Nota Técnica 4 – 21/03/2020

Projeção de casos de infecção por COVID-19 no Brasil até 30 de março de 2020

Amanda Batista[1]; Bianca Antunes[1]; Guilherme Faveret[1]; Igor Peres[1]; Janaina Marchesi[2]; Leila Dantas[1]; Leonardo Bastos[1]; Soraida Aguilar[1]; Otavio Ranzani[3,4]; Fernanda Baião[1]; Paula Maçaira[1]; Silvio Hamacher[1,2]; Renata Carnevale[5]; Fernando Bozza[6,7]

[1]Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Brasil
[2]Instituto Tecgraf, PUC-Rio, Brasil
[3]Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal) - Barcelona, Espanha
[4]Divisão de Pneumologia, InCor, Hospital das Clínicas FMUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
[5]Secretaria de Estado de Saúde do Rio de janeiro, SES RJ, Brasil
[6]Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino - Rio de Janeiro (RJ), Brasil
[7]Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Introdução

Em nossa primeira Nota Técnica (NT1), divulgada em 16 de março de 2020, apresentamos predições para a evolução do número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro para o período de 11 dias (de 16/03/2020 a 26/03/2020).

Entre 16/03/2020 e 20/03/2020 (data com dados disponíveis até o momento da publicação desta Nota), o número de casos confirmados no Brasil aumentou de 234 para 904, representando um crescimento de 286%. Durante esse período, algumas medidas de contenção foram determinadas em nível municipal, estadual e nacional, visando frear o crescimento da epidemia no Brasil. O estado do Rio de Janeiro foi o primeiro a adotar ações de mitigação, como a suspensão das aulas, cancelamento de eventos e o isolamento domiciliar. Outros estados já seguiram este exemplo e impuseram medidas que visam o isolamento e a contenção da transmissão do vírus. Porém, ao verificar o comportamento de outros países, vimos que o impacto dessas medidas pode demorar até duas semanas para ser observado (conforme analisado na Nota Técnica 3).

Portanto, torna-se essencial acompanhar a evolução do número de casos e atualizar as projeções já realizadas, para melhores decisões em relação ao dimensionamento dos recursos necessários, tais como: o número de leitos (cuja projeção da demanda apresentamos na Nota Técnica 2), a alocação de profissionais de saúde ou inclusive a imposição de novas medidas de contenção.

Esta Nota Técnica (NT4) tem os seguintes objetivos:

(1) Comparar a predição anteriormente divulgada na NT1 com os resultados já concretizados (16/03/2020 - 20/03/2020)

(2) Avaliar a evolução da epidemia no Brasil e nos demais países entre o Dia 0 (11 de março de 2020, dia em que o país registrou seu 50º caso) e o Dia 9 (20 de março de 2020)

(3) Atualizar a projeção para os próximos 10 dias, de 21/03/2020 até 30/03/2020, com a mesma metodologia e a mesma "cesta" de países da NT1

Metodologia

A abordagem utilizada é a mesma metodologia aplicada na NT1: a projeção de casos confirmados de infecção por COVID-19 no Brasil e nos estados de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) é feita em função das taxas de crescimento dos casos que ocorreram em uma "cesta" de países (Irã, Itália, Coreia do Sul, Espanha, França, Alemanha, China, EUA).

Os resultados desta NT4 conferem possíveis valores do número de casos de infecção por COVID-19 no Brasil a partir dos cenários "otimista", "mediano" e "pessimista", baseados nas estatísticas (quartis 1, 2 e 3) obtidas dos países da "cesta". Os cenários também foram projetados para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Resultados

Esta seção será dividida em três partes. No primeiro momento, comparamos as projeções apresentadas na NT1, de 16/03/2020, com os resultados observados entre os dias 16/03/2020 e 20/03/2020 (últimos 5 dias). Em seguida, mostramos como está a evolução do número de casos confirmados de COVID-19 no Brasil em relação a outros países, isto é, como foi a progressão de casos entre o Brasil e os demais países até o Dia 9 (21 de março). Posteriormente, foi analisado como os países da "cesta" se comportaram até o D 30 (sendo D0 o dia que alcançaram 50 pacientes, no mínimo), investigando qualitativamente as consequências das medidas de contenção tomadas até o presente momento. Por fim, atualizamos a projeção de casos para os próximos 10 dias (de 21/03/2020 até 30/03/2020) para o Brasil e para os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Comparação entre a projeção feita na NT1 e os valores observados até 20/03/2020

