



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

## Nota técnica nº 4 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](mailto:danielneyra@hotmail.com)

São Cristóvão, Maio de 2020

## **Introdução**

Esta quarta nota técnica é a sequência das notas publicadas nos dias 07, 14 e 21 de Maio de 2020. 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, 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 Holt Winters 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 12,5 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 de COVID-19.

## **Resultados**

Na Tabela 1, apresenta-se o número de casos confirmados e mortes por COVID-19 no Brasil, na última semana, do dia 22 a 28 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 2,2,3,3,4,5,10,8,11,14 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 terceiro em número de casos e sexto em número de mortos confirmados mundialmente. Hoje, Brasil se posiciona como segundo em número de casos e sexto em número de óbitos. Uma visualização do gráfico 01 aponta um crescimento exponencial ou potencial para ambos os 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 28 de maio, foram de 438238 casos confirmados e 26754, aumentando em uma semana mais de 128 151 casos e mais de 6707 mortos, um aumento em relação a semana passada de mais de 28 000 casos e 700 mortes.

Tabela 1: Casos e mortes por COVID-19 na semana do dia 22 a 28 de maio.

| Data       | Casos  | Mortes | Recuperados | Acompanhados |
|------------|--------|--------|-------------|--------------|
| 2020-05-22 | 330890 | 20803  | 135430      | 174412       |
| 2020-05-23 | 347398 | 16508  | 142587      | 182798       |
| 2020-05-24 | 363211 | 15813  | 149911      | 190634       |
| 2020-05-25 | 374898 | 11687  | 153833      | 197592       |
| 2020-05-26 | 391222 | 16324  | 158593      | 208117       |
| 2020-05-27 | 411821 | 20599  | 166647      | 219576       |
| 2020-05-28 | 438238 | 26754  | 177604      | 233880       |

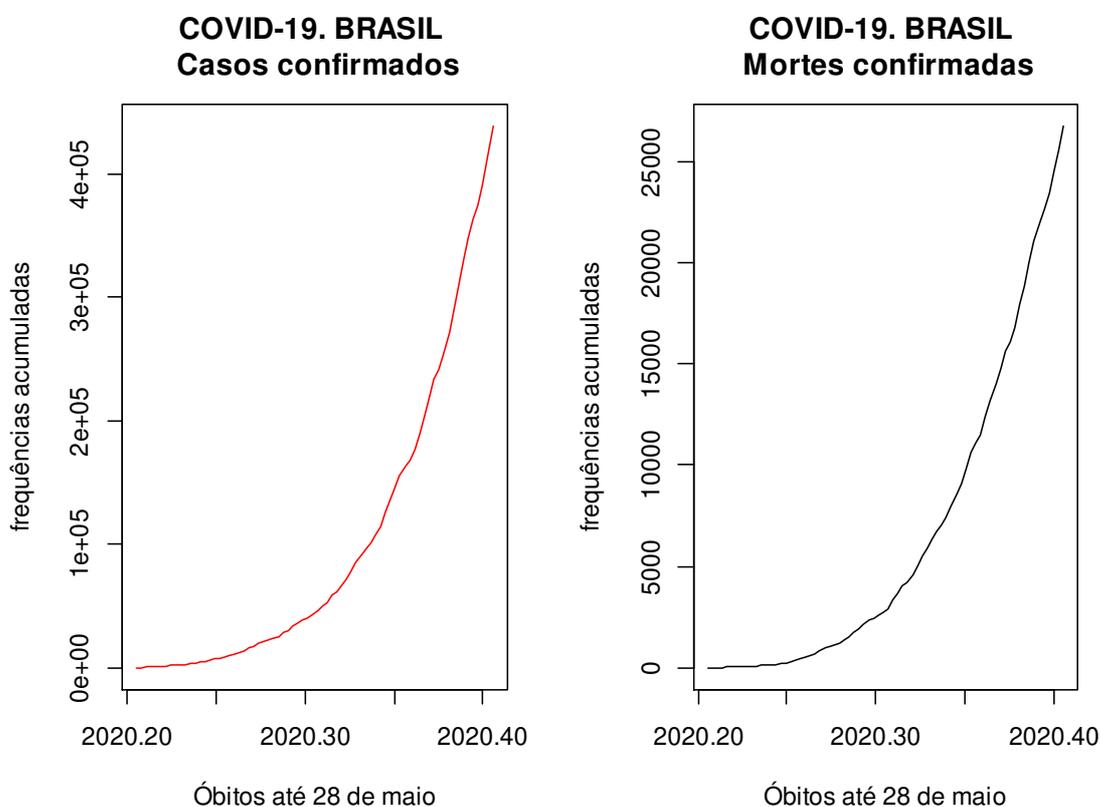


Gráfico 01: Evolução dos casos e mortes no Brasil.

No Brasil os protagonistas de crescimento da COVID-19 na ordem são os estados de São Paulo com 3466 novos casos e 289 novas mortes, e os seguem os estados de Rio de Janeiro, Ceara, Amazonas, Pará, Pernambuco 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 (28/05/2020).

| Estado | Casos |            | Mortes |            |
|--------|-------|------------|--------|------------|
|        | Novos | Acumulados | Novos  | Acumulados |
| SP     | 3466  | 89483      | 289    | 6712       |
| RJ     | 2374  | 42398      | 244    | 4605       |
| CE     | 254   | 37275      | 68     | 2671       |
| AM     | 1599  | 33508      | 39     | 1891       |
| PA     | 2433  | 31033      | 76     | 2545       |
| PE     | 1065  | 29919      | 140    | 2468       |
| MA     | 1867  | 26145      | 36     | 853        |

A evolução de números de casos confirmados ao longo do tempo até 28 de maio de 2020, iniciando desde o primeiro óbito, alcançou 26417 casos neste dia, sendo o maior até hoje, e as novas mortes alcançaram 1156 óbitos, sendo um dos maiores números até hoje em um único dia, como mostrado no gráfico 02 e 03.

