

A dinâmica da Covid-19 no Brasil e em São Paulo: demografia, número básico de reprodução e o efeito do distanciamento social

Renato H.L. Pedrosa

Versão: 08/05/2020¹

Departamento de Política Científica e Tecnológica
Instituto de Geociências
Universidade Estadual de Campinas
pedrosa@unicamp.br

Resumo

Esta nota apresenta estimativas relacionadas à dinâmica de crescimento da Covid-19 nas capitais brasileiras e nas principais cidades do estado de São Paulo, seguindo modelos desenvolvidos em (1). Os modelos permitem estimar quanto seria a taxa inicial de crescimento de casos da Covid-19, que denominamos taxa de crescimento livre da doença, na ausência de medidas, formais ou informais, de distanciamento social e de práticas individuais, como de higiene, uso de máscaras e outras, que colaboram para atenuar a transmissão do vírus. Utilizando dados reais de crescimento da doença em São Paulo, capital e estado, estimamos o quanto as medidas de distanciamento social adotadas até o final de abril impactaram o número de reprodução e a taxa de crescimento de casos nesses locais. Os resultados indicam que ainda não se obteve a necessária atenuação do contágio para conter a doença. Mantendo-se a atenuação no nível do final de abril, o sistema de saúde pública do estado de São Paulo poderá entrar em colapso, mesmo antes do final do mês de maio, exigindo-se o aumento do nível de isolamento de forma urgente.

O modelo e seus resultados

O estudo (ref. 1) levou em conta variáveis climáticas, temperatura e umidade absoluta, a linha do tempo da instalação da doença (data em que país/região atingiu o 100º caso) e densidade populacional². Foram analisados os dados dos 50 estados dos EUA e de 110 países, incluindo o Brasil, com dados suficientes para o cálculo da taxa inicial de expansão da doença, até 10 de abril de 2020. Os resultados apresentados permitem estimar a taxa de atenuação do contágio necessária para controlar a doença, em função da densidade populacional das cidades.

Algumas definições relevantes:

Taxa exponencial diária de crescimento: uma doença infecciosa contagiosa, em livre curso, apresenta uma curva de evolução de casos que segue a função exponencial, na forma

$$N = N_0 * e^{k*t}, \quad (\text{Eq. 1})$$

¹ Data deste preprint, que ainda não passou pela revisão de pares.

² Nos modelos desenvolvidos, utiliza-se o valor do logaritmo natural da densidade populacional, como é prática usual no emprego dessa variável em estudos em outras áreas das ciências da saúde, nas ciências econômicas e demais ciências sociais.

onde N_0 é o número de casos no primeiro dia considerado, k é a taxa exponencial diária de crescimento e t é o tempo, no caso, o dia em que se calcula N . O dia inicial corresponde a $t = 0$, em seguida os dias são enumerados: 1, 2, 3,³

Número básico de reprodução – R_0 : é o número médio de pessoas para quem uma pessoa infectada e contagiosa transmite a doença, no período em que está em estado contagioso e não está hospitalizada. Depende de forma quadrática de k (ref. 2) com coeficientes dados pelas características da doença, determinados empiricamente (ref. 3).

Atenuação da reprodução para extinção da doença: de quanto é necessário reduzir o número básico de reprodução para que se obtenha R_0 abaixo de 1,0, quando o número de casos irá se reduzir ao longo do tempo e se extinguir (dado por $[1-1/R_0] * 100$, em %).

Sobre esse último conceito, é importante observar que ele não coincide com a taxa de distanciamento social requerida para extinguir a doença, pois há fatores que atenuam o contágio e que não são relacionados com distanciamento social, como práticas de higiene pessoal, não colocar as mãos nos olhos, na boca ou no nariz, usar máscaras e outras. O fator mais importante para se atingir o nível de atenuação expresso nas tabelas abaixo é o do distanciamento social, mas trataremos do efeito do uso de máscaras na discussão sobre os dados e nas estimativas da taxa de isolamento necessária para extinção da doença.

