

ARTIGO ORIGINAL

Medidas de distanciamento social podem ter reduzido as mortes estimadas relacionadas à COVID-19 no Brasil

Social distancing measures may have reduced the estimated deaths related to COVID-19 in Brazil

Vitor E. Valenti¹, Pedro de Lemos Menezes², Ana Carolina Gonçalves de Abreu³, Gustavo Nakamura Alves Vieira⁴, David M. Garner⁵



¹Centro de Estudos do Sistema Nervoso Autônomo (CESNA), Universidade Estadual de São Paulo, UNESP, Marília, Brasil.

²Universidade de Ciências da Saúde de Alagoas e Centro Universitário CESMAC, AL, Brasil.

³Escola de Medicina. Faculdade Santa Maria, Cajazeiras, PB, Brasil.

⁴Instituto de Química, Universidade Estadual de Paulista, UNESP, Araraquara, Brasil

⁵Grupo de Pesquisa Cardiorrespiratória, Departamento de Ciências Biológicas e Médicas, Faculdade de Saúde e Ciências da Vida, Universidade de Oxford Brooks, Campus Headington, Gypsy Lane, Oxford, OX3 0BP, Reino Unido.

Autor correspondente
vitor.valenti@unesp.br

Manuscrito recebido: Setembro 2019
Manuscrito aceito: Janeiro 2020
Versão online: Maio 2020

Resumo

Introdução: O distanciamento social foi planejado como uma medida preventiva para controlar a disseminação extensiva da COVID-19. Nós analisamos as mortes relacionadas à COVID-19 no Brasil durante o período de medidas de distanciamento social. Os dados de mortalidade do COVID-19 foram obtidos no site da Worldometer (www.worldometer.info). As mortes foram estimadas até o 31º dia após a 5ª morte. O distanciamento social foi medido por meio dos relatórios de mobilidade comunitária COVID-19; Google (<https://www.google.com/covid19/mobility/>). As curvas epidêmicas brasileiras foram interligadas e os modelos matemáticos foram avaliados para se ajustarem às curvas de estimativa de mortalidade. O modelo otimista foi fundado no período de abertura da distância social e, portanto, na menor mobilidade (40-60%). O modelo realista foi calculado de acordo com medidas de distanciamento social relaxado (<40%) e o modelo pessimista foi calculado com base em R0 entre 2-3. Sob essa situação, o modelo matemático realista estimou 40.623 mortes em 9 de junho de 2020, enquanto o modelo pessimista antecipou 64.310 mortes e o modelo otimista projetou 31.384. Até hoje (24 de maio de 2020), um total de 22.965 foram relatadas, enquanto nosso modelo projetou 17.452 para o modelo otimista, 22.623 para o modelo realista e 32.825 para o modelo pessimista. Observamos movimento reduzido ao longo deste período. Em resumo, o modelo matemático sugere que a mobilidade reduzida da comunidade diminuiu o total estimado de mortes relacionadas à COVID-19 no Brasil. Enfatizamos que mais procedimentos metodológicos serão necessários para confirmar esta teoria.

Palavras-chave: Beta-coronavírus, Centros de Controle e Prevenção de Doenças (EUA), Coronavírus, Infecções por Coronavírus, Morte, Vírus SARS.

Suggested citation: Valenti VE, Menezes PL, de Abreu ACG, Alves Vieira GN, Garner DM. Social distancing measures could have reduced estimated deaths related to COVID-19 in Brazil . *J Hum Growth Dev.* 2020; 30(2):164-169.
DOI: <https://doi.org/10.7322/jhgd.v30.10360>

Síntese dos autores

Por que este estudo foi feito?

As medidas de distanciamento social são amplamente utilizadas como medidas não farmacológicas com melhor desempenho no achatamento da curva epidêmica da COVID-19. As intervenções não farmacológicas são medidas de saúde pública com alcance individual, ambiental e comunitário, abrangem o isolamento de casos, a quarentena aplicada a contatos, e a prática voluntária de não frequentar locais com aglomerações de pessoas. O modelo matemático colabora para medidas de intervenção no campo da saúde pública e devem ser amplamente utilizados no cotidiano dos gestores de saúde pública no Brasil e no mundo. Assim, essa pesquisa analisou se o distanciamento social obteve influência sobre o desfecho de mortes esperadas relacionadas à COVID-19.

