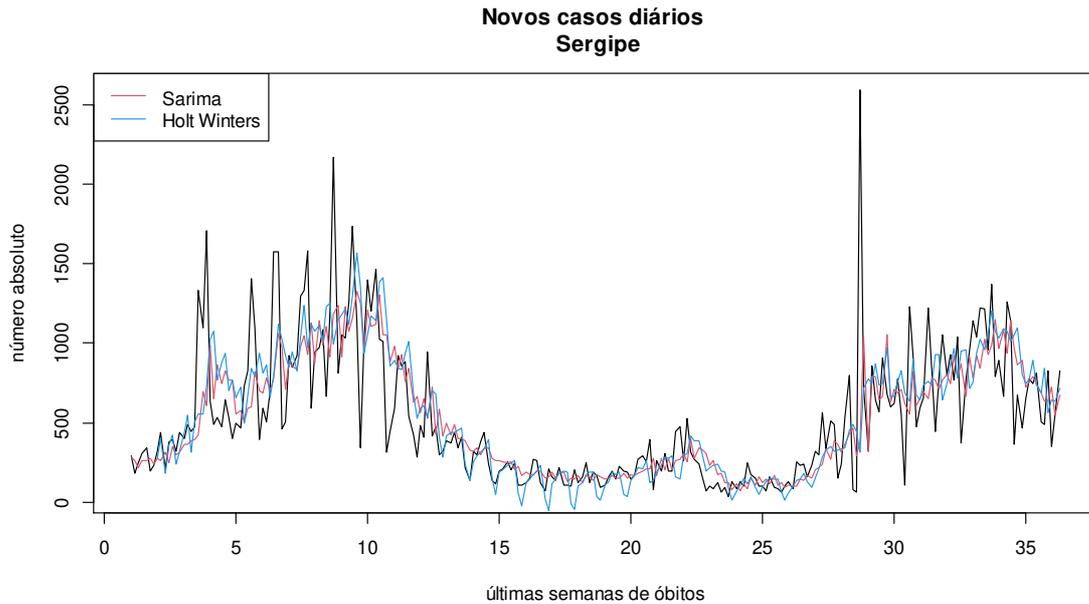


Gráfico 17 (a). Modelos Sarima e Holt Winters para casos em Sergipe.

Letalidade

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2.04% sendo de 2.06% semana passada, indicador que embora esteja asilando abaixo da média nacional a qual é 2.5%, ela esta proxima da média nacional pois há mais de 6 meses meses oscila emtorno desse valor, ver Gráfico 18.

