

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

Nota técnica nº 3 sobre COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe

Elaboração: Daniel Francisco Neyra Castañeda

Índice

Introdução	2
Resultados	2
Modelagem para o Brasil	5
Letalidade	9
Incidência	10
Sergipe	10
Letalidade para Sergipe	11
Modelagem para Sergipe	12
Conclusões	14
Bibliografia	15

Contato

E-mail: danielneyra@hotmail.com

São Cristóvão, Maio de 2020

Introdução

Esta terceira nota técnica é a sequência das notas publicadas nos dias 07 e 14 de Maio de 2020. O trabalho segue os mesmos dados de estudo, e foi incluída a informação desta última semana. Também esta nota, como outras publicadas na UFS, são complementares, e cada uma apresenta um olhar particular, com o intuito de informar cientificamente os acontecimentos por esta pandemia.

Modelos de regressão para ajustar modelos de 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 alisamento exponencial e modelagem da família ARIMA.

Na nota técnica anterior recriamos cenários de letalidades com 3%, 4%, 5% e 6%, 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 9 por cada 100 000 habitantes, é considerada alta. 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 de COVID-19 no Brasil e no estado de Sergipe.

Resultados

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 15 a 21 de maio. 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 aritmética de casos e mortes, cuja duplicação esta na relação 2,2,3,3,4,5,10,8,11 para as mortes. Já para os casos a relação de duplicação é: 3,3,5,5,6,8,9,12,11. Este fato indicou protagonismo do Brasil no âmbito internacional, onde ganha rapidamente posições no ranking tanto de casos e mortes. Semana passada, o Brasil era sexto tanto em número de mortos e em número de casos confirmados mundialmente. Hoje, Brasil com uma população de 211 489 034 habitantes, se posiciona como terceiro em número de casos e sexto em número de óbitos. Uma visualização do gráfico 01 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos casos e mortes e que o dia até a curva se manter ou descer, não será ainda nesta semana, e que até a data do dia 21 de maio, foram de 310 087 casos confirmados e 20 047, aumentando em uma semana mais de 100 000 casos e mais de 6000 mortos.

Tabela 1: Casos e mortes por COVID-19 na semana do dia 15 a 21 de maio.

Data	Casos	Mortes	Recuperados	Acompanhados
2020-05-15	218223	14817	84970	118436
2020-05-16	233142	15633	89672	127837
2020-05-17	241080	16118	94122	130840
2020-05-18	254220	16792	100459	136969
2020-05-19	271628	17971	106794	146863
2020-05-20	291579	18859	116683	156037
2020-05-21	310087	20047	125960	164080

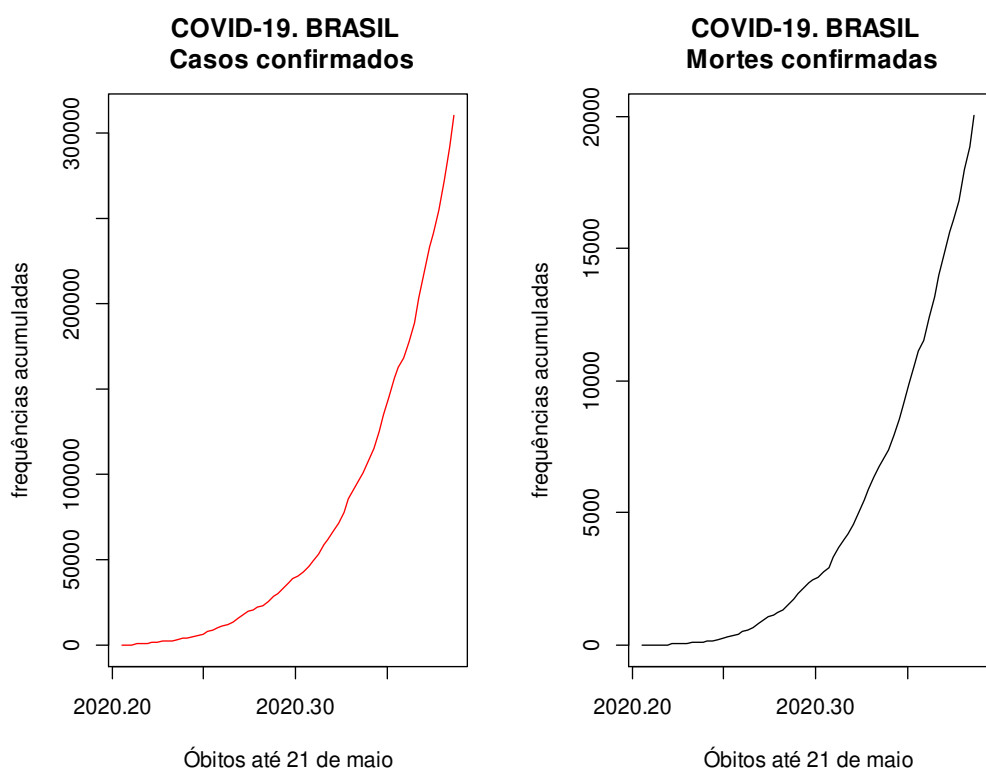


Gráfico 01: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

O Brasil, têm como protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem, os estados de São Paulo com 3866 novos casos e 216 novas mortes, e os seguem os estados de Ceara, Rio de Janeiro, Amazonas, Pernambuco, Pará e Maranhão, sendo Pará o estado com quantidades expressivas em novos casos e novas mortes como se mostra na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Casos confirmados e mortes por COVID-19 nos estados do Brasil (20/05/2020).