O que os pesquisadores fizeram e encontraram?

Realizou-se uma projeção matemática sobre o número de desfecho com morte relacionados à COVID-19. As projeções matemáticas do modelo proposto projetaram a estimativa de 17.452 mortes para a hipótese otimista, com 22.623 mortes para o modelo realista e 32.825 mortes para o modelo pessimista. Até a data de 24 de maio de 2020, 22.965 mortes relacionadas à COVID-19 foram confirmadas.

O que essas descobertas significam?

A intervenção não farmacológica de distanciamento social é efetiva como medida de saúde pública com alcance individual, ambiental e comunitário, promovendo o isolamento de casos, diminuição de contato entre os indivíduos e redução no número de mortes relacionadas à COVID-19.

INTRODUÇÃO

A Doença do Coronavírus 2019 (COVID-19) causou uma recessão global nos sistemas econômicos e de saúde¹⁻³. É caracterizada como pandemia no Brasil e no mundo.

Em relatos divulgados pelo Imperial College (Inglaterra)⁴, observa-se a importância de intervenções não farmacológicas para controlar a atual pandemia. Além disso, achados de Dehning *et al*⁵ (na Alemanha) e Garcia e Duarte⁶ (no Brasil) corroboram para a hipótese de que o isolamento social é fundamental para o controle da doença, sendo medida não farmacológica e eficaz para diminuição da curva epidêmica hipotética referente a COVID-19.

Tais medidas têm impactos importantes nas atividades diárias, tanto na vida das pessoas e na sociedade de maneira geral, conforme relatado por Garcia e Duarte⁶. Há diversos efeitos dessa medida de isolamento social, como o aumento da violência doméstica para mulheres e crianças, pois essas populações ficam mais vulneráveis em seus domicílios e há perdas econômicas para pessoas, famílias, empresas e países⁶.

Destaca-se que o Brasil adotou o cenário de controle pandêmico utilizando o distanciamento social como uma das medidas sanitárias. Assim, estudos com modelos matemáticos são importantes para auxiliar os gestores públicos na tomada de decisões. Logo, o objetivo desse estudo é analisar os desfechos de mortes por COVID-19.

MÉTODO

Trata-se de estudo de projeção matemática e em base de dados secundários. Os dados da mortalidade por COVID-19, que ocorreram no Brasil, foram obtidos pelo site da Worldometer (www.worldometer.info)⁷.

Worldometer⁷ é gerenciado por uma equipe internacional de desenvolvedores, pesquisadores e voluntários, que fornecem dados estatísticas globais de saúde, disponíveis em tempo apropriado para uma audiência global. É publicado por uma empresa de mídia digital sediada nos estados Unidos da América, sendo reconhecida como independente de influência estatal e de outros agentes da sociedade global, não possuindo afiliações políticas, governamentais ou corporativas.

Foram contabilizados óbitos associados à COVID-19. Esse cálculo das estimativas de mortes foi realizado a partir do 31º dia de ocorrência da quinta morte relacionada com a COVID-19 no Brasil, sendo que esse período compreendeu de 09 de março a 17 de abril de 2020.

O distanciamento social foi definido redução na mobilidade de pessoas⁸ e foi avaliado através dos Relatórios de Mobilidade Comunitária COVID-19, do Google⁹, o que disponibiliza relatórios de mobilidade da comunidade a partir de gráficos com tendências e inclinações ao longo do tempo por região e em diferentes categorias de locais.

Inicialmente, um link foi adquirido para a mortalidade brasileira por COVID-19. Ajustes temporais foram finalizados, permitindo uma comparação de dados no eixo cartesiano X e ajuste no número de mortes a cada 10,000,000 habitantes, o que permitiu a obtenção dos dados do eixo cartesiano y.

