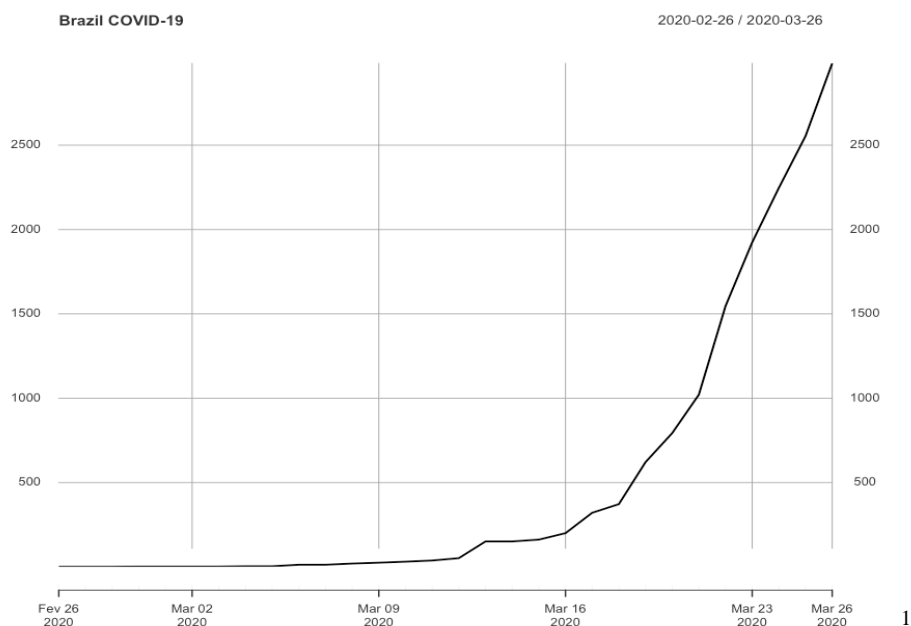


Previsão da evolução dos casos de COVID-19 no Brasil para o período de 27/março a 02/abril

O LEGOS trata o problema de prever a evolução do total de casos confirmados de COVID-19 no Brasil. Para chegar aos resultados que serão apresentados a seguir utilizamos a série histórica nacional que disponibilizadas pela Universidade Johns Hopkins Whiting School of Engineering na plataforma github (c.f. <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>). Esta série histórica é apresentada na tabela e figura abaixo.

Data	Casos confirmados	Data	Casos confirmados	Data	Casos confirmados
26/02/2020	1	07/03/2020	13	18/03/2020	372
27/02/2020	1	08/03/2020	20	19/03/2020	621
28/02/2020	1	09/03/2020	25	20/03/2020	793
29/02/2020	2	10/03/2020	31	21/03/2020	1021
01/03/2020	2	11/03/2020	38	22/03/2020	1546
02/03/2020	2	12/03/2020	52	23/03/2020	1924
03/03/2020	2	13/03/2020	151	24/03/2020	2247
04/03/2020	4	14/03/2020	151	25/03/2020	2554
05/03/2020	4	15/03/2020	162	26/03/2020	2985
05/03/2020	4	16/03/2020	200	27/03/2020	?
06/03/2020	13	17/03/2020	321	28/03/2020	?



¹ Gráfico interativo disponível em: <https://rpubs.com/LEGOS/590551>

Observando a figura acima podemos perceber que no Brasil segue comportamento não linear. Entretanto, se separarmos este gráfico em 4 momentos diferentes podemos observar que:

1. Dia 22/02 ao 12/03 segue um “comportamento linear”;
2. Dia 13/03 ao 14/03 a quantidade de pacientes confirmados não muda (nos dois dias os dados há o mesmo valor de 151 casos);
3. Dia 15/03 ao 16/03 segue um “comportamento exponencial”;
4. Dia 17/03 até 26/03 segue um “comportamento linear” novamente, mas bem maior que o observado no período de 22/02 ao 12/03.