Nota-se que os números de casos projetados na NT1 estão próximos dos valores observados (de acordo com dados do Ministério da Saúde) 16/03/2020 e 20/03/2020 (Figura 1). Além disso, o comportamento da curva de crescimento está muito similar ao cenário otimista: até o momento (20/03/2020), o crescimento parece estar ocorrendo de maneira mais suave do que era esperado.

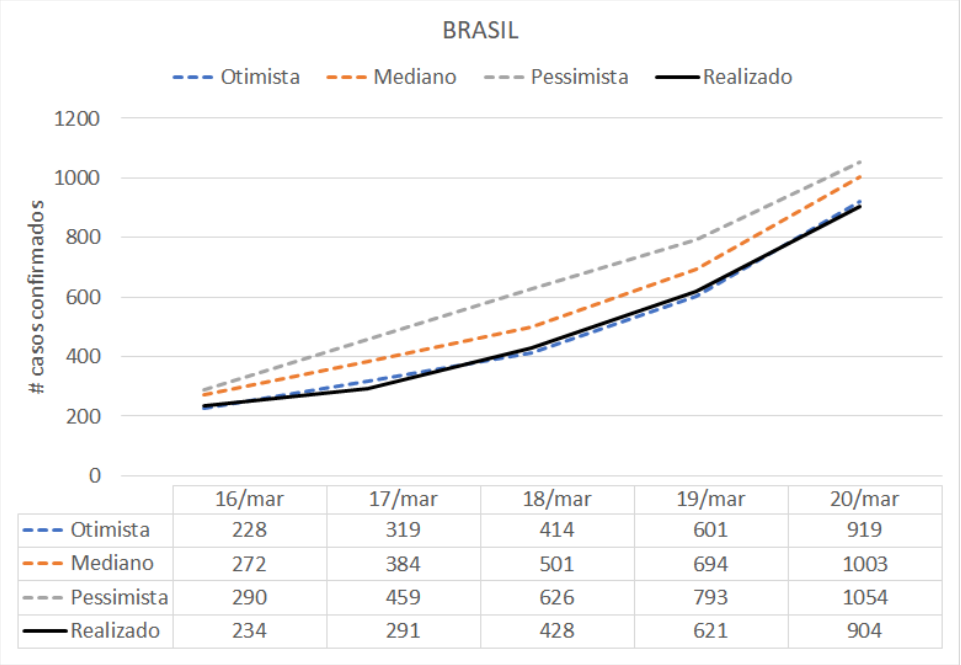
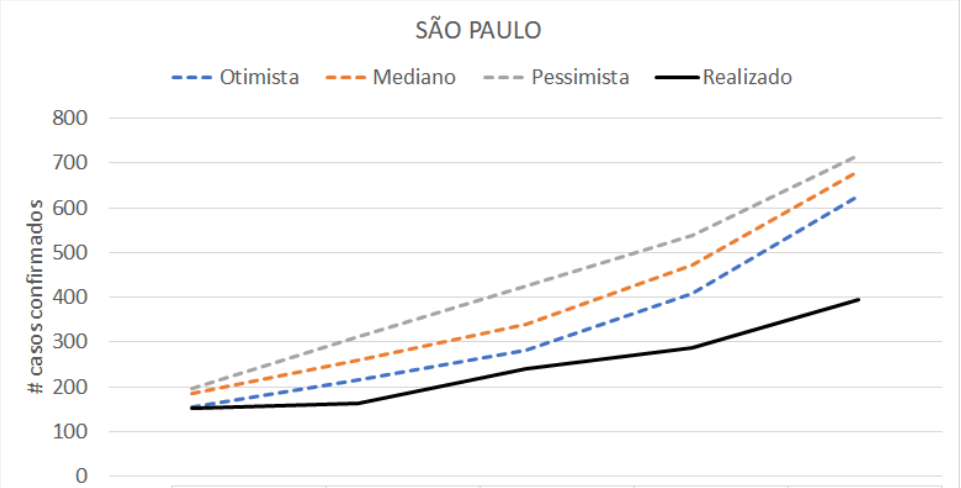