Historicamente, houve algumas regressões para determinar o melhor modelo matemático que permitiria uma representação da curva de mortalidade estimada para a doença da COVID-19 no Brasil. Ao procurar por um modelo matemático adequado, que melhor expressava à curva de mortalidade estimada, desenvolveu-se os modelos subsequentes: linear, logarítmico, inverso, quadrático, cúbico, composto, S, crescimento, exponencial e logístico (figura 1).

Como modelo principal, a partir de todos os pontos disponíveis e avaliados, denominou-se de modelo realista. Dois outros modelos foram computados utilizando parte dos dados. Um com uma maior tendência vertical (modelo pessimista) e outro que foi posteriormente comprimido ou achatado (modelo otimista).

O modelo realista foi computado de acordo com um relaxamento das medidas de distanciamento social (<40%) e o modelo pessimista foi calculado com base no $R_0 \approx 2-3$. Para esta estimativa, foi implementada uma significância de alfa (α) menor que 0.01 ($p < 0.01$, <1%) e $R^2 > 0.95$.

Os dados foram tabulados pelo Microsoft Excel versão 16.36, para MacOS Catalina versão 10.14.4. Os cálculos estatísticos foram calculados pelo aplicativo IBM SPSS Statistic Subscription 1.0.0.347 64-bits para MacOS.

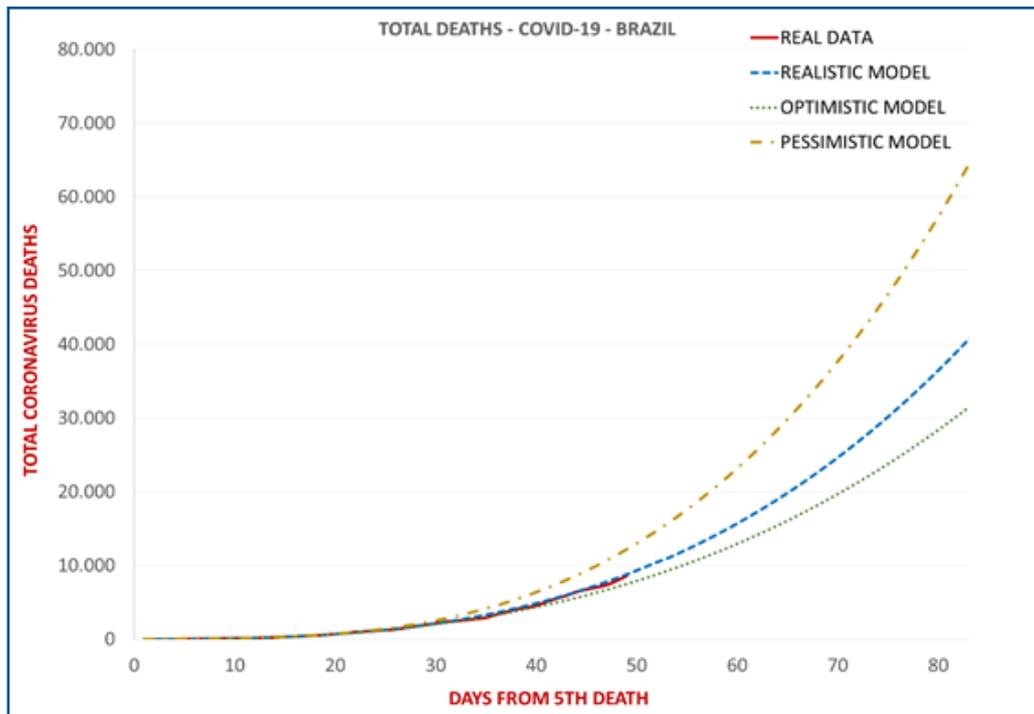


Figura 1: Modelo otimista, realista, pessimista e dados reais relacionados as mortes por COVID-19 no Brasil. Editado por Menezes et al. <https://doi.org/10.1101/2020.04.28.20083675>

Esses valores foram considerados estatisticamente significativos para ($p < 0,05$, $< 5\%$) e o valor reconhecido de beta (β) foi de 0,1.