Estado	Casos		Mortes	
	Novos	Acumulados	Novos	Acumulados
SP	3866	69915	216	5363
CE	2589	31632	44	1900
RJ	2566	30379	157	3237
AM	1572	23704	70	1561
PE	1320	22594	93	1838
PA	1840	18135	114	1633
MA	916	15114	30	634

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 21 de maio de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 18508 casos neste dia, sendo o maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1187 óbitos, sendo os maiores números até hoje em um único dia, como mostrado no gráfico 02 e 03.

COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

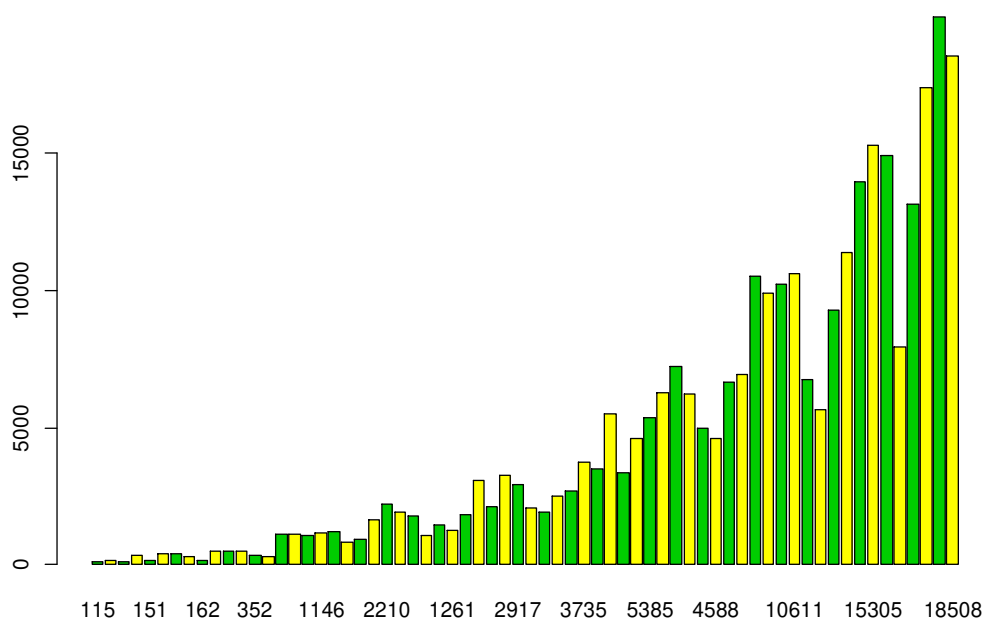


Gráfico 02: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

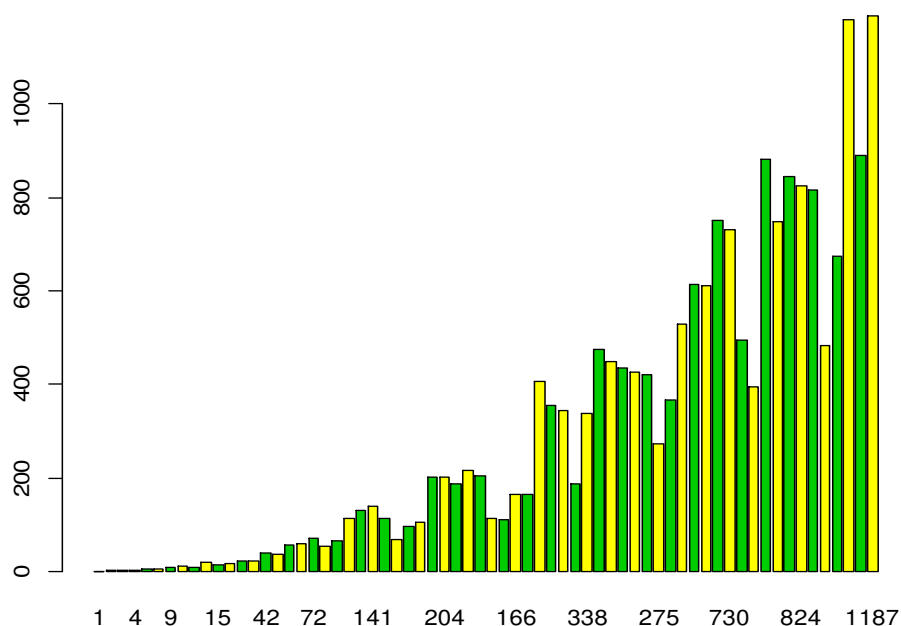


Gráfico 03: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

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 tem apenas o componente de tendência e modelos de potência, exponencial e modelos não lineares como o logístico 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 2%, 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 1,44%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 1,44% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 1,11%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 22 de maio com 327490 casos e 20761 mortes, e para o dia 23 de maio serão 347718 casos e 21718 mortes, conforme visualizado na tabela 03. Uma saída é mostrada no gráfico 04.

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias após 23 de maio de 2020.