### COVID-19. BRASIL. Número de casos diários

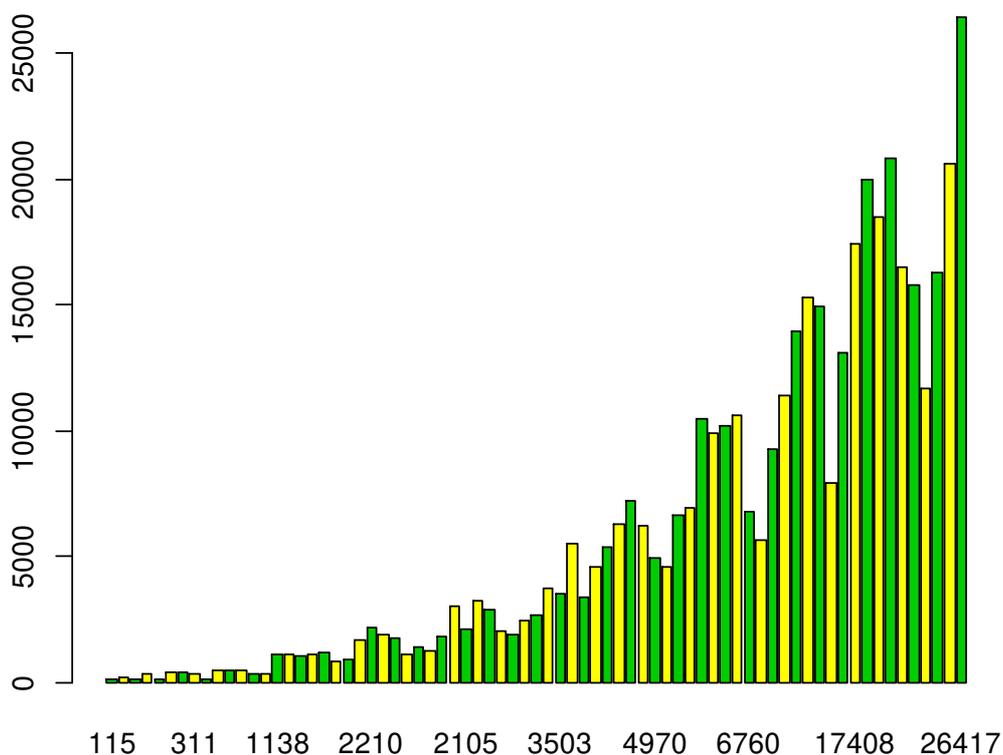


Gráfico 02: Evolução de novos casos diários de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### COVID-19. BRASIL. Número de mortes diárias

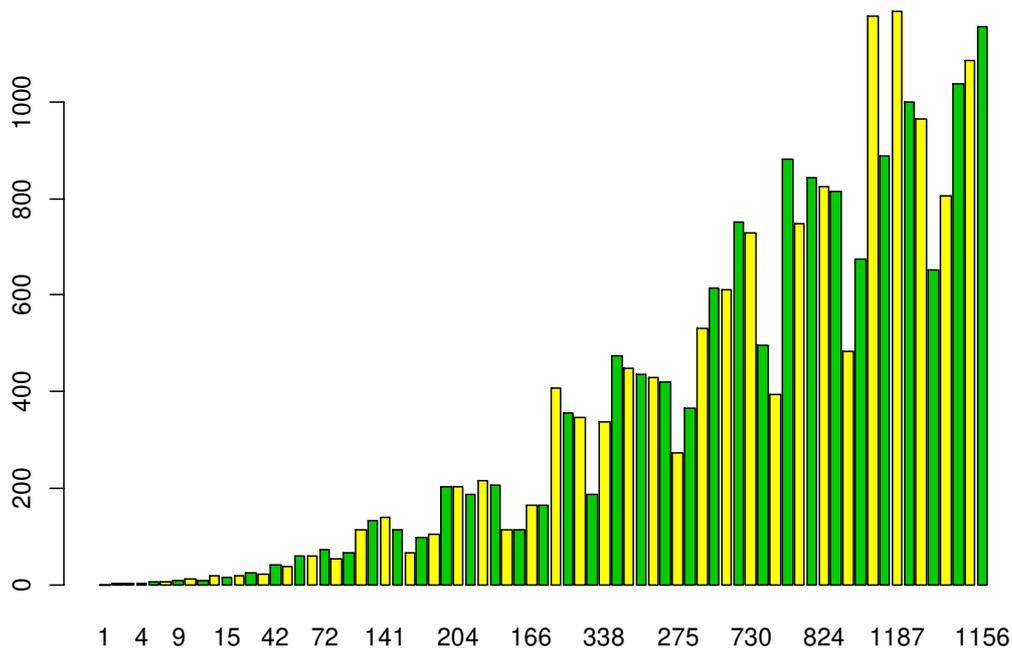


Gráfico 03: Evolução de novas mortes diárias de COVID-19 a partir do primeiro óbito.