Figura 1. Comparação entre os resultados projetados na NT1 e observados para o Brasil entre 16/03/2020 e 20/03/2020

Fonte dos valores realizados: Ministério da Saúde obtidos em https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil

Ao se analisar o estado de São Paulo (Figura 2), percebe-se que o total de casos observados está abaixo dos valores da predição otimista da NT1. Isto pode indicar que, enquanto o Estado de São Paulo representou inicialmente grande parte do total de casos notificados para o Brasil, outros estados estão começando a contribuir significativamente, em um ritmo ainda maior que o de SP. Portanto, observa-se que o estado de SP, em 20/03/2020, encontra-se com a evolução de crescimento abaixo do previsto, o que pode indicar baixo nível de testagem, subnotificação ou atraso na notificação dos casos.

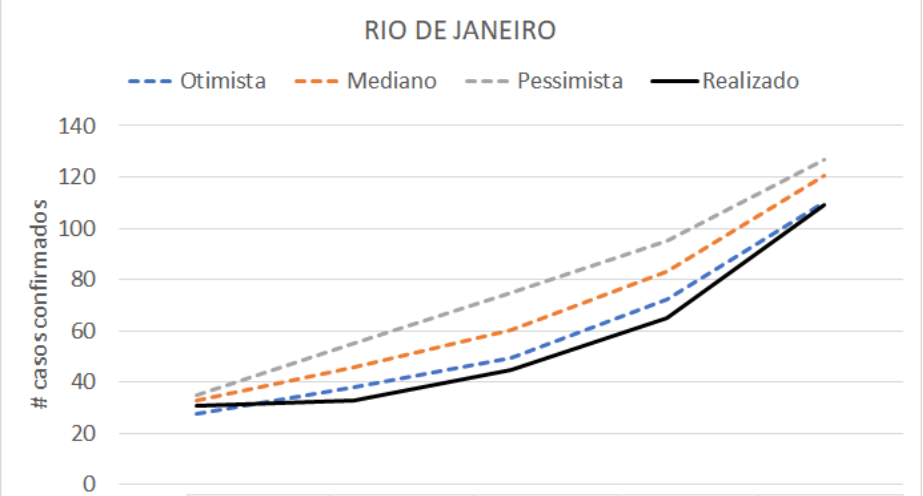


	16/mar	17/mar	18/mar	19/mar	20/mar
Otimista	155	217	281	409	625
Mediano	185	261	341	472	682
Pessimista	197	312	425	539	717
Realizado	152	164	240	286	396

Figura 2. Comparação entre os resultados projetados na NT1 e observados para o estado de São Paulo entre 16/03/2020 e 20/03/2020

Fonte dos valores realizados: Ministério da Saúde obtidos em https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil

A Figura 3 compara o que foi projetado pela NT1 para o estado do Rio de Janeiro e os casos observados. Nota-se uma evolução similar ao que está ocorrendo no Brasil, com o número de casos próximo do cenário otimista traçado anteriormente, o que também denota um crescimento aparentemente controlado no RJ até 20/03/2020. Todavia, não se pode descartar subnotificação, baixos níveis de testagens e de confirmação de casos.



	16/mar	17/mar	18/mar	19/mar	20/mar
Otimista	27	38	50	72	110
Mediano	33	46	60	83	120
Pessimista	35	55	75	95	127
Realizado	31	33	45	65	109

Figura 3. Comparação entre os resultados previstos na NT1 e observados para o Estado do Rio de Janeiro entre 16/03/2020 e 20/03/2020

Fonte dos valores realizados: Ministério da Saúde obtidos em https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil

No dia 16/03/2020, Rio de Janeiro e São Paulo, juntos, representavam 78% dos casos totais do Brasil. Já em 20/03/2020, estes dois estados representaram apenas 55%. Com isso, verifica-se que os demais estados estão contribuindo de forma mais expressiva na proporção do número de casos de COVID-19 no país.