Por fim, utilizaram-se dados da PNAD contínua¹⁰, que promove coleta de dados para o território brasileiro, por grandes regiões, unidades da Federação, regiões Metropolitanas que contêm Municípios das Capitais, Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) da Grande Teresina e Municípios das Capitais para a coleta dos dados móveis por telefonia celular¹⁰.

RESULTADOS

Detectou-se que os modelos matemáticos que chegaram mais próximo foram o modelo cúbico e o quadrático. Entretanto, o modelo cúbico se ajustou melhor, com $R^2 = 0.998$ (tabela 1).

Já na figura 2, há modelos otimistas, realistas e pessimistas comparados aos dados reais. Observou-se que o modelo cúbico se aproximava da curva de crescimento da mortalidade, e, se aproximava algebricamente da seguinte maneira:

$$x(t) = 11,422 + 0,269 \cdot t + 0,265 \cdot t^2 + 0,069 \cdot t^3$$

t é o número de dias após a quinta morte relacionada com a COVID-19.

Tabela 1: Resumo e parâmetros estimados.

Variável Dependente: Mortes									
Equação	Resumo do Modelo					Parâmetros estimados			
	R2	Z	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Linear	,859	170,682	1	28	,000	-450,108	67,532		
Logarítmic	,545	33,587	1	28	,000	-789,488	556,986		
Inversa	,188	6,495	1	28	,017	788,676	-1442,125		
Quadrática	,995	2654,798	2	27	,000	124,413	-40,191	3,475	
Cúbica	,998	4350,630	3	26	,000	11,422	,269	,265	,069
Composta	,963	732,622	1	28	,000	13,567	1,204		
Potencial	,947	497,163	1	28	,000	2,110	1,902		
S	,565	36,326	1	28	,000	6,343	-6,475		
Crescimento	,963	732,622	1	28	,000	2,608	,185		
Exponencial	,963	732,622	1	28	,000	13,567	,185		
Logística	,963	732,622	1	28	,000	,074	,831		

A Variável Independente é o número de dias após a quinta morte.