### 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 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 1,5%, 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 1,01%, ou seja, as estimativas do modelo cúbico se afastam em média 1% dos casos reais. Para as mortes, o modelo cúbico também teve o menor erro de ajuste, sendo este de 0,8%. As projeções de casos e mortes serão para o dia 29 de maio com 449838 casos e 27577 mortes, e para o dia 30 de maio serão 466766 casos e 28538 mortes, conforme visualizado na tabela 03. Uma saída é mostrada no gráfico 04

Tabela 03: Projeção para os próximos 2 dias após 28 de maio de 2020.

| Data projetada | Casos  | Mortes | Intervalo de Confiança Casos | Intervalo de Confiança mortes |
|----------------|--------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| 29/05/2020     | 449838 | 27577  | 441246 – 458430              | 27145 – 28010                 |
| 30/05/2020     | 466766 | 28538  | 454613 – 478918              | 27926 – 29150                 |

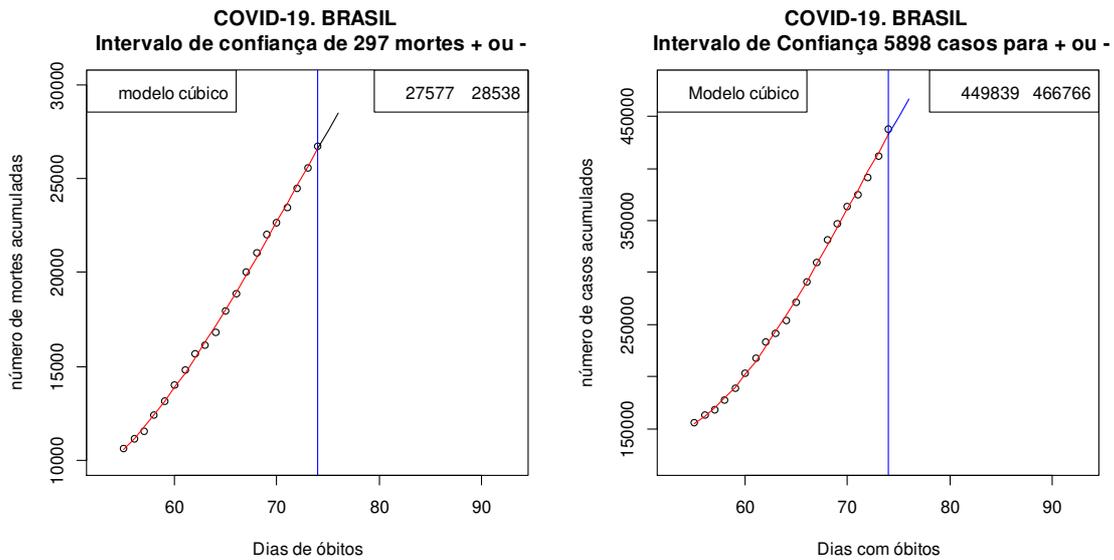


Gráfico 04: Casos e Mortes por COVID-19 e suas projeções para os dias 29 e 30 de maio.

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 que cada semana apresenta, nas séries sugerem apresentar um gráfico de caixas ou de boxplot por semana após o primeiro óbito, como segue:

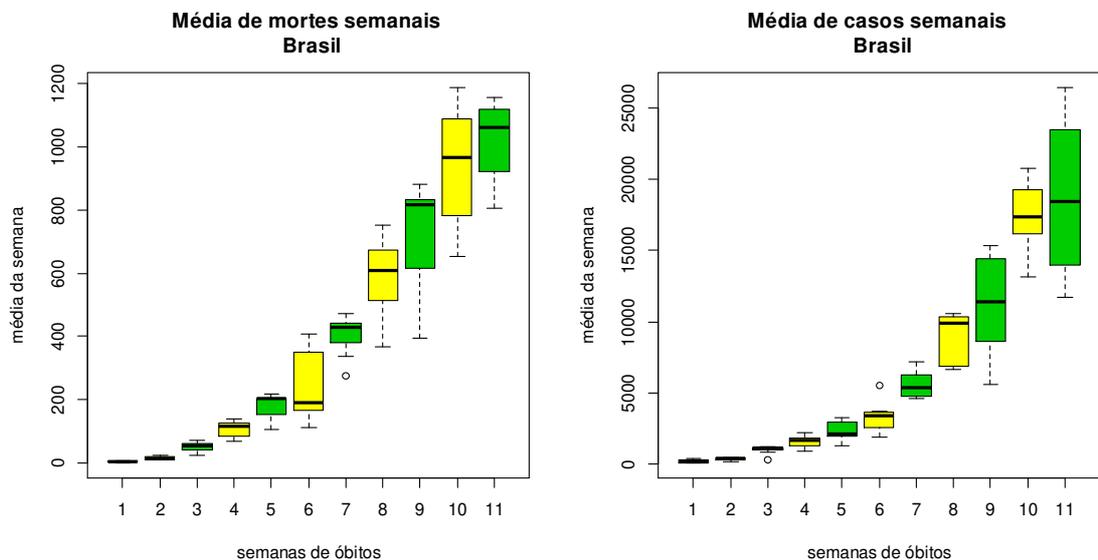


Gráfico 5. Médias semanais de casos e mortes confirmadas por COVID-19

Ainda este efeito sazonal, e a 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 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 22 000 casos por dia com intervalo de confiança em torno de 2000 casos para mais e para menos e 1100 mortes diárias com intervalo de confiança em torno de 100 mortes para mais ou para menos. Também podemos observar que estes modelos conseguem extrair o efeito sazonal por causa das subnotificação 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 |
| 29/05/2020 | 25587  | 1110   | 23944        | 1152   |
| 30/05/2020 | 23212  | 1085   | 22168        | 1115   |
| 31/05/2020 | 18144  | 791    | 19549        | 828    |
| 01/06/2020 | 20179  | 921    | 19300        | 938    |
| 02/06/2020 | 24556  | 1239   | 22990        | 1248   |
| 03/06/2020 | 27674  | 1184   | 26161        | 1178   |
| 04/06/2020 | 28655  | 1309   | 28637        | 1294   |