Os principais resultados do estudo (ref. 1) são:

1. Nos modelos em que são incluídas as variáveis de densidade populacional e/ou da linha do tempo, as que correspondem ao clima, temperatura e umidade absoluta, perdem relevância estatística para determinar a taxa inicial de crescimento da doença.
2. Os únicos modelos multivariados com todas as variáveis estatisticamente significativas são os que envolveram apenas as variáveis de densidade populacional e da linha do tempo (data em que região atingiu o 100º caso).
3. Mesmo considerando as variáveis climáticas isoladamente, os resultados são conflitantes: no caso dos modelos para o grupo dos 110 países, quanto maiores os valores de temperatura ou de umidade relativa, menores as taxas diárias de crescimento no número de casos; no caso do grupo dos estados dos EUA, deu-se o inverso: quanto mais altos os valores das variáveis climáticas, maiores também as taxas diárias de crescimento dos casos de Covid-19.

Esses resultados já mostram que não se pode assumir que o clima teria influência significativa no desenvolvimento da doença, mas os modelos envolvendo as demais variáveis, discutidos a seguir, mostram que, de fato, as variáveis climáticas são irrelevantes para os níveis de contágio da pandemia.

4. Quanto mais cedo ocorreu o 100º caso da doença, maior a taxa inicial de crescimento da doença, calculada para os 10 dias iniciados quando o 100º caso foi atingido. Esse efeito foi descontado para a estimativa da taxa livre, que é apresentada nas tabelas. O ponto é que essa variável pode ser vista como aquela que carrega o efeito das medidas crescentes de isolamento social e outras que reduzem a taxa de reprodução da Covid-19.

³ Para a estimativa de crescimento inicial, tanto para países (incluindo o Brasil), como para os estados dos EUA, o valor de k no estudo (ref. 1) foi estimado pela melhor curva exponencial ajustada (via regressão log-linear) à curva real de casos, para os 10 dias iniciados quando se atingiu o 100º caso.

5. Quanto maior a densidade demográfica dos condados mais relevantes para a expansão nos estados dos EUA, maior a taxa diária inicial de crescimento do número de casos.
6. Após o desconto do efeito da linha do tempo, ajustando-se o valor da taxa de crescimento diário, que passa a ser livre do efeito das medidas crescentes de isolamento social e outras, ainda permanece o efeito da densidade populacional. Esse efeito foi utilizado para se estimarem as taxas de crescimento diário nas tabelas a seguir, a partir da densidade populacional, para as cidades brasileiras.

Tendo em vista o apresentado acima, os argumentos que são levantados para tratar o caso brasileiro como diferente daqueles de países da Europa ou de outros do hemisfério norte, em função de diferenças climáticas, não são válidos. Os números a serem apresentados indicam que as diversas regiões e estados do Brasil, incluindo São Paulo, não estão nem perto de atingirem os níveis necessários de distanciamento social para que a doença passe a regredir, ou mesmo para manter níveis razoáveis de crescimento que evitem o colapso dos sistemas de saúde.

Aplicação do modelo a cidades brasileiras

Antes de aplicar os resultados da ref. 1 para cidades brasileiras, é importante observar que os mesmos podem sofrer de limitações na sua aplicabilidade nesse caso, pois há diferenças entre os modelos urbanos dos dois países, principalmente nas cidades médias e pequenas, assim como nas práticas de convívio social. No entanto, os valores das taxas iniciais de crescimento da Covid-19 do Brasil e dos Estados Unidos, medidas empiricamente (valor de k , ver definição acima), são muito próximas: 0,291 para os Estados Unidos e 0,307 para o Brasil (sem descontar práticas iniciais de distanciamento, que serão descontadas abaixo). As taxas para as maiores cidades dos EUA e do Brasil também são semelhantes. Portanto, mesmo que possa haver diferenças, e a pesquisa em curso para o caso dos estados brasileiros verificará se são necessários ajustes, cremos que as estimativas a serem apresentadas estão próximas dos valores que se seguirão a uma análise completa do caso brasileiro. Dada a urgência do tema, já que está em pauta o relaxamento das políticas de distanciamento social no país, assim como em outros países, decidimos colocar os números resultantes da aplicação dos modelos já desenvolvidos ao caso das cidades brasileiras para conhecimento público.