Data projetada	Casos	Mortes	Intervalo de Confiança Casos	Intervalo de Confiança mortes
22/05/2020	327490	20761	321142 - 333838	20388 – 21131
23/05/2020	347718	21718	338873 - 356562	21200 – 22235

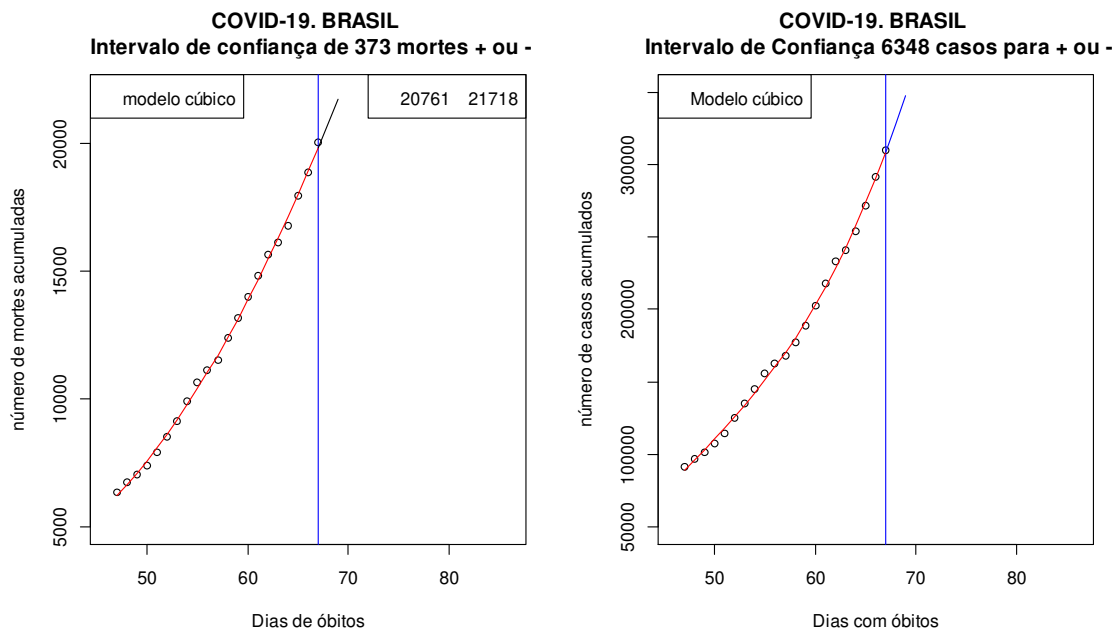


Gráfico 04: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 22 e 23 de maio.

Tanto casos e mortes confirmadas por COVID-19 apresentam quedas reais nos finais de semana entre sabado e segunda feira, estas subnotificações sobrecarregam o trabalho logístico para os próximos dias. O efeitos sazonal que cada semana apresenta, nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas (boxplot) por semana após o primeiro óbito, como segue:

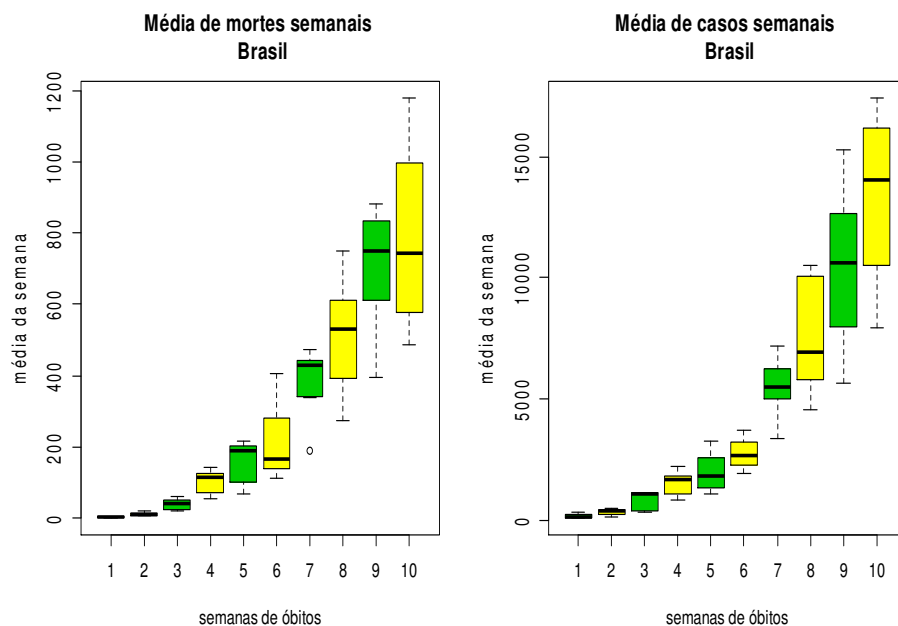


Gráfico 5. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a tendencia permitem abordar tecnicas de séries temporais para realizar previsoes futuras para novos casos e novas mortes. Foram usados modelos avançados de séries temporais, como Holtwinters 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, indicando que em média manteremos em torno de 20 000 casos por dia e 1000 mortes diárias. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificações no final de semana, ver a tabela 04 e uma saída é mostrada no gráfico 06.

Tabela 04. Modelagem e previsões futuras para casos e mortes no Brasil.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
22/05/2020	19002	1100	18946	1036
23/05/2020	18702	1086	17994	1030
24/05/2020	13701	791	13299	774
25/05/2020	15453	828	17516	878
26/05/2020	19387	1366	20663	1304
27/05/2020	22351	1145	22315	1129
28/05/2020	22996	1342	21620	1320