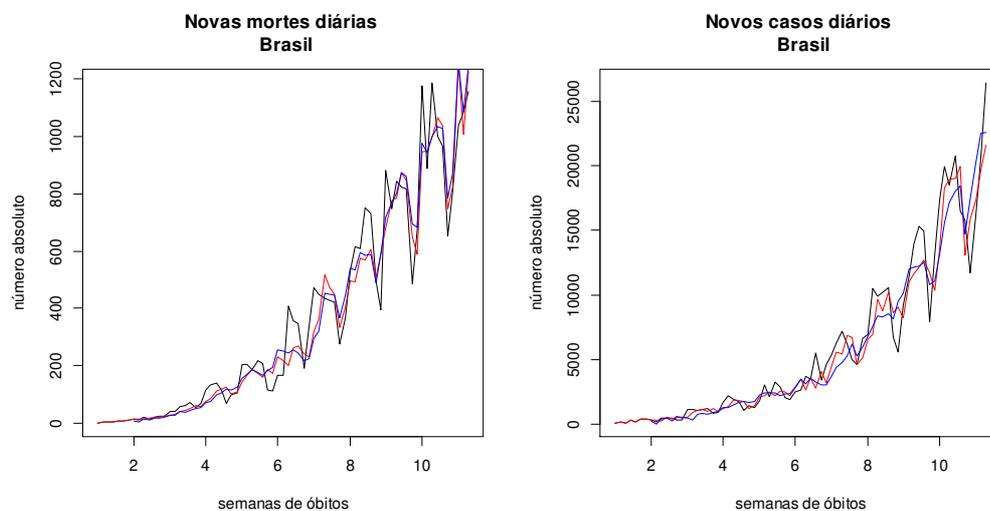


Gráfico 06. Modelagem Holt Winters e Sarima para casos e mortes.

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. Atualmente, dobram-se os casos a cada 11 dias, e para as mortes, a cada 14 dias.

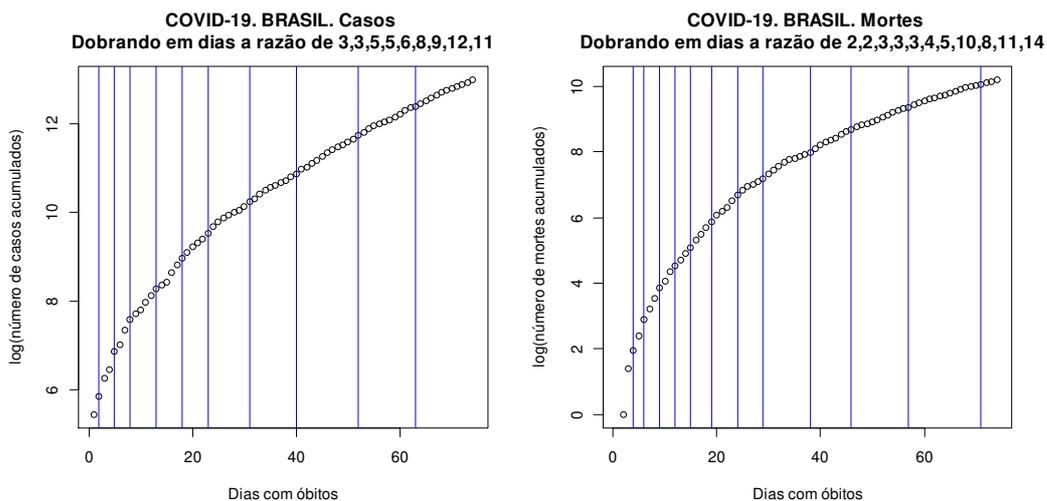


Gráfico 07: Espaçamento entre os dobramentos de casos e mortes no Brasil.

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. Atualizando as projeções da semana passada, onde os casos podem atingir o intervalo de 579526 a 746980 casos e as mortes o intervalo de 28605 a 38400, esta semana esses intervalos se encurtaram e os casos atingiriam o intervalo entre 501632 a 566133 e as mortes o intervalo de 30791 a 33996.