A Tabela 1 apresenta os dados e estimativas para as capitais das unidades federadas. Observa-se que as taxas de atenuação total requeridas para extinguir a doença estão sempre acima de 75%, e atingem 84% para as cidades de maior densidade populacional. A última coluna mostra como números de reprodução relativamente próximos afetam de forma significativa o número de casos após 30 dias, iniciando-se com apenas 1 caso. Os valores ali apresentados são apenas exemplares, para indicar o que seria o crescimento da doença em curso livre. Não representam casos reais, pois sempre há atenuação do contágio à medida que a doença se espalha, em função de mudanças de atitudes no convívio social, de práticas de higiene pessoal e de medidas de distanciamento social adotadas gradativamente por governos. Se, para Porto Velho estima-se que haveria 3,1 mil casos, para Fortaleza e São Paulo esse número chegaria a 180 mil casos. Nesta estimativa, não foi levado em conta o número de habitantes das cidades, assumindo-se que não há queda na taxa de reprodução em função de falta de pessoas que possam ser infectadas.

Os valores para o número básico de reprodução da Covid-19 que foram estimados e estão nas tabelas abaixo estão em acordo com os valores encontrados pelos estudos sobre o início da doença na China que utilizaram os períodos de maior expansão, entre 12 e 23 de janeiro, antes das medidas de *lockdown* estabelecidas em Wuhan (ref. 4). Ali foi estimado um valor central de 5,7,

com intervalo entre 4,7 e 6,6. Apenas para as capitais com baixa densidade populacional, o valor de R_0 está abaixo do limite inferior de 4,7, como estimado naquele trabalho.

Do estudo (ref. 1), o valor de k para o Brasil, calculado diretamente da curva de crescimento (Eq. 1) nos primeiros 10 dias a partir da data quando o Brasil atingiu 100 casos (15/03⁴), foi de 0,307. Ajustando-se esse valor pela estimativa do efeito da data inicial, seguindo o modelo da Tabela 2 da ref. 1, o valor passa a 0,419, que está muito próximo dos valores para as principais cidades na Tabela 1 acima, São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza, Recife e Belo Horizonte, cujos estados responderam por cerca de 70% dos casos iniciais para o Brasil. Também dos dados da curva real de crescimento para o estado de São Paulo, obtém-se o valor de $k = 0,311$, que, ajustado pelo efeito da data inicial, fornece taxa exponencial diária livre de 0.397, que é bastante próxima do valor que está na Tabela 1.

Tabela 1 – Densidade populacional, taxa exponencial diária de crescimento livre da Covid-19, número básico de reprodução, atenuação total da taxa de reprodução necessária para extinção da doença, número de dias para dobrar o número de casos e casos após 30 dias, como referência, iniciando-se com 1 caso, sem restrição populacional. Capitais das unidades federadas, Brasil. Fontes: Refs. 1, 2, 3 e IBGE (Censo 2010).