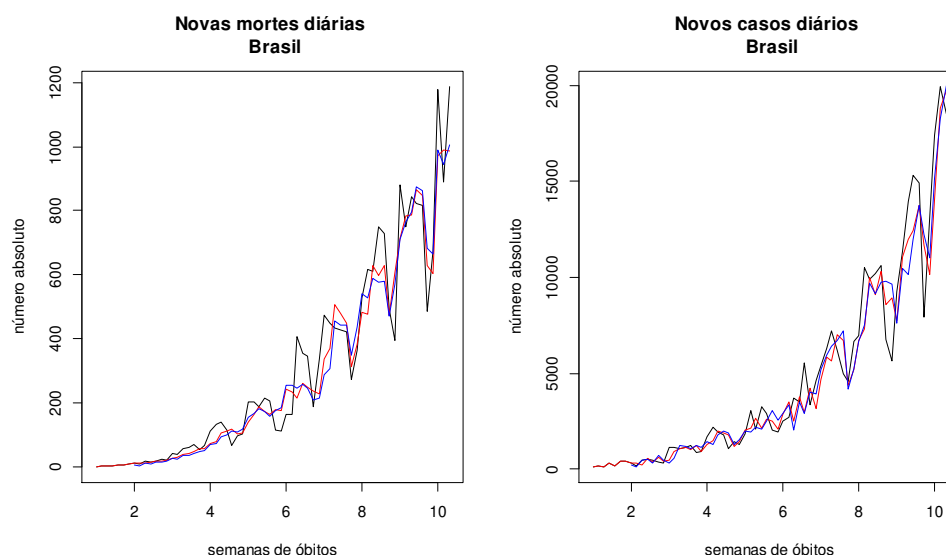


Gráfico 06. Modelagem Holt Winters e Sarima para casos e mortes.

Para acompanhar quando os casos e mortes dobram no tempo, realizou-se o gráfico 07, 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, por exemplo, no dia 20 de março tinha-se 997 casos, e após três dias, (dia 23) registrou-se

1.960 casos, e após 5 dias, (28 de março) 3.904 casos. Atualmente, dobram-se os casos a cada 11 dias, e para as mortes, a cada 10 dias.

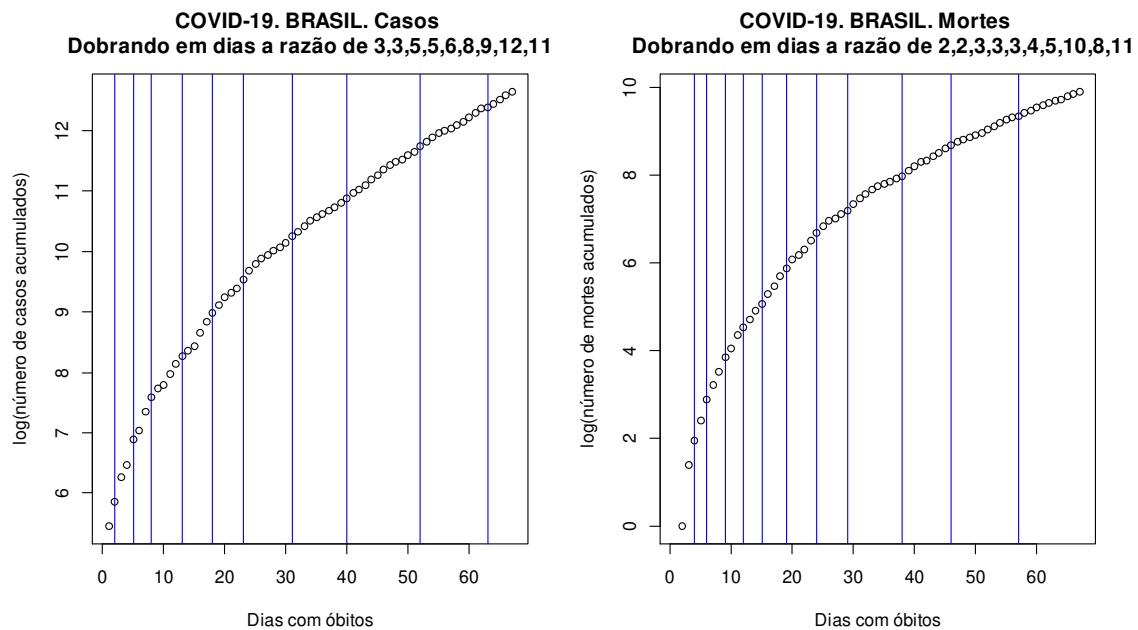


Gráfico 07: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

Uma projeção a partir dos últimos 20 dias de óbitos no Brasil, usando casos e mortes confirmadas de COVID-19 no Brasil, num cenário para 80 dias de aumentos até a curva descer. A justificativa de ampliar este cenário é que os maiores estados como São Paulo e Rio de Janeiro que estavam contribuindo com estes indicadores, deram espaço para outros estados em conjunto ganharem protagonismo no número de casos e mortes. Em geral o vírus se expandiu e se interiorizou no Brasil.