A evolução da epidemia no Brasil e nos demais países entre o Dia 0 e o Dia 9

A Figura 4 mostra a evolução do total de casos confirmados no Brasil e nos demais países até o Dia 9 em escala aritmética. No caso do Brasil, o Dia 0 ocorreu em 11/03/2020, sendo Dia 9 o dia 20/03/2020. Já para os demais países o Dia 0 aconteceu em:

País	China	Coreia do Sul	Irã	Itália	Espanha	Alemanha	França	EUA
Dia 0	22/jan	20/fev	24/fev	22/fev	01/mar	29/fev	28/fev	24/fev

Tabela 1. Data do dia considerado como D0 para cada um dos países da "cesta". Fonte: World Health Organization, dados providos pela John Hopkings University em https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19

Percebe-se que o início da epidemia teve um crescimento mais acentuado na China (exceto Hubei), o primeiro país a registrar infecções pela COVID-19. A Coreia do Sul e o Irã também apresentaram crescimento acentuado de casos confirmados entre o Dia 0 e o Dia 9. Além disso, a curva de crescimento de casos confirmados no Brasil está abaixo de todos os países, com exceção dos EUA.

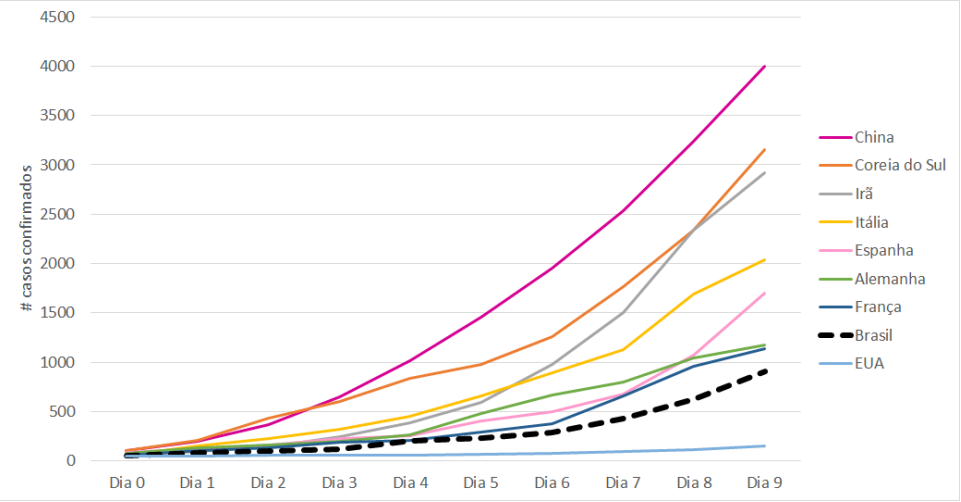


Figura 4. Comparação dos 9 primeiros dias de crescimento da epidemia de COVID-19 no Brasil com outros países (a partir do dia que registrou o 50º caso), em escala aritmética.
Fonte: Ministério da Saúde obtidos em https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil e World Health Organization, dados providos pela John Hopkings University em https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19

No entanto, ao considerarmos as taxas de crescimento em escala logarítmica, é possível perceber que o Brasil ainda apresenta tendência de crescimento, enquanto alguns outros países já demonstravam uma redução na taxa de crescimento dos casos, como representado pela Figura 5.