Município	Densidade populacional (hab/km ²)	Taxa exponencial diária livre (k)	Número básico de reprodução (R_0)	Atenuação total da reprodução para extinção (%)	Dias para dobrar número de casos	Casos após 30 dias como referência (t=0: 1 caso)
Fortaleza	7.786	0,404	5,98	84	1,72	182.623
São Paulo	7.398	0,403	5,96	84	1,72	176.769
Belo Horizonte	7.167	0,402	5,95	84	1,72	173.231
Recife	7.040	0,402	5,94	84	1,73	171.268
Rio de Janeiro	5.267	0,396	5,84	83	1,75	142.354
Natal	4.805	0,394	5,80	83	1,76	134.264
Curitiba	4.027	0,390	5,74	83	1,78	119.969
Salvador	3.859	0,389	5,73	83	1,78	116.755
Guarulhos	3.835	0,389	5,72	83	1,78	116.292
João Pessoa	3.421	0,386	5,68	83	1,79	108.126
Vitória	3.338	0,386	5,67	83	1,80	106.447
Aracaju	3.140	0,385	5,65	83	1,80	102.378
Porto Alegre	2.838	0,382	5,62	83	1,81	95.988
Maceió	1.854	0,373	5,47	82	1,86	73.177
Goiânia	1.777	0,372	5,45	82	1,86	71.225
Belém	1.315	0,366	5,35	82	1,89	58.789
São Luís	1.216	0,364	5,32	82	1,90	55.929
Florianópolis	624	0,350	5,09	81	1,98	36.557
Teresina	585	0,349	5,07	81	1,99	35.084
Brasília	444	0,343	4,98	80	2,02	29.429
Manaus	158	0,321	4,64	79	2,16	15.233
Cuiabá	158	0,321	4,64	79	2,16	15.233
Palmas	103	0,312	4,50	78	2,22	11.598
Campo Grande	97	0,311	4,48	78	2,23	11.162
Macapá	62	0,301	4,34	77	2,30	8.392
Boa Vista	50	0,297	4,28	77	2,34	7.317
Rio Branco	38	0,291	4,19	77	2,38	6.143
Porto Velho	13	0,268	3,87	75	2,59	3.101

⁴ Os dados coletados do European Centre for Disease Control (ECDC), utilizados no estudo (ref. 1), são defasados de um dia após o informe do Ministério da Saúde, que registrou o 100º caso no Brasil no dia 14/3.

As estimativas para o Brasil e para São Paulo feitas a partir das suas curvas de crescimento se originam dos dados empíricos ajustados pela data inicial. Os dados para as cidades da Tabela 1, deriva do modelo que prevê o valor de k em função da densidade populacional, construído a partir da análise dos estados dos EUA. Portanto, de fontes independentes de dados, através de diferentes modelos, o que colabora para a validação das estimativas apresentadas nessa tabela e na Tab. 3.

A atenuação total da infecção para o Brasil como um todo, para extinguir a doença, a partir de $k=0,419$, seria de 84%, o mesmo valor que para Fortaleza, São Paulo, Belo Horizonte e Recife. Entenda-se que extinguir a doença, neste caso, não significa que se ao atingir esse nível de redução da taxa de contágio (R_0), que a transmissão cessaria. Resultaria apenas em que o número de novos casos diários passaria a cair, gradativamente, até se extinguir. A velocidade da queda e o tempo em que não haveria mais contágio depende de quanto maior for a atenuação, acima do valor de atenuação fornecido pela tabela.

Os números de atenuação apresentados na tabela se referem à atenuação total, que incluem o efeito de outras medidas, além do isolamento social propriamente dito. A principal medida a ser incluída para uma análise mais realista é a do uso de máscaras, que passou a ser obrigatório no estado de São Paulo a partir de 07/05. As estimativas para o efeito do uso de máscaras dependem da eficiência da máscara e da cobertura de uso. Para uma cobertura de 80% das pessoas usando máscaras de média eficiência (50%), estima-se que o número de reprodução seria reduzido em 60%, que seria o mesmo para cobertura de 100% com máscara de eficiência de 40%; mas, para a mesma cobertura (80%), utilizando-se máscaras de baixa eficiência (25%), a redução seria de 30% (ref. 5, Fig. 2)⁵.