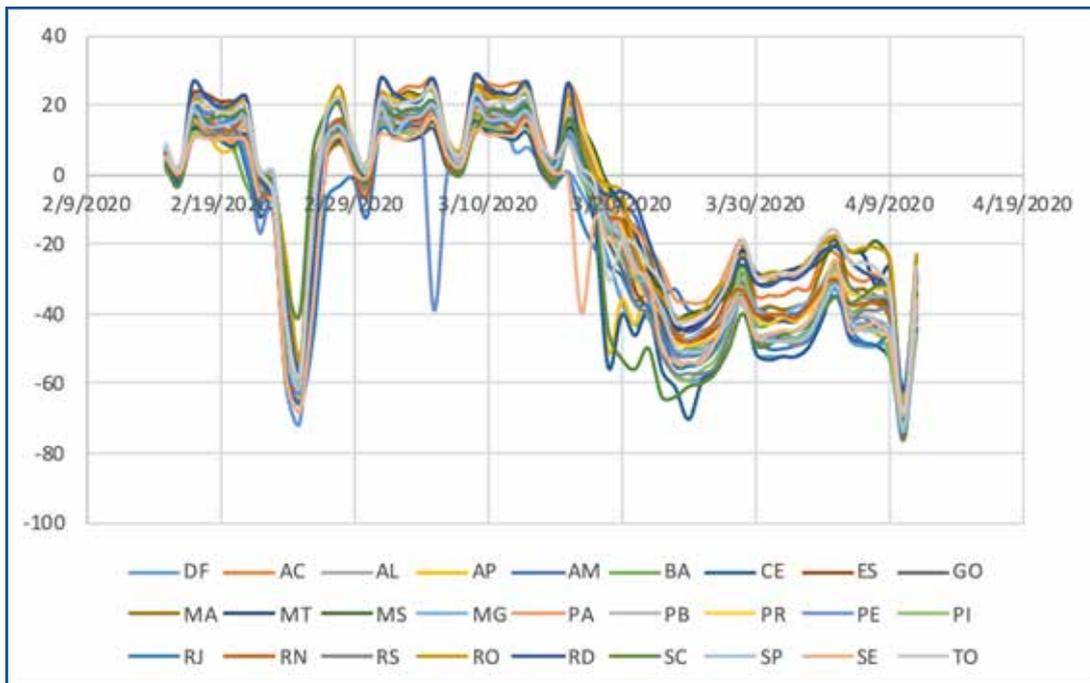


Figura 2: Comparação entre o número de mortes reportadas por COVID-19 no Brasil e o número de mortes projetadas pelo modelo matemático.

Para essa situação, o modelo matemático previu 40.623 óbitos em nove de junho de 2020. O modelo pessimista máximo prevê 64,310 mortes e o modelo otimista máximo prevê 31,384 mortes. Até hoje (24 de maio de 2020), foram declaradas 22.965 mortes, enquanto nosso modelo projetava 17.45211 para o modelo otimista, 22.623 para o modelo realista e 32.82511 para o modelo pessimista (tabela 2).

Na figura 3 há ilustração dos dados dos relatórios de mobilidade comunitária nos estados brasileiros. Há indicativo matemático de redução da mobilidade social a partir do final de março de 2020.

Tabela 2: Estimativas de óbitos acumulados relacionados à COVID-19 no Brasil.

Dia	Otimista	Realista	Pessimista
Maio/20	14,760	18,091	27,028
Maio/21	15,405	18,944	28,407
Maio/22	16,069	19,823	29,832
Maio/23	16,751	20,729	31,305
Maio/24	17,452	21,662	32,825
Maio /25	18,172	22,623	34,394
Maio /26	18,910	23,612	36,013
Maio/27	19,668	24,630	37,682
Maio/28	20,446	25,676	39,402
Maio/29	21,243	26,751	41,174
Maio/30	22,060	27,856	42,999
Maio/31	22,897	28,991	44,877
Junho/1	23,755	30,156	46,809
Junho/2	24,634	31,353	48,796
Junho/3	25,533	32,580	50,839
Junho/4	26,454	33,839	52,938
Junho/5	27,396	35,130	55,095
Junho/6	28,360	36,453	57,309
Junho/7	29,346	37,810	59,583
Junho/8	30,354	39,199	61,916
Jun/9	31,384	40,623	64,310



Figura 3: Relatórios de Mobilidade Comunitária em todos os Estados Brasileiros. DF: Federal District; AC: Acre; AL: Alagoas; AP: Amapa; AM: Amazonas; BA: Bahia; CE: Ceara; ES: Espirito Santo; GO: Goias; MA: Maranhao; MT: Mato Grosso; MS: Mato Grosso do Sul; MG: Minas Gerais; PA: Para; PB: Paraiba; PR: Parana; PE: Pernambuco; PI: Piaui; RJ: Rio de Janeiro; RN: Rio Grande do Norte; RS: Rio Grande do Sul; RO: Roraima; RD: Rondonia; SC: Santa Catarina; SP: Sao Paulo; SE: Sergipe; TO: Tocantins.

DISCUSSÃO

Esse estudo foi iniciado para avaliar as mortes relacionadas à COVID-19 no Brasil entre nove de março de 2020 a 17 de abril de 2020. Dessa forma, foi possível projetar possíveis cenários pautados na medida não farmacológica de na mobilidade da comunidade brasileira. Detectou-se que os dados reais estão mais próximos do modelo realista. Entretanto, vale destacar que o modelo matemático apresentado foi adequado, porém, desde que o crescimento de óbitos por COVID-19 continue em crescimento. Na estabilização da curva epidemiológica pandêmica ou sua diminuição, será necessário revisar o modelo matemático.