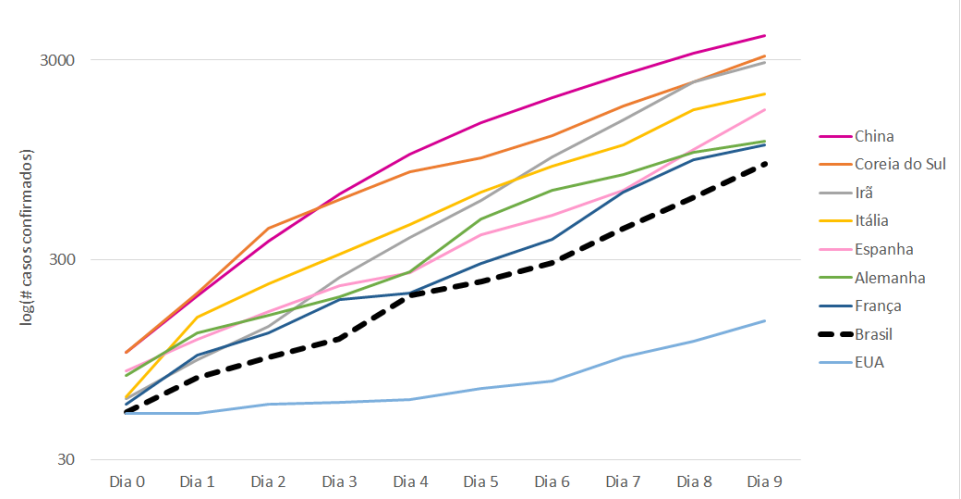


Figura 5. Comparação dos 9 primeiros dias de crescimento da epidemia de COVID-19 no Brasil com outros países (a partir do dia que registrou o 50º caso), em escala logarítmica.
Fonte: Ministério da Saúde obtidos em https://www.kaggle.com/unanimad/corona-virus-brazil e World Health Organization, dados providos pela John Hopkings University em https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19

A evolução da epidemia nos demais países entre Dia 10 e Dia 19

Na Figura 6, vemos a evolução da curva de crescimento do total de casos confirmados, de cada país, a partir do dia 10 até o dia 30. Percebe-se que a China e a Coreia do Sul deixam de ser os países com crescimentos mais acentuados nesse período, o que mostra que as medidas de contenção adotadas logo no início da epidemia (regime de quarentena em todas as suas regiões e proibição da entrada e saída da cidade de Wuhan, no caso da China; proibição de entrada de passageiros vindos de Hubei e recomendação de isolamento para a população, no caso da Coreia do Sul) foram capazes de frear o crescimento após duas semanas de sua adoção, como reportado na Nota Técnica 3 (NT3).

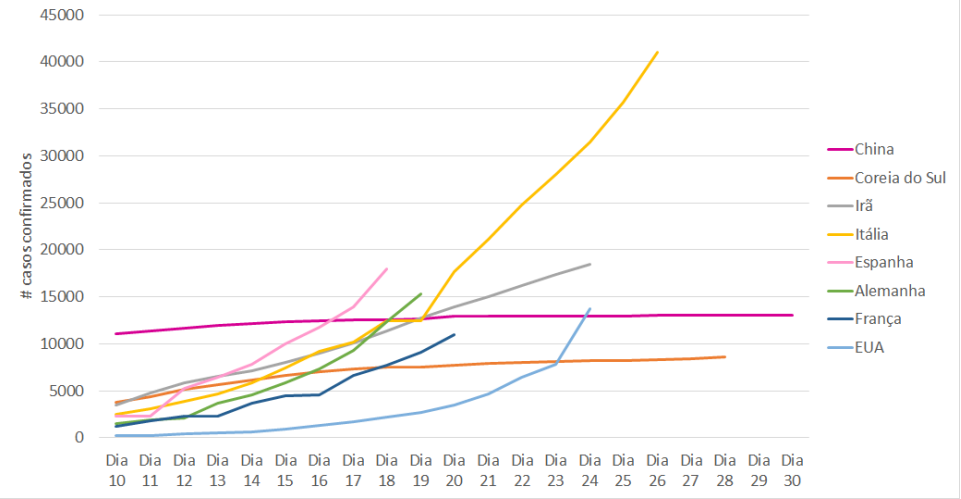


Figura 6. Número total de casos de COVID-19 confirmados entre D10 e D30 nos países analisados (a partir do dia que registrou o 50º caso). Fonte: World Health Organization, dados providos pela John Hopkings University em https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19