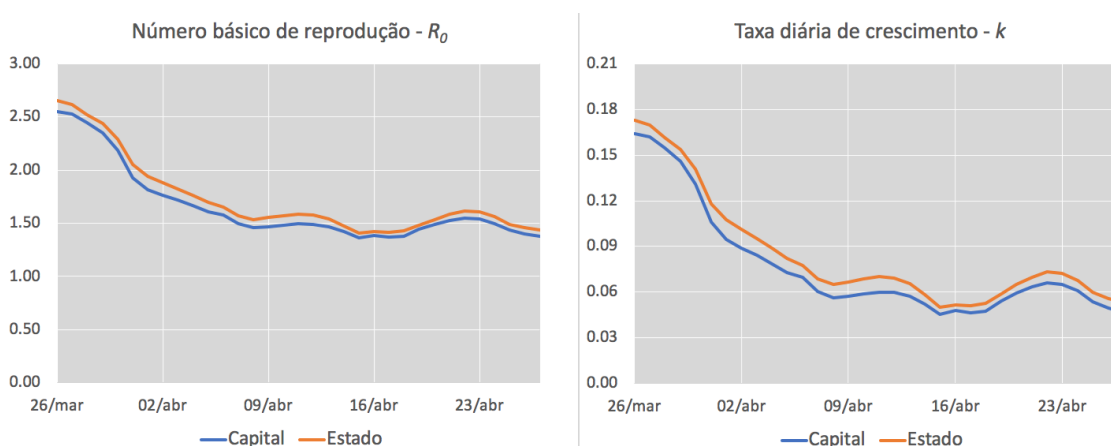
No entanto, mesmo considerando-se que o uso de máscaras reduziria em parte o quanto de isolamento social seria necessário para atingir o nível de atenuação necessário para controlar a transmissão da doença, não é possível estimar de forma segura de quanto seria essa redução, pois os estudos até o momento mostram uma grande variação dos efeitos do isolamento social sobre a trajetória da doença (ref. 6). Este estudo mostra que nos países que adotaram altos índices de isolamento social, alguns instituindo o isolamento completo (*lockdown*), houve queda significativa no número de reprodução (R_0), tipicamente atenuando 50% desse valor, mas, em alguns casos, atenuando mais de 80% do contágio, levando à situação de redução gradativa do número de casos, que, se mantido, levaria à extinção da doença (ver caso do Reino Unido abaixo).

Portanto, as duas políticas são relevantes, o isolamento social e o uso obrigatório de máscaras, como vêm propondo os governos do estado e da prefeitura da capital. Mas é extremamente urgente que o nível de isolamento seja ampliado imediatamente, antes de meados de maio, no caso de São Paulo, já que a taxa de isolamento vem caindo, após atingir um valor máximo de 59% em alguns dias de abril, estando, no dia 09/05 em 46% (ref. 7). Para entender a necessidade de se ampliar o isolamento social na cidade e no estado de São Paulo, os gráficos da Fig. 1 mostram como evoluíram a taxa de crescimento diário (k) e o número básico de reprodução (R_0) da Covid-19, do final de março até o início de maio⁶, para o estado e para a cidade de São Paulo.

⁵ Na ref. 5, são avaliadas as eficiências de diversos modelos de máscaras. Máscaras feitas em casa, de tecido, variam muito em eficiência, dependendo do material, de praticamente 0 a 60%. Máscaras cirúrgicas e N95, possuem alto grau de eficiência. Utilizamos os valores de 50% e 25% por estarem nos níveis esperados para máscaras a que as pessoas têm acesso.

⁶ Como o cálculo utiliza uma janela móvel de 10 dias, o dado para 27 de abril emprega o número de casos de 27 de abril até 06 de maio, portanto, os gráficos, de fato, cobrem o período de 26 de março até 06 de maio.

Figura 1 – Número básico de reprodução e taxa diária de crescimento de casos de Covid-19 para São Paulo, estado e capital, 26/03 a 27/04 (ver nota 6). Cálculo usando janela móvel de 10 dias com melhor ajuste de curva exponencial. Valores marcados na data inicial da janela móvel. Fontes: Fundação Seade, estimativas do autor.



Observe-se que, desde 07/abril, os dois valores oscilaram pouco, mostrando que, nesse período, a atenuação da transmissão devido ao isolamento estava praticamente constante, como seria previsto em função da também relativamente constante taxa de isolamento social, em torno de 56% na cidade, e 54% no estado como um todo (ref. 7). Nas três semanas entre aquela data e o dia 27 de abril, os valores médios para R_0 foram de 1,52 para o estado e de 1,45 para a cidade de São Paulo. Assim, até o final de abril, no estado e na capital, cada 100 pessoas infecciosas contaminavam cerca de 150 outras pessoas. Esses valores para R_0 indicam uma atenuação em relação aos valores de R_0 constantes na Tab. 1 (5,98 para a cidade, 5,85 estimado para o estado) de cerca de 75%, faltando ainda atenuar mais 9 pontos percentuais para atingir os 84% necessários para controlar a doença (Tab. 1, coluna 5), e valor semelhantes para o estado. Parece pouco, mas como veremos abaixo (Tab. 2), números de reprodução em torno de 1,5 ainda representam crescimento significativo no número de novos casos a cada dia.