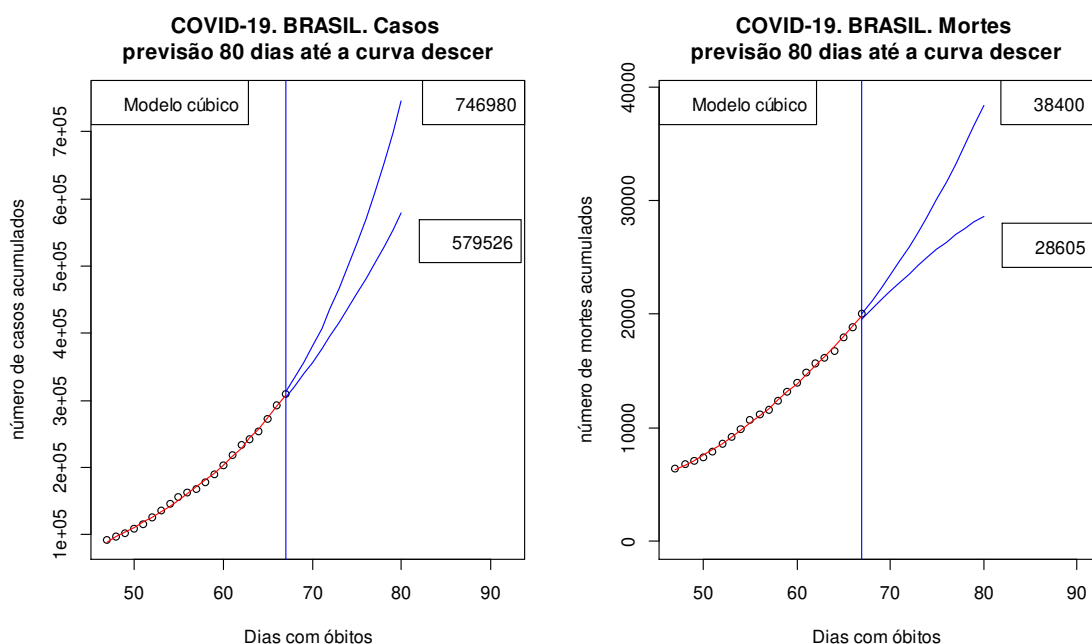


Gráfico 8. Projeção a partir dos últimos 20 dias.

O modelo proposto para projetar a curva de crescimento de casos e mortes num cenário de 80 dias até a curva descer, foi o cúbico $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \beta_3x^3$, onde os dias (x) explicam 99,6% os casos confirmados e 99,8% as mortes. Na nota anterior uma projeção para 70 dias até a curva descer, encontramos que no pior cenário alcançaria 361542 casos e 26525 mortes. Um cenário mais favorável alcançaria 321543 casos e 21811 mortes. Estas estimativas se elevam se consideramos os 80 dias. Na tabela 4 a seguir apresetam-se modelos com dias até a curva descer para 70 e 80 dias

Tabela 04. Projeção para os próximos dias 70 e 80 dias até a curva descer usando um modelo cúbico.

	70 dias		80 dias	
Variável	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo
Casos	321543	361542	579526	746980
Mortes	21811	26525	28605	38400

Letalidade

Assumimos que as mortes confirmadas podem propor uma possibilidade mais realista das consequências de esta pandemia. As letalidades propostas são: 3%, 4%, 5% e 6%, fornecendo os número de casos que podem ter sido escondidos por causa da subnotificação como se mostra no gráfico a seguir.

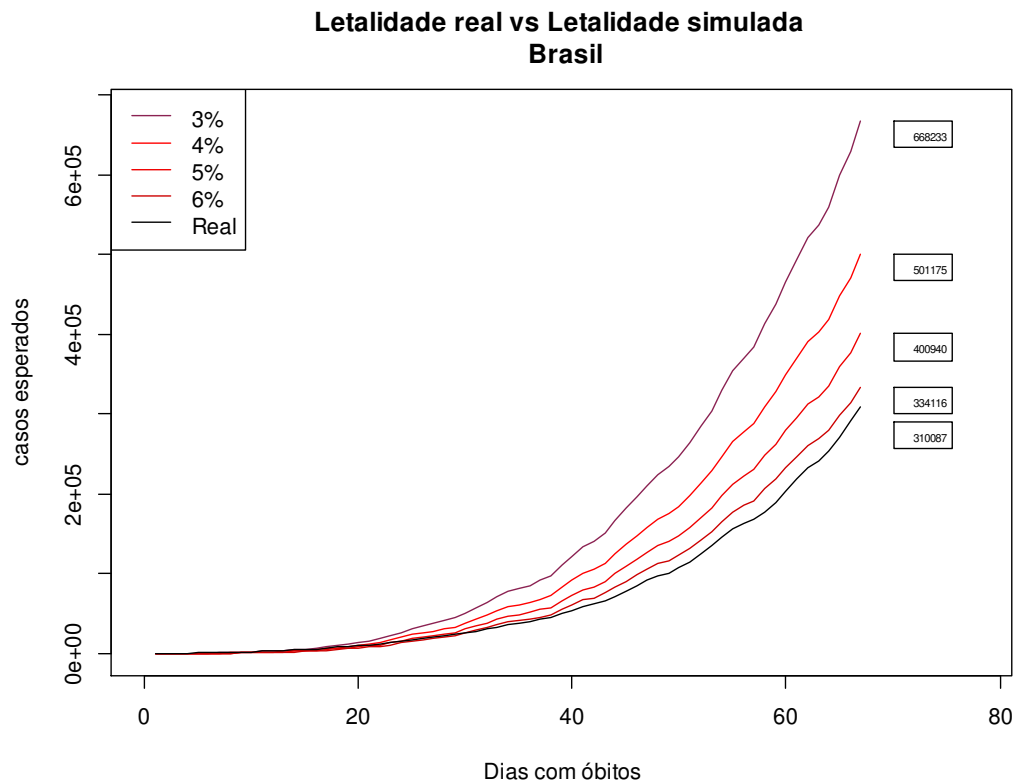


Grafico 9. Cenários prováveis a partir de percentuais de letalidade.

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 $I = \left(\frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100000$. Mostra-se a partir do gráfico 10, que a incidência é também crescente para casos novos, indicando que o contágio apresenta aceleração na propagação social.