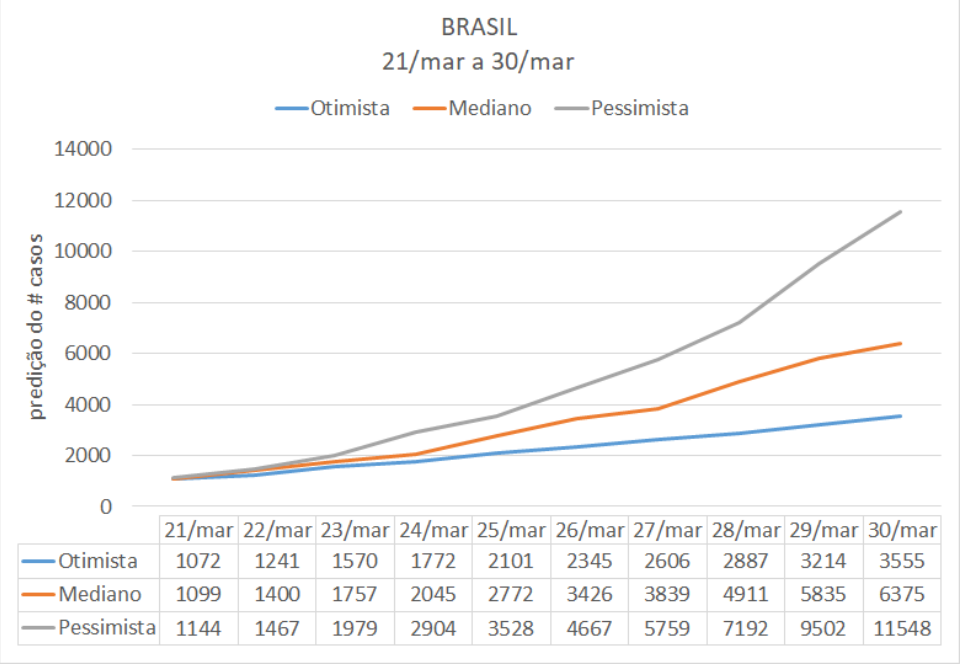
Em contraponto, nota-se que Espanha, Itália, Alemanha, França e EUA apresentaram curvas com crescimentos mais acentuados nesse período, o que pode ser um reflexo da demora na

implantação de medidas de contenção por esses países. Cita-se como exemplos a província de Bérgamo e de Madrid: a primeira tomou medidas de contenção 11 dias após a detecção do 40º caso, a segunda o fez somente 7 dias após atingir os primeiros 50 casos.

Conforme se evidenciou na NT3, a análise da curva de cada país fornece indícios de que as medidas de contenção tem sido efetivas na redução das taxas de crescimento destes países, seja de forma preventiva ou prontamente empregadas pela China e pela Coréia do Sul, especialmente após 1 a 2 semanas de sua aplicação.

Projeção do total de casos confirmados para os próximos 10 dias (21/03/2020 a 30/03/2020)

A Figura 7 expõe a predição do número de casos de COVID-19 no Brasil para 10 dias à frente (21/03/2020 a 30/03/2020), de acordo com as taxas de crescimento observadas nos países da "cesta". Apresentam-se cenários do número predito de casos confirmados no Brasil, considerando que a evolução da epidemia aqui irá reproduzir a evolução observada na "cesta" de países que foram analisados. Os cenários correspondem aos comportamentos projetados para o 1º quartil (cenário otimista), 2º quartil (cenário mediano) e 3º quartil (cenário pessimista).