Passando às projeções, a Tabela 2 mostra como seria a evolução de novos casos diários para a capital e para o estado de São Paulo, se forem mantidos os valores de R_0 como estimados até o final de abril, de 1,45 para a cidade e 1,52 para o estado. Essas projeções têm grande chance de estarem subestimadas, pois o nível de isolamento vem caindo e, nos dias 05-09/maio, esteve sempre abaixo de 50% para o estado e para a capital (ref. 7), que implicaria em aumento dos valores de R_0 ao longo do mês de maio. Mesmo assim, os valores projetados na Tab. 2 indicam que ainda em maio, o sistema público de saúde da Região Metropolitana deve se esgotar, já que, em 25/04, quando o número de novos casos diários na cidade de São Paulo estava em torno de 500, a ocupação dos leitos de UTI na rede pública da RMSP estava perto de 80% (ref. 8).

Tabela 2 – Projeções do número de novos casos diários, em data escolhidas, 12/maio a 30/junho, São Paulo, capital e estado. $R_0 = 1,52$ para estado e 1,45 para capital. Fontes: Fundação Seade, estimativas do autor.

	12/mai	19/mai	26/mai	02/jun	09/jun	16/jun	23/jun	30/jun
Capital	1.752	2.586	3.817	5.634	8.317	12.277	18.122	26.751
Estado	3.340	5.175	8.018	12.422	19.245	29.817	46.197	71.574

Portanto, é urgente que se amplie o nível de isolamento, provavelmente acima de 65%, para que o crescimento da doença nas próximas semanas, a partir de 12/maio, seja contido, mesmo considerando-se o efeito da obrigatoriedade do uso de máscaras. Se isso não for conseguido, São

Paulo terá que adotar medidas mais drásticas de contenção, como o *lockdown*, ou seja, o isolamento total obrigatório, como ocorreu na Itália e na França, caso contrário estaremos numa situação insustentável, tanto na capital como no estado como um todo.

É importante observar também que a Região Metropolitana da capital engloba várias outras cidades de alta densidade populacional, que apresentam números de reprodução próximos daquele de São Paulo, como mostra a Tab. 3, ou mesmo mais altos, como Diadema, Carapicuíba e Osasco. Portanto, para uma região com mais de 21 milhões de habitantes, a situação poderá se tornar ainda mais grave, se medidas que levem ao aumento do isolamento falharem, em prazo muito curto.

Tabela 3 – Densidade populacional, taxa exponencial diária de crescimento livre da Covid-19, número básico de reprodução, atenuação total necessária para extinção da doença, número de dias para dobrar o número de casos e casos após 30 dias, sem restrição populacional, como referência, iniciando-se com 1 caso. 20 cidades mais populosas de São Paulo. Fontes: Refs. 1, 2, 3 e IBGE (Censo 2010).

Município	Densidade populacional (hab/km ²)	Taxa exponencial diária livre (<i>k</i>)	Número básico de reprodução (<i>R</i> ₀)	Atenuação total da reprodução para extinção (%)	Dias para dobrar número de casos	Casos após 30 dias para referência (t=0: 1 caso)
Diadema	12.537	0,414	6,15	84	1,67	247.401
Carapicuíba	10.698	0,411	6,10	84	1,69	223.613
Osasco	10.265	0,410	6,08	84	1,69	217.802
Mauá	6.741	0,401	5,93	83	1,73	166.596
Itaquaquecetuba	3.895	0,389	5,73	83	1,78	117.448
Santo André	3.848	0,389	5,73	83	1,78	116.543
Guarulhos	3.835	0,389	5,72	83	1,78	116.292
S. Vicente	2.248	0,377	5,53	82	1,84	82.739
S. Bernardo do Campo	1.869	0,374	5,47	82	1,86	73.554
Campinas	1.359	0,367	5,36	82	1,89	60.036
Sorocaba	1.304	0,366	5,35	82	1,89	58.475
S. José do Rio Preto	945	0,359	5,23	81	1,93	47.626
Ribeirão Preto	929	0,359	5,23	81	1,93	47.111
Jundiaí	858	0,357	5,20	81	1,94	44.783
S. José dos Campos	573	0,348	5,06	81	1,99	34.624
Mogi das Cruzes	544	0,347	5,05	81	2,00	33.496
Franca	526	0,347	5,04	81	2,00	32.786
Franca	526	0,347	5,04	81	2,00	32.786
Bauru	515	0,346	5,03	81	2,00	32.347
Piracicaba	264	0,332	4,81	80	2,09	21.129