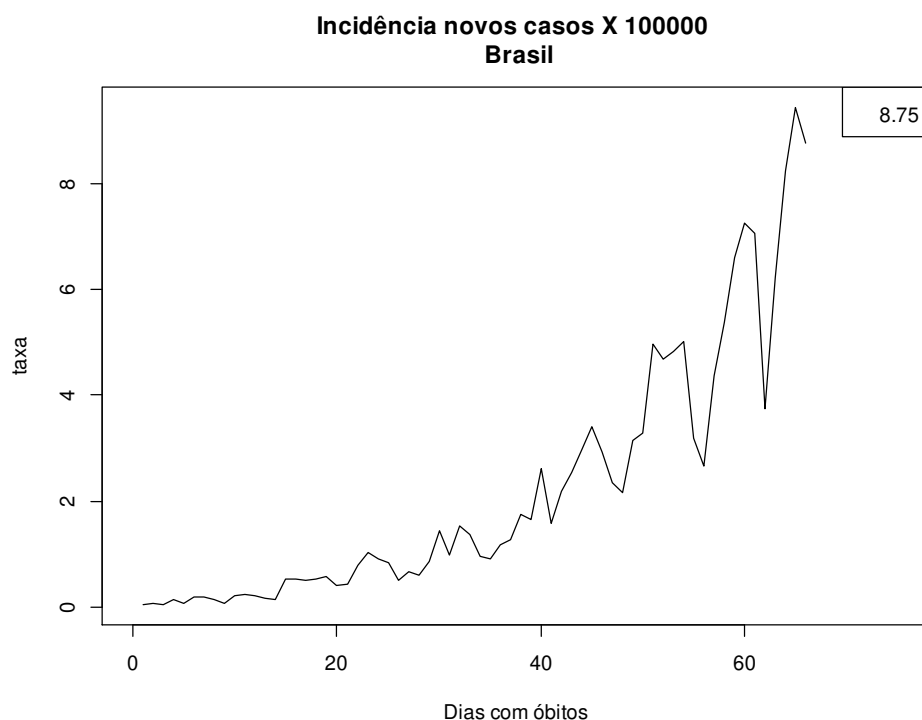


Gráfico 10. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos.

Sergipe.

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 21 de maio 4700 casos confirmados e 76 mortos, indicando que em uma semana mais do que dobro o número de casos, e quase dobro o número de mortes, como mostra a Tabela 5. Já no gráfico 8 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	2020-05-15	374	2868	3	50
SE	2020-05-16	267	3135	3	53
SE	2020-05-17	208	3343	5	57
SE	2020-05-18	223	3566	2	59
SE	2020-05-19	401	3967	4	63

SE	2020-05-20	310	4277	6	69
SE	2020-05-21	458	4735	7	76

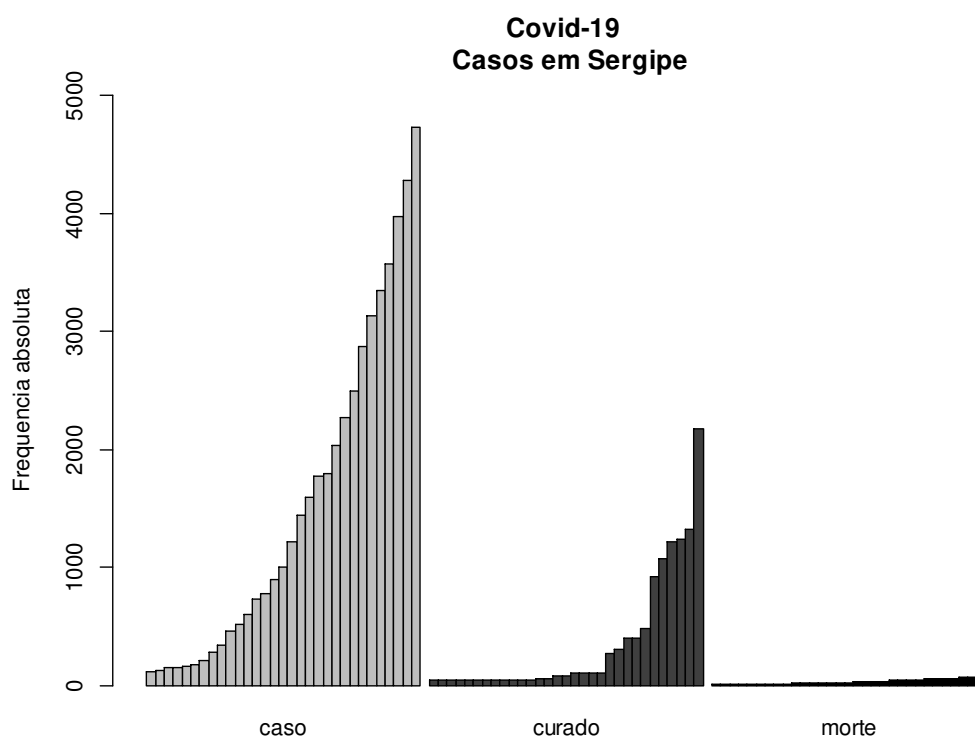


Grafico 11. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 1.60% sendo a semana passada de 1,85%, isto pelo esforço de disponibilizar testes à população, e contrasta com a letalidade nacional a qual esta próxima de 7%, para observação disponibilizamos o gráfico 12.