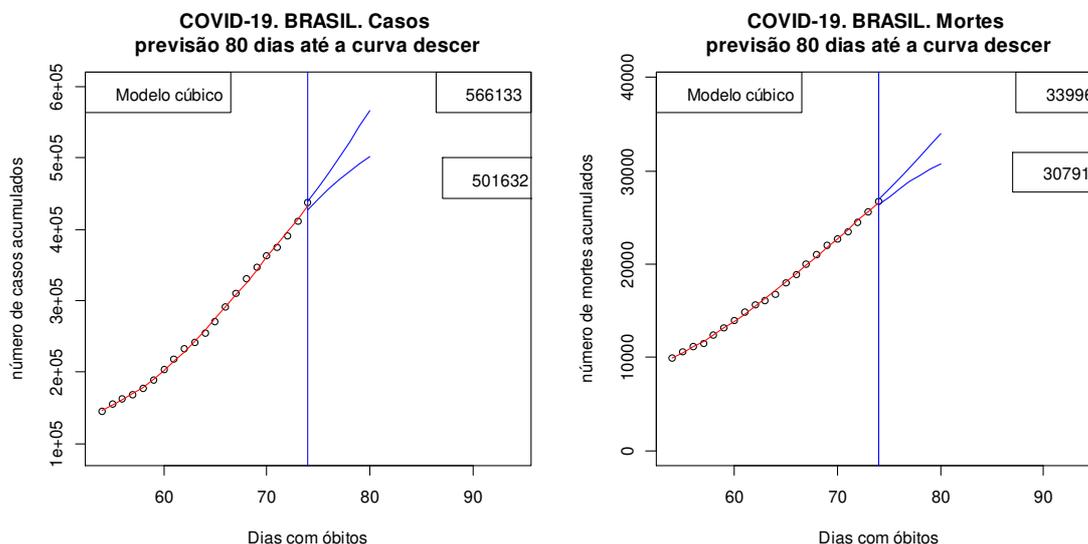


Gráfico 8. Projeção de potencia a partir dos últimos 20 dias.

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

|          | 80 dias |        |
|----------|---------|--------|
| Variável | Minimo  | Maximo |
| Casos    | 501632  | 566133 |
| Mortes   | 30791   | 33996  |

## Letalidade

Assumimos que as mortes confirmadas podem propor uma possibilidade mais realista das consequências de esta pandemia. As letalidades propostas são: 1%, 2%, 4% e a real, fornecendo os 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 2 675 400 casos, como se mostra no gráfico a seguir.

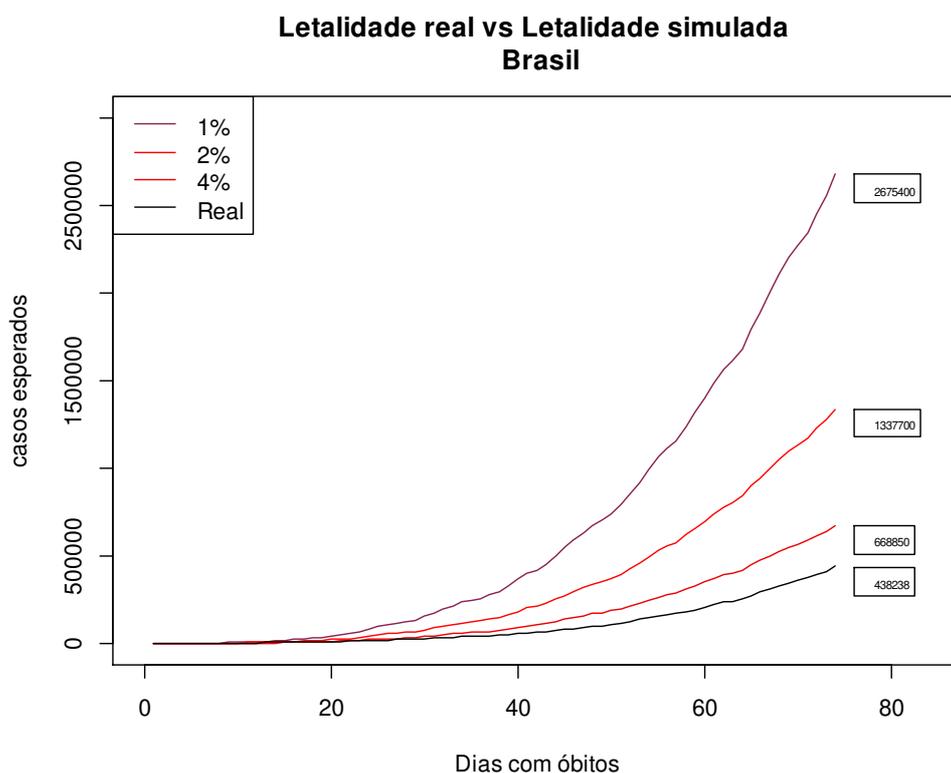


Gráfico 9. Cenários prováveis de casos no Brasil a partir de percentuais de letalidade.

## 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  $I = \left( \frac{\text{casos}}{211489034} \right) * 100000$ . Mostra-se a partir do gráfico 10, que a incidência é também crescente, saindo de 8,43 da semana passada para 12,49 nesta semana, indicando que o contágio apresenta aceleração na propagação social.