O caso do Reino Unido e uma proposta de critérios para o relaxamento do isolamento social

Como referência de como políticas de isolamento podem levar a um valor de *R*₀ abaixo de 1,0, quando a doença passa a apresentar tendência declinante no número de novos casos e acaba por se extinguir, o Reino Unido, que teve uma das taxas mais altas de crescimento da doença durante o mês de abril, atingindo mais de 200 mil casos e 30 mil mortes em 07/maio, apresenta, atualmente, 82% de taxa de isolamento físico, que vem mantendo *R*₀ significativamente abaixo de 1,0 em todas as regiões do país (ref. 9). Como observamos acima, além do distanciamento social, há outras medidas que contribuem para reduzir a taxa de contágio. Portanto, a atenuação total da taxa de reprodução no Reino Unido está acima dos 82% informados, que seriam consequência apenas da redução de mobilidade das pessoas. Utilizando-se o menor efeito do uso

de máscaras estimado acima, de 30% de redução da transmissibilidade da doença, a atenuação total do número básico de reprodução deve estar em pelo menos 88%. Na mesma apresentação onde foi informado o nível de isolamento da população, foram apresentados os critérios que devem ser satisfeitos para serem implementadas medidas de relaxamento das políticas atuais de distanciamento social no país:

1. *O Sistema Nacional de Saúde do Reino Unido ter capacidade para prover cuidado intensivo e tratamento especializado em todo o território do país.*
2. *Uma queda sustentada e consistente no número diário de mortes por Covid-19.*
3. *Dados confiáveis que mostrem que a taxa de infecções está caindo a níveis administráveis em todo o país.*
4. *Níveis de testes e de equipamentos de proteção individual suficientes para o presente e demanda futura.*
5. *Confiança de que qualquer ajuste nas medidas correntes não apresenta o risco de causar uma segunda onda de infecções que possa superar a capacidade do Sistema Nacional de Saúde.*

O Ministro das Relações Exteriores, que apresentou esses critérios, foi categórico ao afirmar que o “Reino Unido não adotará nenhuma medida que contrarie as recomendações que a ciência propõe para a luta contra a pandemia de Covid-19”. Também observou que, além de manter R_0 abaixo de 1,0, o critério para o sistema de saúde é de não se ultrapassar 75% de ocupação dos leitos de TI. Os 5 critérios apresentados acima nos parecem um conjunto adequado de exigências para políticas relacionadas ao isolamento social para países, estados e cidades.