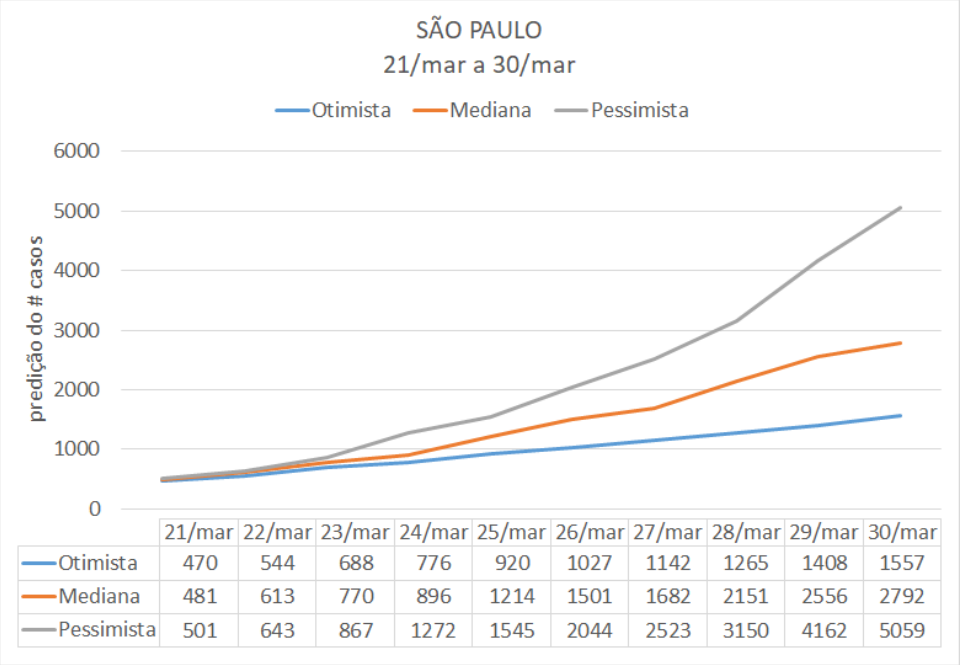


	21/mar	22/mar	23/mar	24/mar	25/mar	26/mar	27/mar	28/mar	29/mar	30/mar
Otimista	1072	1241	1570	1772	2101	2345	2606	2887	3214	3555
Mediano	1099	1400	1757	2045	2772	3426	3839	4911	5835	6375
Pessimista	1144	1467	1979	2904	3528	4667	5759	7192	9502	11548

Figura 7. Predição do número de casos de COVID-19 no Brasil de 21/03/2020 a 30/03/2020 (cenário otimista, mediano e pessimista).

A projeção para o dia 30/03/2020 é de 6375 casos de COVID-19 confirmados no Brasil (Figura 7), podendo variar entre 3555 casos (cenário otimista) e 11548 casos (cenário pessimista). As medidas de contenção e isolamento social, uma vez implementadas, ainda requerem um tempo razoável para começar a influenciar na desaceleração da taxa de crescimento do número de casos confirmados (cerca de uma ou duas semanas, pelo que se observou em outros países).

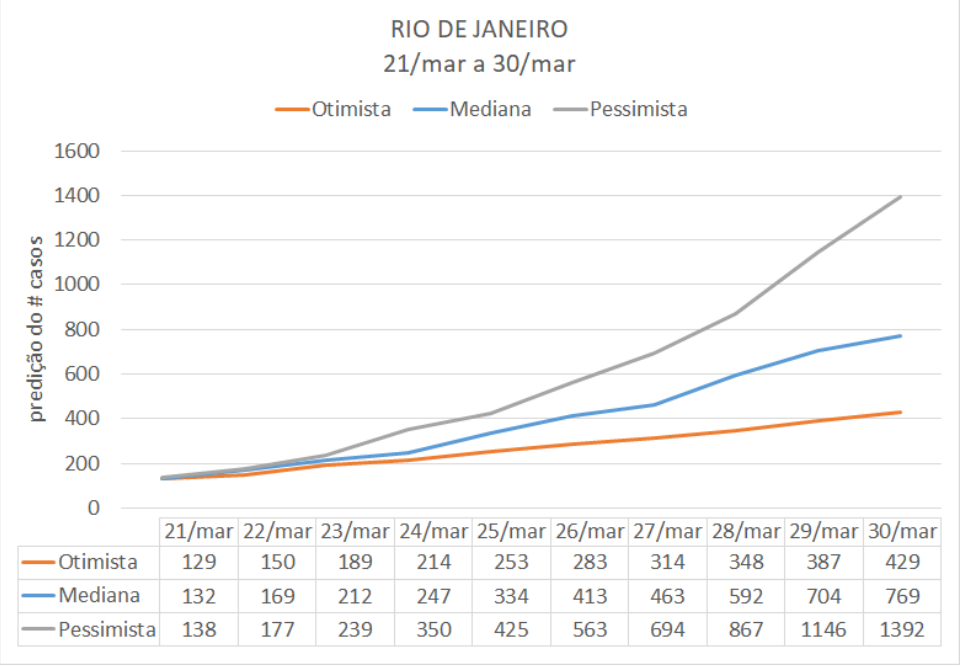
Na projeção para o estado de São Paulo (Figura 8), verifica-se um aumento significativo conforme os dias avançam, onde espera-se um total de 2792 casos no dia 30/03/2020, podendo variar entre 1557 e 5059 casos. Adicionalmente, há uma contribuição de aproximadamente 43% das notificações no Brasil que tem como origem o estado de São Paulo.