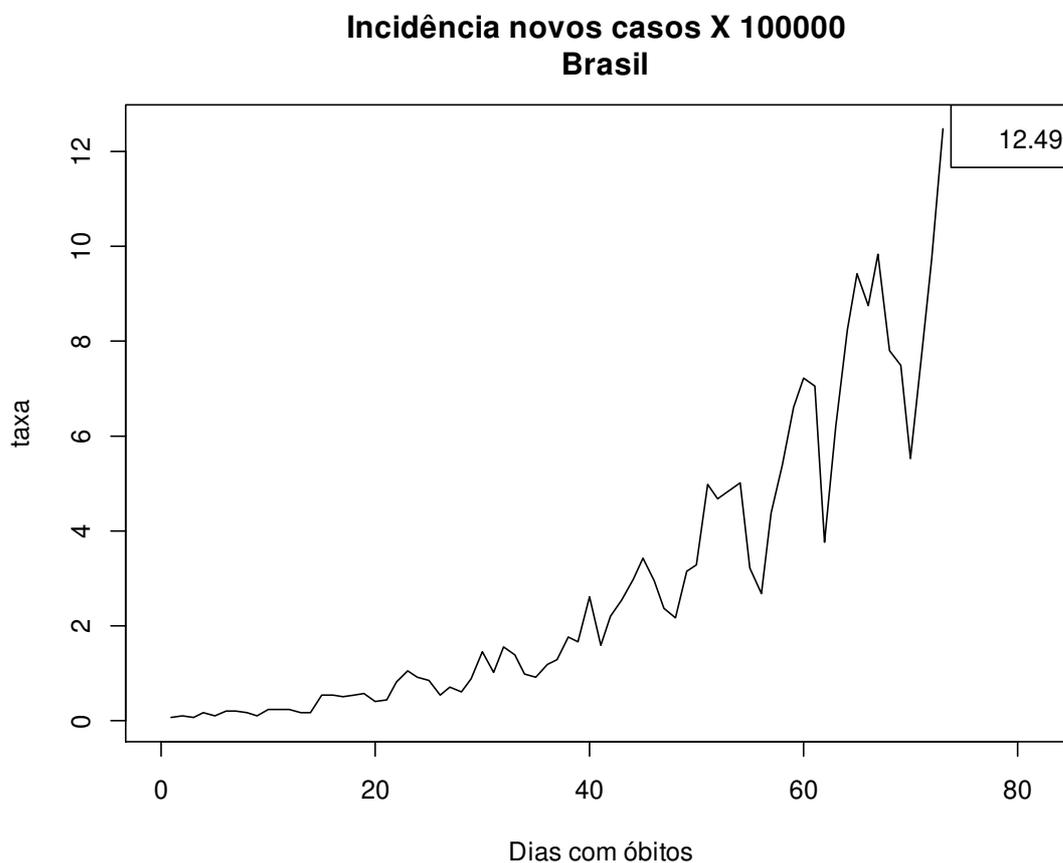


Gráfico 10. Incidência x 100 000 habitantes, a partir de novos casos.

### **Sergipe.**

Nosso estado de Sergipe apresentou nesta semana até o dia 28 de maio 6156 casos confirmados e 135 mortos, indicando que em uma semana houve um aumento de 1423 casos a mais e 59 mortes, como mostra a Tabela 5. Já no gráfico 11 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     | 2020-05-22 | 165   | 4900       | 6      | 82         |
| SE     | 2020-05-23 | 231   | 5131       | 4      | 86         |
| SE     | 2020-05-24 | 183   | 5314       | 7      | 93         |
| SE     | 2020-05-25 | 134   | 5448       | 10     | 103        |
| SE     | 2020-05-26 | 287   | 5735       | 13     | 116        |
| SE     | 2020-05-27 | 177   | 5212       | 11     | 127        |
| SE     | 2020-05-28 | 244   | 6156       | 8      | 135        |

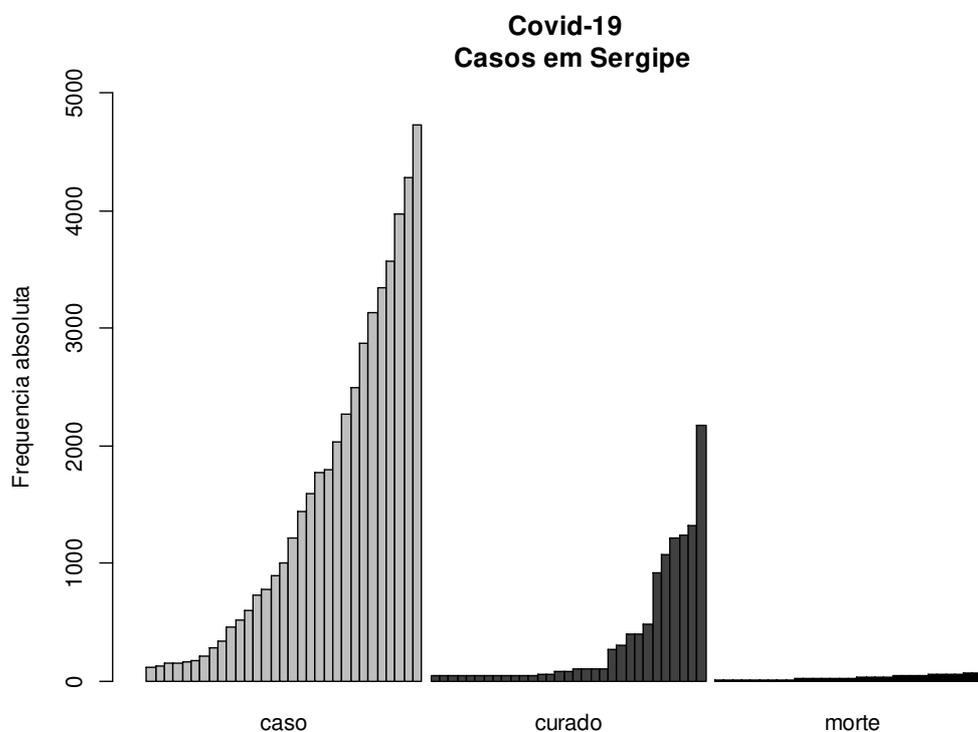


Grafico 11. Casos, curados e mortes por Covid-19 em Sergipe no último mês.

### Letalidade para Sergipe

Para o estado de Sergipe, atualmente a taxa de letalidade atinge 2,19% sendo a semana passada de 1,60%, o que indica que a população sofre ao acesso aos testes disponíveis disponibilizados pelo ministério da saúde, contudo ainda contrasta com a

letalidade nacional a qual esta próxima de 6,1%, para observação disponibilizamos o gráfico 12.