No modelo matemático, considerando a não implantação do mecanismo de intervenção não farmacológica do distanciamento social, previa-se que em 24 de maio de 2020 haveria um número total de mortes relacionadas à COVID-19 de 32.825. Os achados das tabelas 1 e 2 e figuras 1, 2 e 3 confirmam as projeções matemáticas realizadas, sendo que o número de mortes foi de 22.965.

Em vista de projeção matemática inicial, divulgada em pre-print¹¹, em projeção específica para a data de nove de junho de 2020, estima-se que houve cerca de dez mil vidas poupadas por ação exclusiva do distanciamento social Brasileiro.

Entretanto, em alguns cenários da pesquisa, como o Estado de São Paulo, relatava-se apenas um pequeno

número de casos de COVID-19 (o Estado de São Paulo comunicava somente os casos críticos de COVID-19 e relatava ser medida de orientação plena ao Ministério da Saúde do Brasil). Esta situação promove o evento de subnotificação da doença. Assim, não foi realizado o modelo de regressão entre mortes totais e mobilidade social, uma vez que o número de casos COVID-19 aumenta exponencialmente. A variável dependente foi a mobilidade social, sendo que essa variável foi registrada via telefonia celular móvel.

Ainda, Garcia e Duarte⁶ relatam que é fundamental a atuação do Sistema Único de Saúde (SUS) e das demais áreas do sistema de proteção social de forma articulada, de modo a se favorecer a adesão das pessoas às intervenções não farmacológicas e minimizar os impactos deletérios das medidas comunitárias. A proteção da saúde pública deverá ser norteadora das decisões a serem tomadas pelos gestores. É fundamental que essas decisões sejam baseadas nas melhores evidências disponíveis e comunicadas de forma transparente, para se promover a confiança da população e que as orientações das autoridades e a adesão das pessoas às INF serão determinantes para o curso da epidemia da COVID-19 no Brasil⁶.

É importante destacar que as estimativas matemáticas possuem limitações. Uma delas refere-se ao ponto de análise da variável mobilidade social, que foi coletada a partir da telefonia móvel. Conforme PNAD de 2018¹⁰, cerca de um quarto da população brasileira não

possui acesso à telefonia móvel, logo essa população ficou excluída da análise dos dados brutos dessa pesquisa, em virtude do modelo não incluir aqueles brasileiros que não possuem ou não usam telefonia celular móvel¹⁰.

Por fim, conclui-se que o modelo matemático demonstrou que a mobilidade reduzida da comunidade, na forma de distanciamento social, foi capaz de diminuir o número total de mortes esperadas e relacionadas à COVID-19 no Brasil, em aproximadamente dez mil vidas.

Agradecimentos

Autores agradecem a equipe técnica da Universidade Estadual Paulista, UNESP/Marília, SP, Brasil e da Universidade de Ciências da Saúde de Alagoas, AL, Brasil. Dr. Vitor recebe um suporte financeiro da FAPESP (Número de processamento 2012/01366-6) e suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil (Número de Processamento 302197/2018-4).