	21/mar	22/mar	23/mar	24/mar	25/mar	26/mar	27/mar	28/mar	29/mar	30/mar
Otimista	470	544	688	776	920	1027	1142	1265	1408	1557
Mediana	481	613	770	896	1214	1501	1682	2151	2556	2792
Pessimista	501	643	867	1272	1545	2044	2523	3150	4162	5059

Figura 8. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado de São Paulo de 21/03/2020 a 30/03/2020 com cenários pessimista, mediano e otimista.

Para o estado do Rio de Janeiro (Figura 9), espera-se um total de 769 casos confirmados de COVID-19 no dia 30/03/2020 em todo o estado, podendo variar entre 429 e 1392 (Figura 9). Destaca-se que, pelas projeções do cenário mediano, há um crescimento de 482% no intervalo de 10 dias, sem levar em consideração o possível efeito atenuante pela adoção da política de contenção, realizada rapidamente pelo Estado do Rio de Janeiro.



	21/mar	22/mar	23/mar	24/mar	25/mar	26/mar	27/mar	28/mar	29/mar	30/mar
Otimista	129	150	189	214	253	283	314	348	387	429
Mediana	132	169	212	247	334	413	463	592	704	769
Pessimista	138	177	239	350	425	563	694	867	1146	1392

Figura 9. Predição do número de casos de COVID-19 no Estado do Rio de Janeiro de 21/03/2020 a 30/03/2020 (cenário pessimista, mediano e otimista).

Conclusão

Essa Nota Técnica teve como objetivo analisar as predições anteriores do total de casos confirmados de COVID-19 no Brasil, SP e RJ (NT1), discutir o comportamento do Brasil comparado com outros países e fazer novas projeções para os próximos 10 dias (21/03/2020 a 30/03/2020).

A partir das novas projeções, espera-se um crescimento exponencial da doença COVID-19 no país nos próximos dias, mesmo que em escala menor que nos outros países analisados. Havia um total de 904 casos em 20/03/2020, podendo chegar a 6375 casos em apenas 10 dias (30/03/2020), isto para o cenário mediano. Se o crescimento se mantiver dentro do cenário otimista, espera-se uma curva menos acentuada, atingindo um total de 3555 casos. Entretanto, caso as medidas de contenção não sejam eficazes (ou a população deixe de respeitar as mesmas), pode-se chegar a um total de 11548 casos (cenário pessimista).

Nota-se que as projeções feitas na Nota Técnica (NT1) foram bem próximas aos resultados observados, especialmente do cenário otimista (para o Brasil e para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo), o que ajuda na validação das nossas projeções.

Ainda, apontamos para oportunidades de aprimoramento da metodologia adotada, em função da disponibilidade de dados históricos para o Brasil, da alta variação das taxas de crescimento observadas nos países analisados, tornando necessário experimentar com outras "cestas" de países.

No que tange ao comportamento do Brasil frente aos outros países, o total de casos confirmados apresentou uma taxa de crescimento menor do que a de outros países analisados. Não acreditamos que este menor crescimento se deva às medidas de contenção que foram adotadas, uma vez que o período ainda seria curto para observar efeitos dessas medidas. Acreditamos que a subnotificação, um baixo volume de testagem e a demora nos resultados dos testes confirmatórios, possam ter afetado os valores reportados pelo Ministério da Saúde e pelas Secretarias Estaduais, de forma a estarem abaixo do que eles são na realidade.

Vale ressaltar ainda que nossas análises e gráficos foram ajustados para o dia em que cada país completou (ou excedeu) 50 casos. É importante fazer este ajuste uma vez que o comportamento da epidemia só pode ser comparado entre países, a partir do mesmo ponto de evolução.

As análises e previsões aqui divulgadas representam as opiniões dos autores envolvidos no estudo e não necessariamente das instituições as quais são associados.