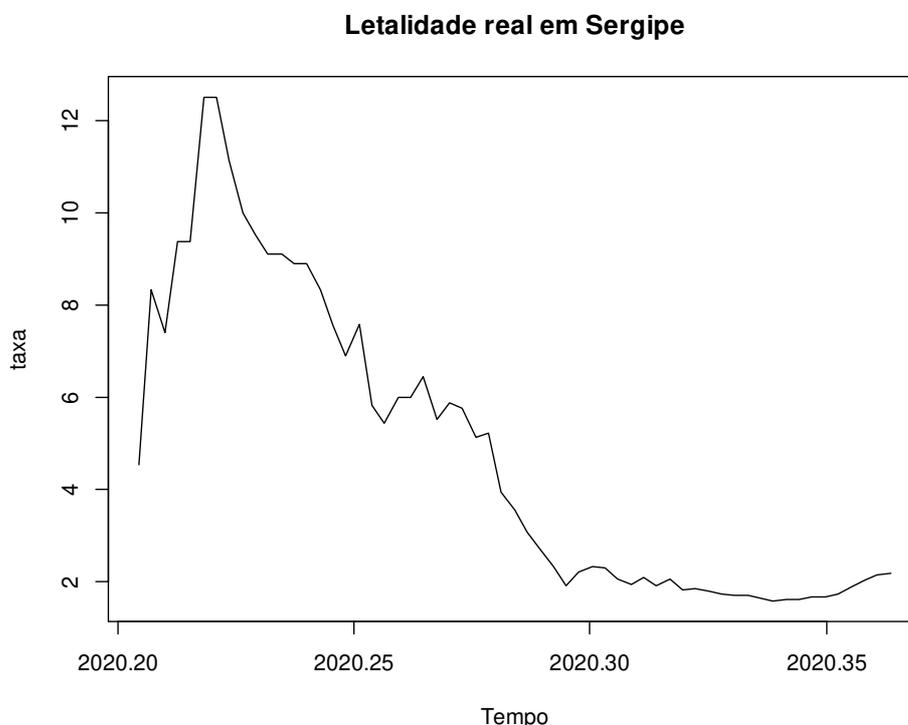


Gráfico 12. Taxa de letalidade do COVID-19 no estado de Sergipe.

## 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; para os casos atingiu , 4% e as mortes com 4,3%, foram usados apenas os 20 últimos casos. As projeções de casos e mortes atingirão o 29 de maio 6547 casos e 144 mortes, e para o dia 30 de maio, serão 6656 casos e 156 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 |
|----------------|-------|------------------------------|--------|-------------------------------|
| 29/05/2020     | 6547  | 6406 – 6687                  | 144    | 141 – 147                     |
| 30/05/2020     | 6656  | 6515 – 6797                  | 156    | 153 – 159                     |

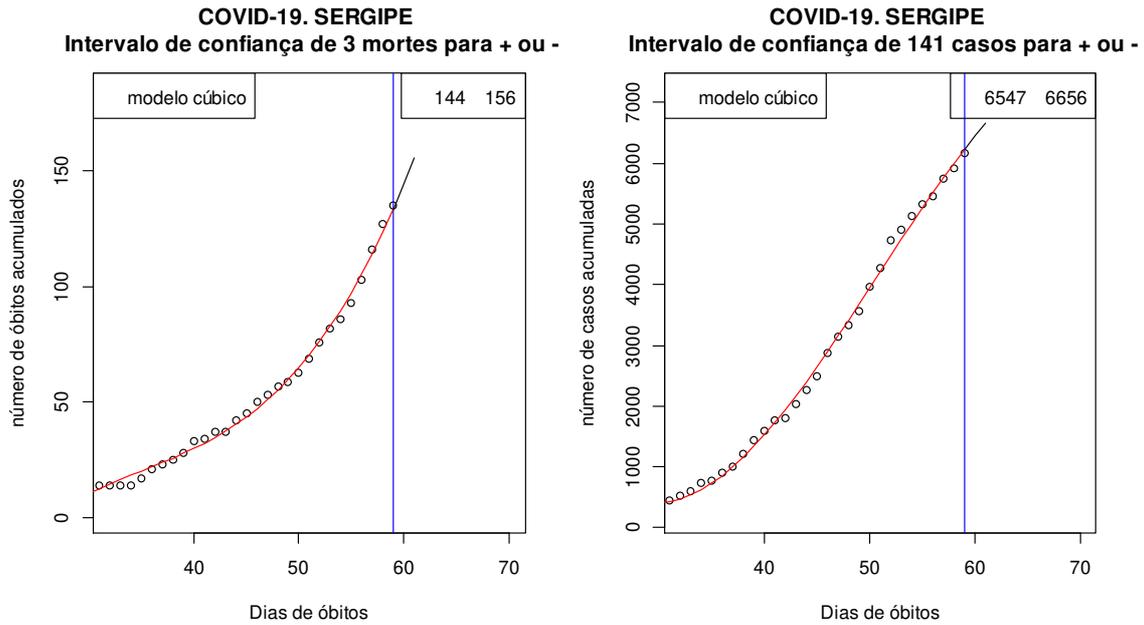


Gráfico 13: Projeção de casos e mortes para os dias 29 e 30 de maio de 2020.