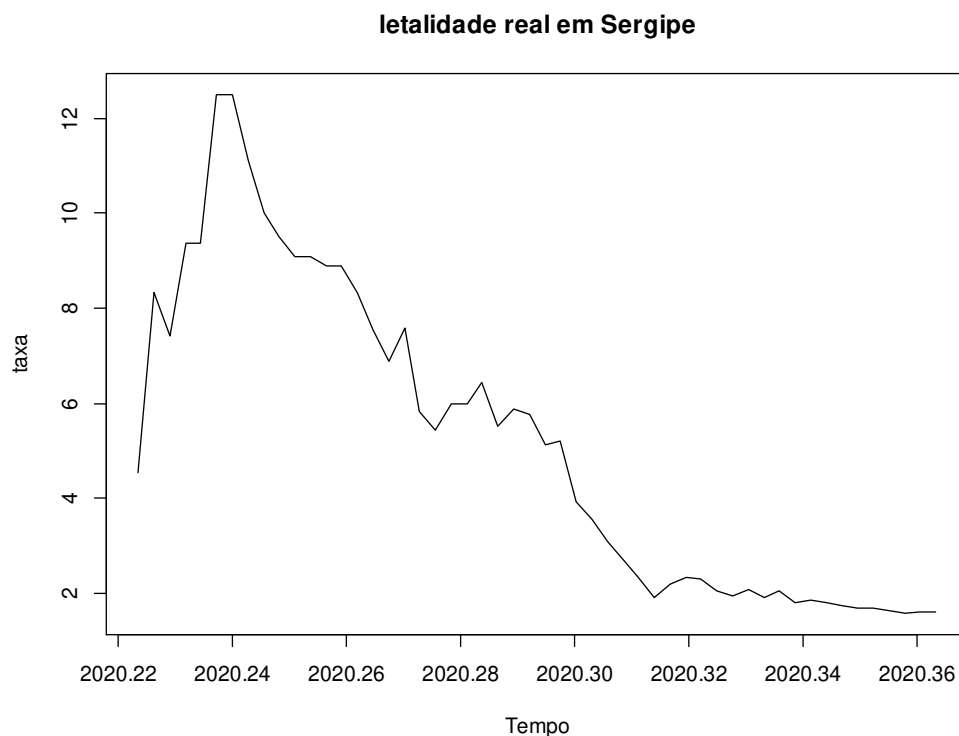


Gráfico 12. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

Modelagem para Sergipe

Usam-se modelos de regressão para ajustar a série de casos e mortes 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, os casos com 4% e as mortes com 4,3%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções de casos e mortes foram para o 15 de maio, com 2673 casos e 50 mortes, e para o dia 16 de maio, foram 2892 casos e 53 mortes projetadas, conforme visualizado na tabela 06. Uma saída é mostrada no gráfico 13.

Tabela 06: Projeção para os próximos 2 dias, 22 e 23 de maio de 2020.

Data projetada	Casos	Intervalo de Confiança Casos	Mortes	Intervalo de Confiança mortes
15/05/2020	2673	2610 – 2736	50	47 – 53
16/05/2020	2892	2829 – 2955	53	50 – 56

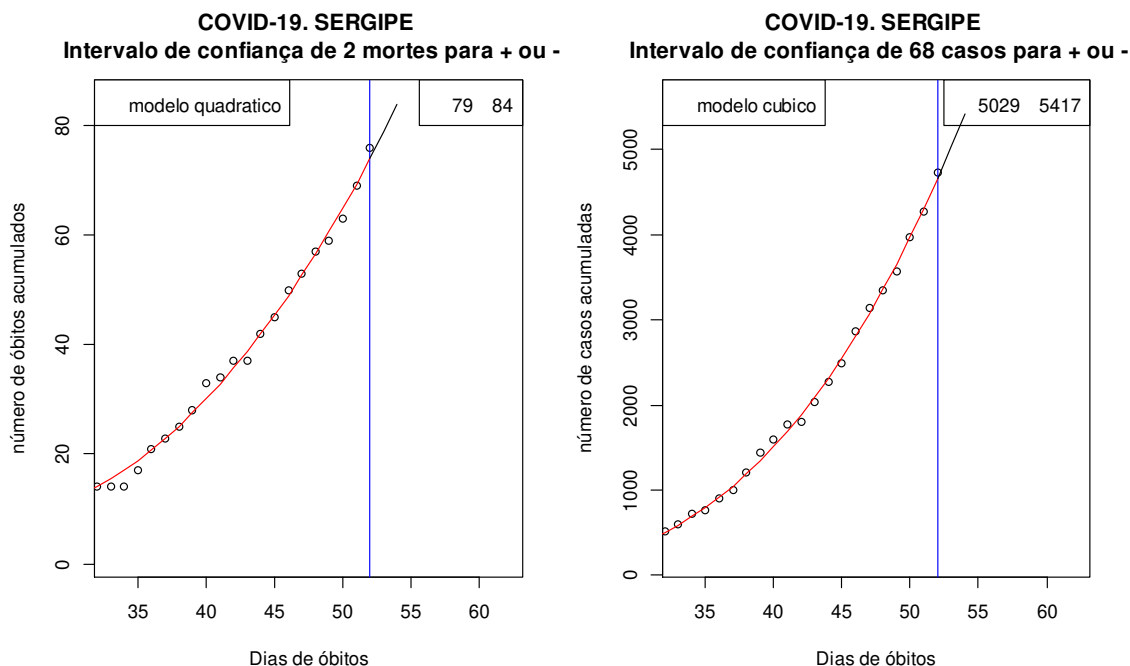


Gráfico 13: Projeção de casos e mortes para os dias 24 e 25 de maio de 2020.

Para visualizar as médias de casos e mortes por semana, indicando um crescente aumento de casos e mortes, cmo visualizado no grafico a seguir