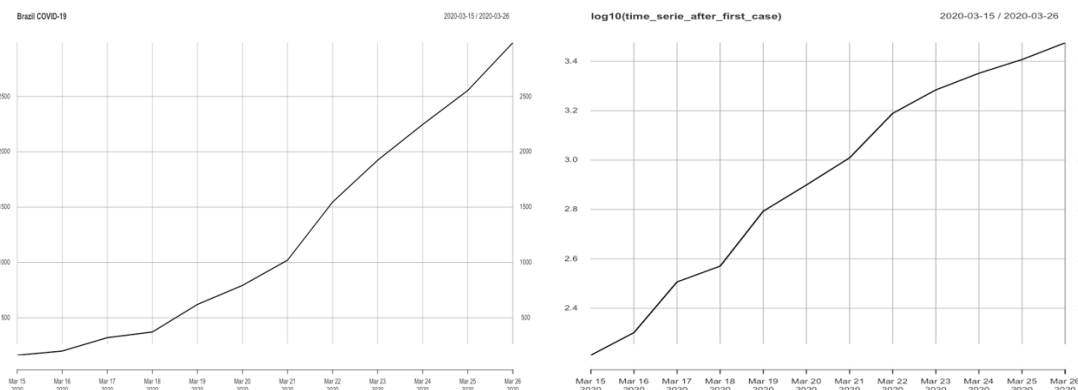
Assim, para reproduzirmos o comportamento esperado para a próxima semana consideraremos que a base histórica útil à nossa série se inicia no dia 15/03 (quando o total de casos confirmados de pacientes com COVID-19 ultrapassa 160) e perdura até o momento.

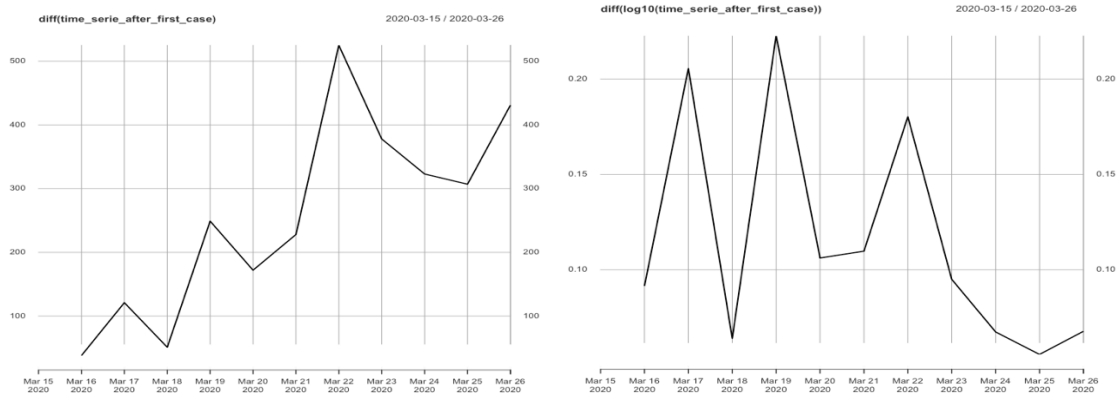
Modelos de previsão

Para estimarmos o total de casos de pacientes com COVID-19 confirmados no horizonte de 7 dias a frente (até 02/04) utilizamos modelos univariados consagrados da literatura e regressões apresentados abaixo:

- 1) Modelos de suavização exponencial (ETS);
- 2) Modelos auto regressivos integrados de média móvel (ARIMA);
- 3) Regressão Linear (RL);

Nenhum dos 3 modelos apresentados acima foi concebido para tratar de séries temporais de comportamento explosivo (como é o nosso caso). Entretanto, podemos realizar algumas transformações na série original apresentada para que a série transformada atenda às condições de “contorno” das técnicas apresentadas acima. Neste sentido, as principais formas comumente utilizadas em séries temporais são: diferenciação e transformação logarítmica (elas também podem ser combinadas). Nas figuras abaixo são apresentadas a série original e cada série transformada (logarítmica, diferenciada e logarítmica-diferenciada) de casos confirmados no Brasil.