REFERÊNCIAS

1. Pimentel RMM, Daboin BEG, Oliveira AG, Macedo Jr H. The dissemination of COVID-19: an expectant and preventive role in global health. *J Hum Growth Dev.* 2020; 30(1):135-140. DOI: <http://doi.org/10.7322/jhgd.v30.9976>
2. Abreu LC. Integrated actions and strengthening of Public Health System in Brazil in a time of pandemic. *J Hum Growth Dev.* 2020; 30(1):05-08. DOI: <https://doi.org/10.7322/jhgd.v30.9980>
3. Silva CMS, Andrade AN, Nepomuceno B, Xavier DS, Lima E, Gonzales I, et al. Evidence-based Physiotherapy and Functionality in Adult and Pediatric patients with COVID-19. *J Hum Growth Dev.* 2020; 30(1):148-155. DOI: <http://doi.org/10.7322/jhgd.v30.10086>
4. Ferguson NM et al. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College COVID-19 Response Team. 16 March 2020. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf>
5. Dehning J, Zierenberg J, Spitzner FP, Wibral M, Pinheiro Neto J, Wilczek M, Priesemann V. Inferring Change Points in the Spread of COVID-19 Reveals the Effectiveness of Interventions *Science.* 2020; eabb9789. doi: 10.1126/science.abb9789.
6. Garcia Leila Posenato, Duarte Elisete. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde* [Internet]. 2020 [cited 2020 June 03]; 29(2): e2020222. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222020000200100&lng=en. Epub Apr 09, 2020. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742020000200009>.
7. Brazilian deaths related to COVID-19: www.worldometer.info.com
8. Qualls N, Levitt A, Kanade N, Wright-Jegede N, Dopson S, Biggerstaff M, et al. Community mitigation guidelines to prevent pandemic influenza - United States, 2017. *MMWR Recomm Rep* [Internet]. 2017 Apr [cited 2020 Mar 27];66(1):1-32. Available from: <https://doi.org/10.15585/mmwr.rr6601a1> [Links]
9. Community mobility from <https://www.google.com/covid19/mobility/>
10. Menezes PM, Garner DM, Valenti VE. Brazil is projected to be the next global covid-19 pandemic epicenter. medRxiv 2020.04.28.20083675; preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.28.20083675>.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. PNAD Contínua 2017 - Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. Disponível em: (https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca_catalogo?view=detalhes&id=2101631). Acessado em: 03 de junho de 2020.

Contribuição dos autores

Pedro de Lemos Menezes redigiu o manuscrito, escreveu a introdução e sessão discussão e deu a aprovação final à versão submetida para publicação.

Ana Carolina Gonçalves de Abreu redigiu o manuscrito, seção de discussão e deu aprovação final à versão submetida para publicação.

Gustavo Nakamura Alves Vieira redigiu o manuscrito, revisou a interpretação de dados e deu aprovação final à versão submetida para publicação.

David M. Garner redigiu o manuscrito, realizou análise estatística e melhorou a análise de interpretação, revisou a gramática e ortografia em inglês.

Vitor Engrácia Valenti redigiu o manuscrito, escreveu a seção introdução e discussão e deu aprovação final à versão submetida para publicação.

Conflitos de interesse

Os autores declaram ausência de interesses financeiros e não financeiros na realização e divulgação dessa pesquisa.

Abstract

Social distancing was planned as a preventive measure to control the extensive spread of COVID-19. COVID-19-related deaths in Brazil were analyzed during the period of social distancing measures. Mortality data for COVID-19 was obtained from the Worldometer website (www.worldometer.info). Deaths were estimated up to the 31st day after the occurrence of the 5th COVID-19-related death in Brazil. Social distance was measured using Google's community mobility reports (<https://www.google.com/covid19/mobility/>). The Brazilian epidemic curves were interconnected, and mathematical models were evaluated to fit the mortality estimation curves. The optimistic model was defined in the opening period of social distancing and, therefore, in the lower mobility (40-60%). The realistic model was calculated according to relaxed social distance measures (<40%) and the pessimistic model was calculated based on the transmission rate between 2-3. Thus, the equations of the mathematical models provided the outcomes for the date of June 9, 2020, as follows: realistic model with 40,623 deaths, pessimistic model with 64,310 deaths and the optimistic model with a projection of 31,384 deaths. As a result of these analyzes, on May 24, 2020, there were a total of 22,965 deaths related to COVID-19, and those deaths included within the proposed mathematical models were 17,452 for the optimistic model, 22,623 for the realistic model and 32,825 for the pessimistic model. Thus, it is concluded that social distancing measures promoted by the Brazilian public managers contributes to the reduction in approximately ten thousand deaths related to COVID-19 in the current pandemic scenario.

Keywords: Beta-coronavirus; Centers for Disease Control and Prevention (U.S.A.); Coronavirus; Coronavirus Infections; Death; SARS Virus.

©The authors (2020), this article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.