Comentários finais

Os dados apresentados nessa nota podem ajudar o Brasil, São Paulo e demais estados a repensarem as atuais políticas de distanciamento social empregadas no controle da Covid-19, que não estão sendo suficientes para conter o desenvolvimento da pandemia. O Brasil já é um dos epicentros da doença no mundo, destoando da maioria dos países da Europa e da Ásia, que já estão na fase de redução do número de casos e mortes diárias, ou seja, com valores de R_0 abaixo de 1,0. Da mesma forma que no Brasil, está se iniciando nos Estados Unidos movimento pelo relaxamento nas medidas de distanciamento social, mesmo com os casos aumentando em vários estados daquele país. Apenas Nova Iorque, uma exceção, vem conseguindo diminuir o número de casos diariamente, ou seja, seu R_0 está abaixo de 1,0. No Brasil, São Paulo vinha conseguindo manter taxas relativamente altas de isolamento social, de até 59%, com medidas bastante duras de isolamento, que levaram a uma redução no crescimento de casos e mortes registradas diariamente, mas nunca a uma queda sistemática dos números, portanto ainda aquém do necessário para tal. Como vimos, o número de reprodução para São Paulo, estado e capital foi reduzido, através dessas medidas, ao valor de cerca de 1,5, mas esse valor, se mantido, levará ao colapso do sistema de saúde público em pouco tempo. O problema é que, devido a um precoce anúncio de possível relaxamento na política de isolamento pelo governo estadual e pelos constantes questionamentos das políticas de isolamento pelo governo federal, a taxa caiu abaixo de 50% ao longo da semana iniciada em 04/05, tornando, talvez, a adoção do *lockdown* inevitável na cidade e na RMSP e, eventualmente, em outras cidades do estado, em algum momento de maio.

Como observação final, reforçamos que os valores das estimativas apresentados nas Tabs. 1 e 3 utilizaram os valores centrais de estimativas do artigo original (ref. 1). Ali são apresentadas as margens de erro para as estimativas. Qualquer uso dos dados aqui apresentados para fins de

desenvolvimento de políticas relacionadas ao controle da Covid-19 deve ser continuamente verificado através da coleta e análise de dados confiáveis, como propõe o governo britânico, que informem como as medidas estão impactando a evolução da infecção, e comparar com as previsões de modelos, como o nosso, que sempre envolvem incertezas estatísticas. No entanto, as estimativas da evolução do número de casos apresentadas na Tab. 2, que derivam diretamente dos dados reais e que podem ser desenvolvidas para outras cidades, do estado e do país, indicam que é urgente adequar as políticas atuais, incluindo ampliação de medidas de isolamento social e a obrigação no uso de máscaras, que, se não forem bem-sucedidas, levarão à necessidade de estabelecer *lockdown* estrito, como foi empregado na Itália e em outros países.

Declaração do autor: não há interesses competitivos em relação a este trabalho.

Financiamento: o autor é financiado pelo projeto Fapesp N. 2019/20093.

Referências

1. Pedrosa, RHL (2020). The dynamics of Covid-19: weather, demographics and infection timeline. medXiv, doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.21.20074450>
2. Lipsitch, M, T Cohen, B Cooper, JM Robins, S Ma, L James, et al. Transmission Dynamics and Control of Severe Acute Respiratory Syndrome, Science (20 Jun 2003): Vol. 300, Issue 5627, pp. 1966-1970, DOI: 10.1126/science.1086616
<https://science.sciencemag.org/content/300/5627/1966>
3. Li, Q, M Med, X Guan, P Wu, X Wang, L Zhou et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. N Engl J Med 2020, 382:1199-1207, DOI: 10.1056/NEJMoa2001316
4. Sanche, S, YT Lin, C Xu, E Romero-Severson, N Hengartner, R Ke (2020). High contagiousness and rapid spread of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. Emerg Infect Dis, 2020/July. <https://doi.org/10.3201/eid2607.200282>
5. Eikenberry SE, M Mancuso, E Iboi, T Phan, K Eikenberry, Y Kuang, E Kostelich, AB Gumel. To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. <https://arxiv.org/pdf/2004.03251.pdf>
6. Flaxman, S, S Mishra, A Gandy, HJT Unwin, H Coupland, et al. Report 13: Estimating the number of infectious and the impact of non-pharmaceutical interventions on Covid-19 in 11 European countries. Imperial College Covid-19 Response Team, 30 March 2020. DOI: <https://doi.org/10.25561/77731> <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-Europe-estimates-and-NPI-impact-30-03-2020.pdf>
7. Governo do Estado de São Paulo – Covid-19 (Acesso 08/05/2020)
<https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/isolamento/>
8. Folha de São Paulo (25/04/2020) <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/04/grande-sao-paulo-tem-773-dos-leitos-de-uti-ocupados-diz-doria.shtml>
9. Governo do Reino Unido
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/883988/2020-05-07_COVID-19_Press_Conference_Slides.pdf