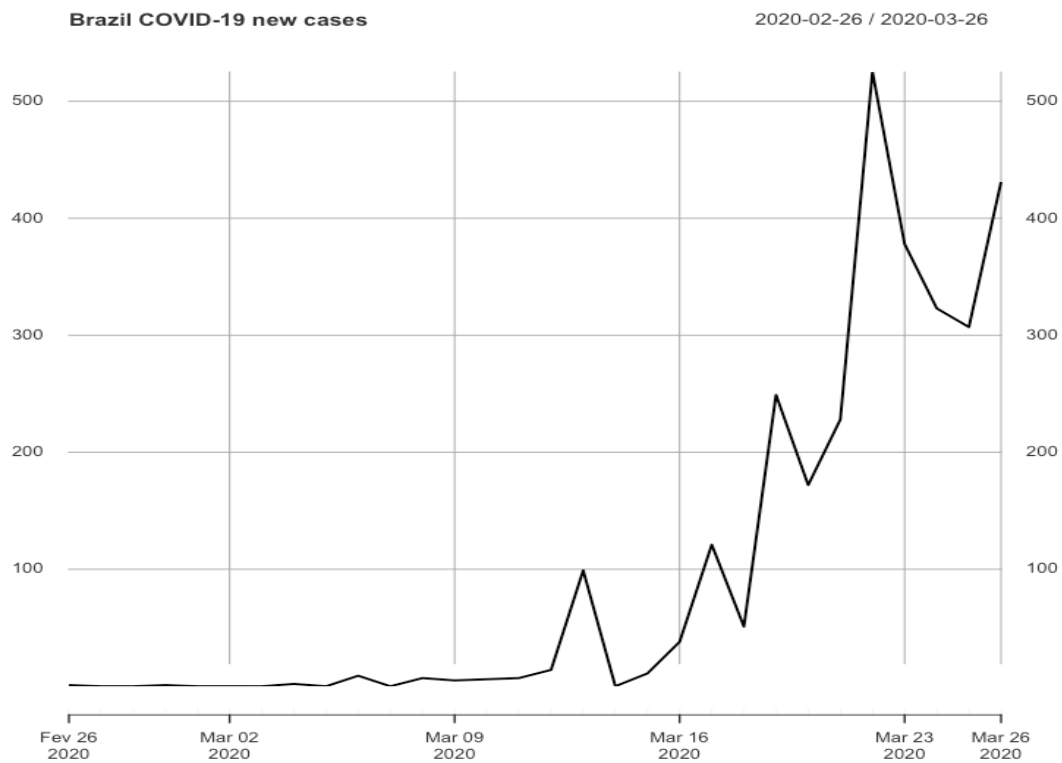




Como o objetivo de trabalhar sobre a série mais estacionária possível (ainda que com tendência) trabalharemos sobre as duas séries que melhor apresentam este comportamento. A partir deste ponto chamaremos as séries escolhidas para prever o total de casos confirmados de série original (SO) e a série “logaritimizada” (SL) e apresentaremos abaixo características observadas de cada modelo e cada série.

- 1) ETS na série original (ETS SO): não capturou o padrão de crescimento e se manteve constante ao longo do tempo;
- 2) ETS na série logaritimizada (ETS SL): capturou o padrão de crescimento linear;
- 3) ARIMA na série original (ARIMA SO): capturou o padrão de crescimento linear;
- 4) ARIMA na série logaritimizada (ARIMA SL): capturou o padrão de crescimento explosivo;
- 5) Regressão linear na série logaritimizada (RL SO): capturou o padrão de crescimento linear;
- 6) Regressão linear na série logaritimizada (RL SL): capturou o padrão de crescimento explosivo;