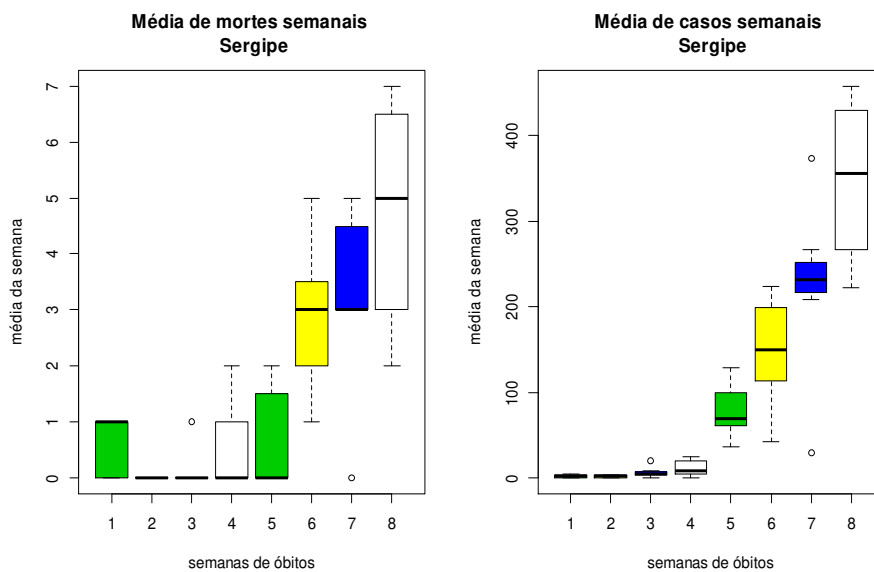


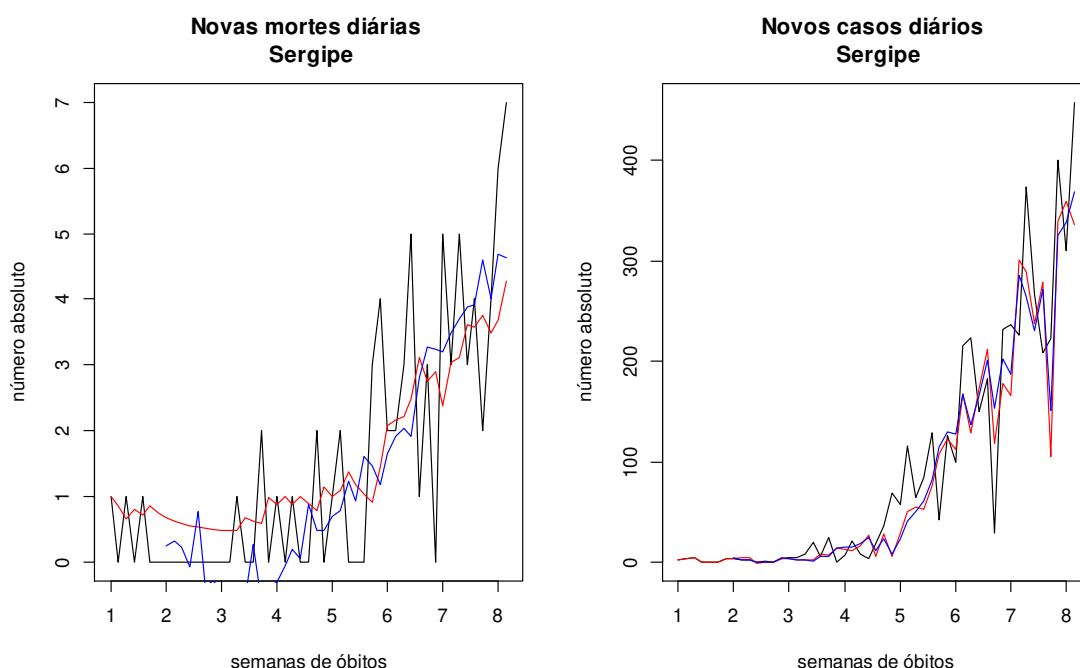
Gráfico 14. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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. Não foi possivel calibrar esta modelagem para as mortes no ajuste, por apresentar muitos zeros diários nas primeiras semanas desde a aparição do primeiro óbito. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos projeção para

os próximos três dias, com um intervalo de confiança de 50 casos e a seguir na tabela 07 e uma saída é mostrada no gráfico 15.

Tabela 07. Modelagem e previsões futuras para novos casos e novas mortes em Sergipe.

Data	Sarima		Holt Winters	
	Casos	Mortes	Casos	Mortes
22/05/2020	516	5	483	5
23/05/2020	409	5	401	5
24/05/2020	350	5	384	5



Conclusões

1. As conclusões da primeira e segunda nota estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. Os casos novos indicam que o Brasil ainda mantém seu crescimento potencial, com média de 100 000 casos e 6000 mortos semanais.
3. O rápida proliferação do COVID-19 no Brasil, indicam que no cenário internacional assumira a segunda posição de casos confirmados em menos de uma semana.
4. A projeção para 70 dias inicialmente, teve que ser modificada para 80 dias até a curva descer, ou talvez se manter, pois a interiorização do vírus no Brasil, indicam protagonismo prolongado na sua disseminação do vírus.
5. No âmbito regional, Sergipe tem mostrado protagonismo duplicando rapidamente em uma semana seus casos e mortes.

6. Uma medida de “lockdown”, é uma medida extrema e necessaria no Brasil e consequentemente no estado de Sergipe.

Bibliografia

1. Universidade de medicina. Jhons Hopkins. Coronavirus. <https://jhu.edu/map.html>. (visto em 07/05/2020)
2. Ministerio da saúde do Brasil. Painel Coronavirus. <https://covid.saude.gov.br>
3. Souza, Andre, Nota técnica nº 3 sobre a pandemia de Covid-19 em Sergipe. CCET.UFS. 13/05/2020.
4. <https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,primeiro-caso-da-Covid-19-no-brasil-e-do-fim-de-janeiro-diz-ministerio-da-saude>.
5. Ehlers,Ricardo.(2007): Análise de séries Temporais.Universidade Federal do Paraná.
6. Morettin, A. P., Clélia, M. C.(2006) Análise de séries temporais}. Editora Egard Blucher, 2ª edição.
7. Quijano, F. Morales, A, Waldman, E. Traslating transmissibility measures into recomendations for coronavirus prevention. Revista de Saúde Pública. 25 março de 2020.