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

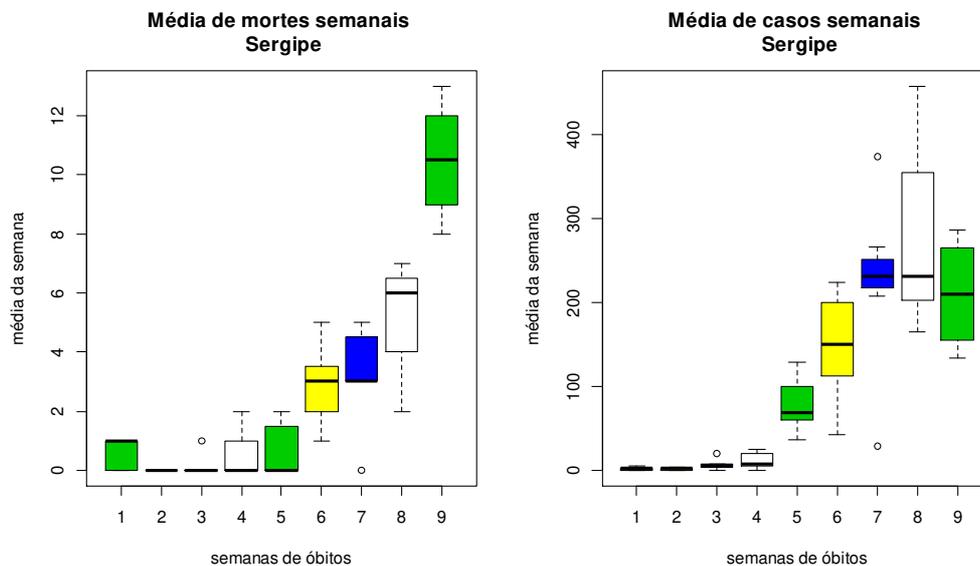
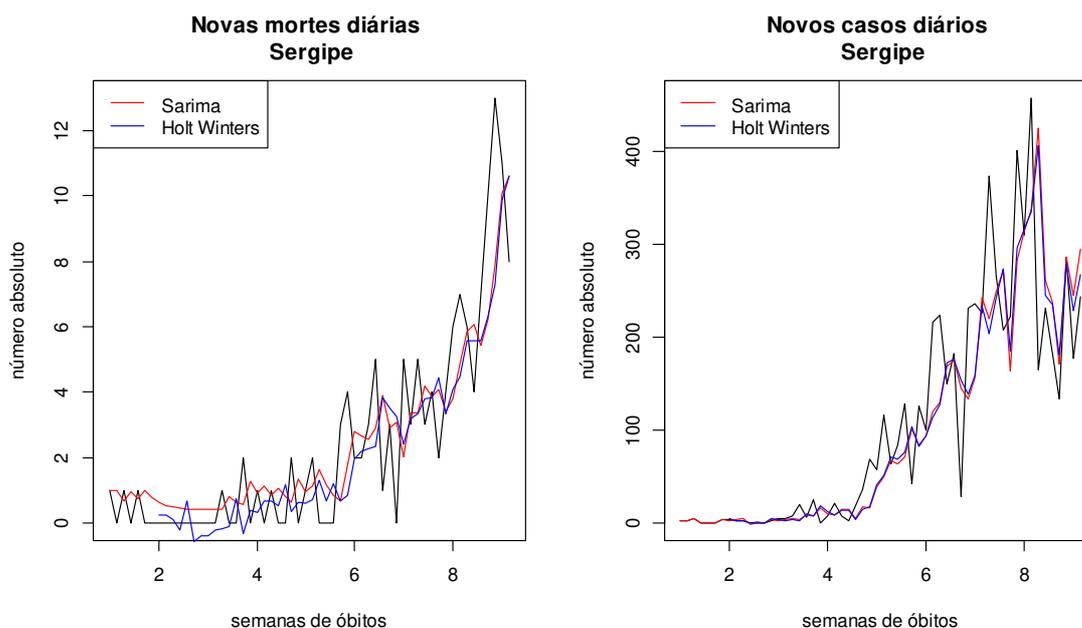


Gráfico 14. Box Plot, para casos e mortes semanais em Sergipe.

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. A bondade de ajuste desta modelagem permite realizar previsões futuras, e neste caso em particular realizamos projeção para os próximos três dias, apresentadas 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 |
| 29/05/2020 | 192    | 9      | 177          | 10     |
| 30/05/2020 | 183    | 9      | 174          | 10     |
| 31/05/2020 | 160    | 10     | 158          | 11     |



## Conclusões

1. As conclusões das primeiras notas estão mantidas no avanço do COVID-19 no Brasil e Sergipe.
2. Dois dias após do fechamento da terceira nota, a OMS declarou a america latina como o epicentro mundial da COVID-19, hoje o Brasil é o epicentro.
3. Brasil nestes 4 últimos dias ultrapassou ao Estados Unidos em número de casos novos e em número de mortes novas.
4. Embora entre a semana passada e esta ter caído a letalidade para 6,1%, este indicador é considerado o mais alto a nível mundial.
5. Os casos novos indicam que o Brasil ainda mantém seu crescimento potencial, com média de 128 000 casos e 6 700 mortos semanais.
6. A projeção para 80 até a curva descer, ou talvez se manter, indicam que está por vir um caminho ainda mais desgastante para o setor da saúde, entrando obrigatoriamente ao colapso hospitalar.
7. No âmbito regional, Sergipe tem mostrado protagonismo duplicando rapidamente em uma semana seus casos e mortes.

8. A Letalidade no estado de Sergipe teve aumento diário nesta última semana.

## **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. <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.
-