Vale ressaltar, no entanto, o comportamento curioso apresentado no terceiro gráfico que demonstrou picos nos dias 17, 19, e 22 de março. No gráfico abaixo podemos observar que o mesmo pico ocorreu também no dia 13 de março. Como são poucos casos de pico observados na série histórica diferenciada (ou, no caso, quantidade de casos a cada dia), não daremos nenhum tratamento especial a este fator. Entretanto, se estes picos continuarem será necessário fazê-lo para alcançar estimativas mais próximas dos valores observados (dados oficiais reportados pelo Ministério da Saúde do Brasil à Organização Mundial da Saúde).



As previsões otimista, esperada e pessimista de acordo com cada modelo são apresentados nas tabelas abaixo.

CENÁRIO OTIMISTA	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
27/03/2020	2214	3323	2767	3084	3546	4474
28/03/2020	1856	3640	3028	3281	4447	5888
29/03/2020	1552	3931	3287	3416	5627	7747
30/03/2020	1268	4202	3547	3503	7153	10187
31/03/2020	991	4453	3805	3551	9121	13393
01/04/2020	715	4688	4063	3564	11654	17601
02/04/2020	436	4906	4321	3548	14915	23125

CENÁRIO ESPERADO	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
27/03/2020	2985	3416	2967	3389	3890	5058
28/03/2020	2985	3847	3235	3743	5070	6687
29/03/2020	2985	4278	3502	4134	6608	8839
30/03/2020	2985	4709	3769	4567	8612	11683
31/03/2020	2985	5140	4037	5044	11224	15443
01/04/2020	2985	5571	4304	5571	14628	20414
02/04/2020	2985	6002	4572	6154	19064	26984

² Gráfico interativo disponível em: <https://rpubs.com/LEGOS/590551>

CENÁRIO PESSIMISTA	ETS SO	ARIMA SO	RL SO	ETS SL	ARIMA SL	RL SL
27/03/2020	3756	3509	3167	3723	4269	5720
28/03/2020	4114	4054	3441	4270	5781	7593
29/03/2020	4418	4625	3716	5003	7760	10084
30/03/2020	4702	5216	3992	5953	10368	13398
31/03/2020	4979	5827	4269	7165	13811	17808
01/04/2020	5255	6454	4545	8709	18360	23676
02/04/2020	5534	7098	4823	10674	24368	31487

Conforme comentado anteriormente, podemos descartar a priori os modelos ETS SO porque não foram capazes de capturar o crescimento que devemos prever. Assim, analisaremos apenas os resultados dos modelos ARIMA SO, ETS SL, ARIMA SL e RL SL. Para selecionarmos qual modelo deveríamos usar para estimar a quantidade total de casos esperados para os próximos 7 dias utilizamos os seguintes critérios:

- 1) Teste de normalidade dos resíduos.
 - a. ARIMA SO: p-valor = 0,6431. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - b. RL SO: p-valor = 0,9168. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - c. ETS SL: p-valor = 0,204. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - d. ARIMA SL: p-valor = 0,04321. Ao nível de significância de 5% devemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
 - e. RL SL: p-valor = 0,7331. Não podemos rejeitar a hipótese nula de normalidade.
- 2) Teste de autocorrelação dos resíduos (ACF). O modelo RL SO apresentou auto correlação dos resíduos nos lags 1 e 5 e foi descartada. As demais séries não apresentaram auto correlação.
- 3) Menor média percentual absoluta do erro (MAPE) e menor erro quadrático médio (RMSE) dentre os modelos aprovados pelos critérios anteriores. No caso, entre ARIMA SO, ETS SL e RL SL.