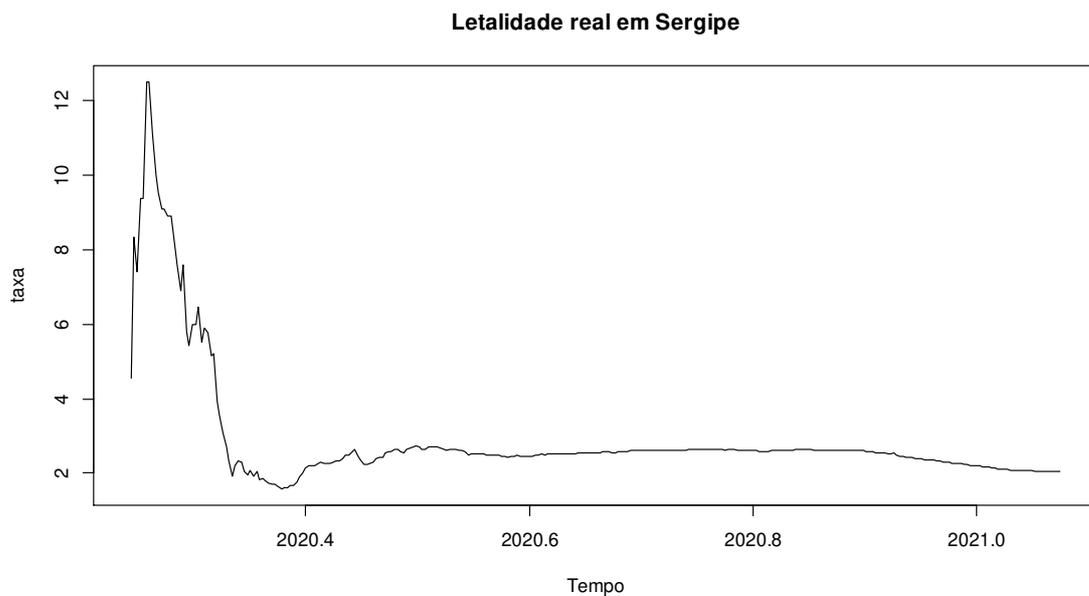


Gráfico 18. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

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 segundo em mortes acumuladas, também na comparação de poder de testes por mil habitantes o Brasil ocupava a posição 108 semana passada e nesta semana esta na posição 112 de um total de 218 países afetados pela pandemia.
3. O Brasil é o terceiro país com maior número de contagiados e segundo em número de mortes, ele representa acima de 10% para casos e em torno desse valor para as mortes no mundo, que nestas semanas apresentou aumentos estatisticamente significativos.
4. Esta nova crescimento tanto para casos e mortes no Brasil está presente e mesmo com as vacinas já no país, ainda teremos crescimento para as próximas semanas e conseqüentemente sufoca os centros de controle de esta pandemia no país.
5. A letalidade de de 2.5 % igual ao da semana passada, é considerado alto a nível mundial, indicando limitação no fornecimento de testes a sua população.
6. Esta semana número 46 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 parecida a esta semana maior de mortes, dado a limitação na aplicação de teste que ainda esta na primeira.
7. Para semana que vem o Brasil atingirá mais de 357654 casos e 7 316 mortes.
8. No âmbito regional esta semana 44, Sergipe sai de uma estabilização de mais de cinco meses para as mortes indicando retomada nos aumentos de casos e mortes, esta semana serão em média 615 casos e 8 mortes por dia. As mortes se afastam da igualdade das estatísticas das primeiras semanas e os casos já se compara com a semana 18, o pico da pandemia.
9. A Letalidade no estado de Sergipe se manteve em 2.04%, 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.](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 recommendations 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.

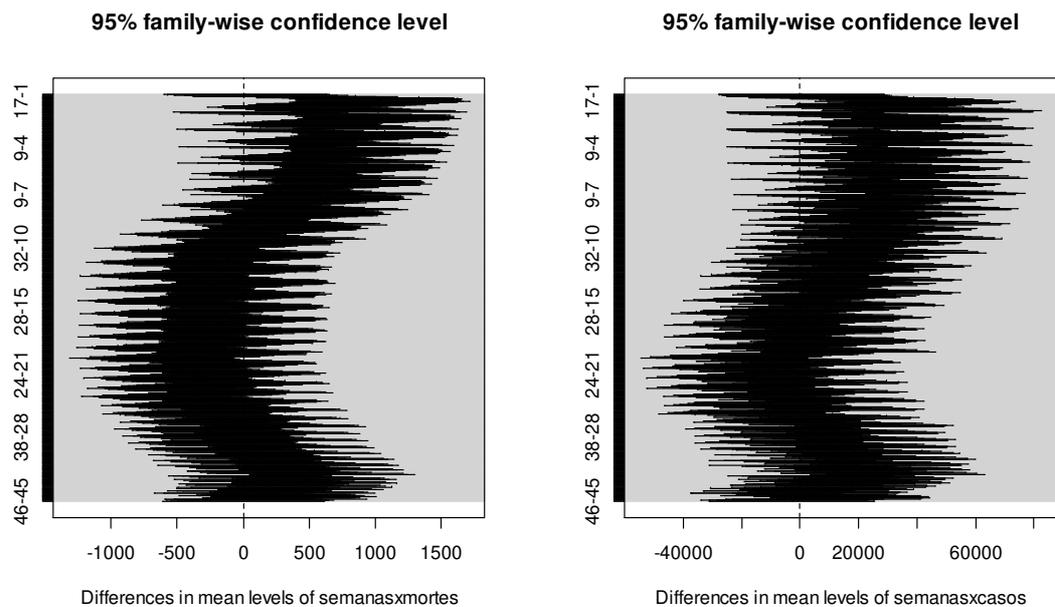


Gráfico 19. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no Brasil.

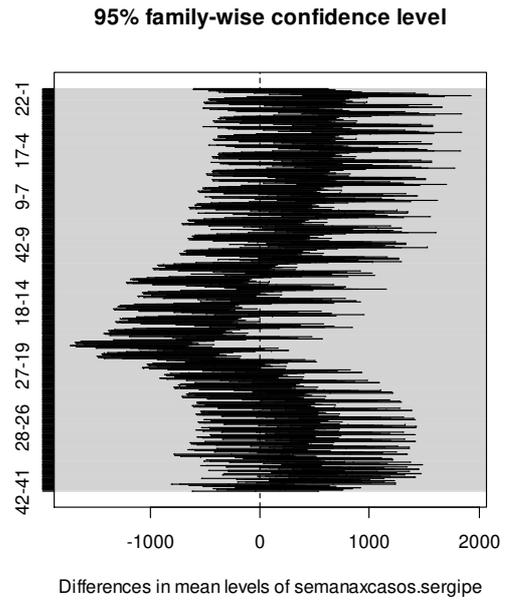
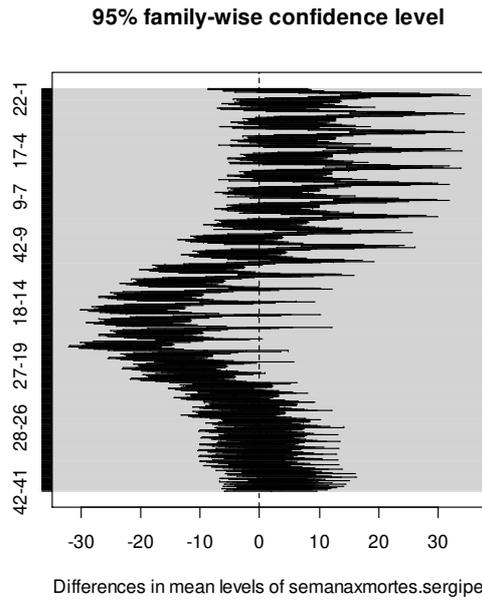


Gráfico 20. Teste Tukey de comparação de médias para casos e mortes no estado de Sergipe.