MODELOS	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
ETS SO	-236,58	283,65	236,58	-29,76	29,76
ARIMA SO	-32,75	125,34	93,6	-6,73	12,54
RL SO	0	221,99	187,1	-36,17	83,39
ETS SL	96,45	196,68	136,74	2,79	10,25
ARIMA SL	61,93	183,86	130,7	-0,86	10,46
RL SL	34,9	289,44	177,14	-0,92	12,08

Na tabela acima observa-se que o modelo ARIMA SO atende ao critério de menor MAPE, ETS SL atende ao critério menor RMSE e ARIMA SL é a segunda colocada em ambos os critérios. Entretanto, com o objetivo de prover apenas uma previsão, combinamos os modelos ARIMA SO e ETS SL considerando: o menor valor entre estas séries, a cada dia, para estimar a previsão otimista, o valor médio entre ambas para estimar o valor

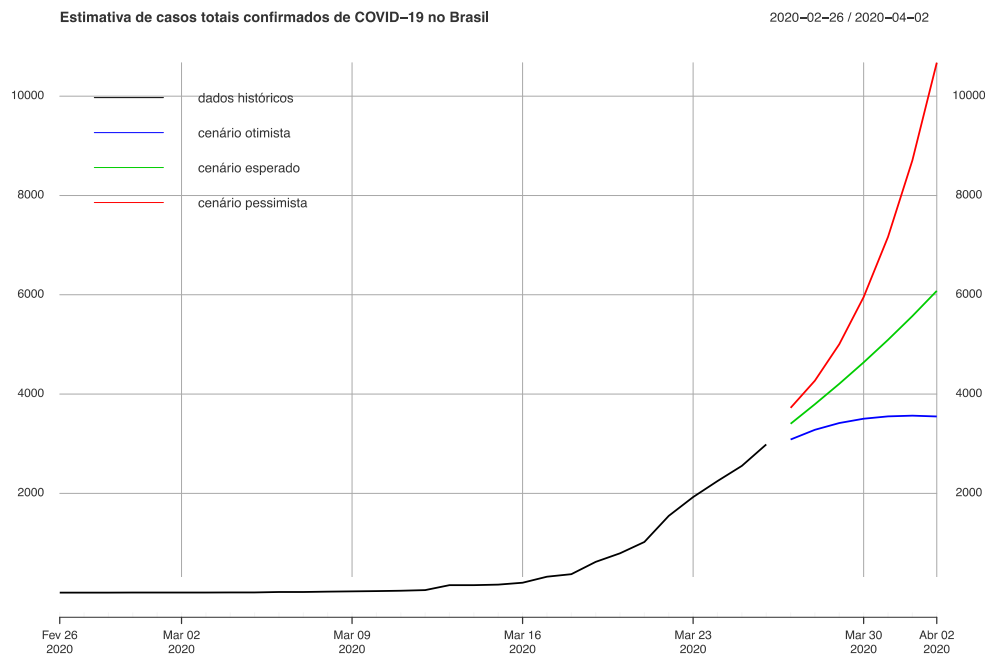
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj

esperado por dia e o maior valor, a cada dia, entre elas para estimar a previsão pessimista. Assim, os próximos valores esperados de quantidade de casos confirmados de COVID-19 no Brasil em cada cenário são apresentados na figura e tabela abaixo.



DIAS	CENÁRIO OTIMISTA	CENÁRIO ESPERADO	CENÁRIO PESSIMISTA
27/03/2020	3084	3402	3723
28/03/2020	3281	3795	4270
29/03/2020	3416	4206	5003
30/03/2020	3503	4638	5953
31/03/2020	3551	5092	7165
01/04/2020	3564	5571	8709
02/04/2020	3548	6078	10674

Autor:

Daniel Assad

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0258423859812498>

Coordenação do LEGOS|UERJ

Profa Thaís Spiegel, DSc. | thais@eng.uerj.br

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8880192361495671>

Nota técnica divulgada em 27 de março de 2020.

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E GESTÃO EM SAÚDE

www.legos.uerj.br | Contato: legos@eng.uerj.br

Acompanhe o LEGOS também no

Instagram @legos.uerj | Facebook @legosaude | LinkedIn legos-uerj