

Vacinação contra a COVID-19 em Juiz de Fora, MG, Brasil.

Walter C. da S. Pires¹

DM/UFJF, Juiz de Fora, MG

Daniel M. Barbosa²

IMECC/Unicamp, São Paulo, SP

Lucy T. Takahashi³

DM/UFJF, Juiz de Fora, MG

A COVID-19 é uma doença respiratória aguda e altamente transmissível, que pode ocorrer em qualquer tipo de clima e é causada pelo coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2 (SARS-CoV-2). Em 30 de janeiro de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou que o surto do novo coronavírus constituía uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) o mais alto nível de alerta da Organização, conforme previsto no Regulamento Sanitário Internacional [4]. Logo, a comunidade científica buscou estudar a dinâmica do vírus, a fim de obter um imunizante eficaz e seguro contra o agente etiológico. Em poucos meses, no sentido de comparação com o desenvolvimento de outras vacinas, empresas de diversas partes dos hemisférios obtiveram resultados que mostravam benefícios significativos na imunização contra o vírus [2, 3, 5]. Neste trabalho, propomos um modelo epidemiológico compartimental, por meio do qual busca-se descrever a dinâmica da COVID-19 no município de Juiz de Fora em Minas Gerais, considerando como medida de prevenção farmacológica: a vacinação.

Durante o período observado, de 20 de janeiro a 11 de setembro de 2021, no município de Juiz de Fora, a vacina mais recebida e aplicada foi a produzida pela Universidade de Oxford em conjunto com o grupo farmacêutico britânico Astrazeneca. Dessa forma, supomos para a construção do modelo que toda a população foi vacinada pela Astrazeneca/Oxford. A terceira fase de testes da vacina mostra que ela possui 79% de eficácia para casos sintomáticos, após a 2ª dose, e 100% de eficácia quanto aos casos de hospitalização e óbitos [1]. O município obedeceu as diretrizes impostas pelo governo federal descritas no Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação (PNOV) contra COVID-19. Esse plano tem como objetivo programar a vacinação de grupos prioritários, observando os indivíduos que possuem maior probabilidade de serem acometidos pela doença e, ou, indivíduos que estão mais expostos ao novo coronavírus: profissionais da saúde, trabalhadores de segurança pública, motoristas de coletivos, etc. Assim, supomos e agregamos ao modelo que a vacinação ocorre de acordo com a prioridade descritas no PNOV.

Consideramos N a população total de Juiz de Fora, a qual está dividida em oito compartimentos, são eles: suscetíveis (S), vacinados (V), pré-sintomáticos (I), sintomáticos com sintomas leves (I_L), sintomáticos com sintomas moderados (I_M), sintomáticos com sintomas graves (I_H), recuperados (R) e mortos (D). Logo, para modelar a dinâmica da COVID-19, representamos as interações e relações entre os grupos descritos da seguinte maneira: os indivíduos suscetíveis, obedecendo as regras do PNOV, são vacinados de acordo com a função vacinação $v(t) = \frac{1}{90}f(t)$, onde $f(t)$ é a função degrau que descreve a parcela da população conduzida a vacinação a cada período de tempo, a partir do início da vacinação no município, e $\frac{1}{90}$ o período de vacinação para a segunda dose. Os indivíduos suscetíveis que ainda não foram vacinados, após serem expostos ao SARS-CoV-2 devido ao encontro com \tilde{I} ($\tilde{I} := I + I_L$), I_M ou I_H , em períodos $\beta(t)^{-1}$, β_M^{-1} e β_H^{-1} , podem se tornar infectados pré-sintomáticos. Os indivíduos em I migram, após o período ω^{-1} , de acordo

¹waltercesar0@gmail.com

²danielgdbm68@gmail.com

³ltiem@gmail.com

com os sintomas que venham a apresentar, para o compartimento dos I_L numa proporção ϕ_1 , ou para o I_M numa proporção ϕ_2 , ou, ainda, para o I_H numa proporção $(1 - \phi_1 - \phi_2)$. Como o imunizante oferece 100% de eficácia somente para os casos graves e moderados, consideramos que os indivíduos em V , após um período γ_3^{-1} , tornam-se infectados com sintomas leves numa proporção $(1 - \xi)$, enquanto os demais, ξV , se recuperam e migram para R . Assim, como os indivíduos em I_L não necessitam de cuidados especiais, se recuperam e migram para o compartimento R após um período γ_1^{-1} . Por sua vez, os indivíduos em I_M e em I_H necessitam de internações hospitalares em leitos e em UTI's, respectivamente. Após um período γ_2^{-1} , uma proporção σ dos I_M se recupera e migra para R , enquanto que os demais, $(1 - \sigma)I_M$, vêm a óbito, sendo então transferidos para o compartimento D . Por fim, no compartimento dos I_H , temos uma proporção η que se recupera, enquanto os demais, $(1 - \eta)I_H$, vêm a óbito, donde são transferidos para R e D , respectivamente. Todos os parâmetros considerados são constantes e positivos, exceto a taxa $\beta(t)$ e a função $v(t)$, que dependem diretamente do comportamento humano ao longo do tempo perante o cenário da COVID-19 no município e do Plano de Vacinação, respectivamente.

As simulações numéricas estão sendo realizadas, a fim de verificar a compatibilidade da curva simulada com os dados empíricos fornecidos pelo Ministério da Saúde [6]. Acreditamos que haja uma significativa redução na velocidade de transmissão do vírus, já que com a vacinação a população está mais próxima de obter a imunidade coletiva.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) pelo fundamental apoio (Código de Financiamento 001) e à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF.

Referências

- [1] AstraZeneca. **AZD1222 US Phase III trial met primary efficacy endpoint in preventing COVID-19 at interim analysis**. Online. Acessado em 25/03/2022, <https://www.astrazeneca.com/media-centre/press-releases/2021/astrazeneca-us-vaccine-trial-met-primary-endpoint.html>.
- [2] R. Guimarães. “Vacinas Anticovid: um Olhar da Saúde Coletiva”. Em: **Ciência e Saúde Coletiva** 25 (2020), pp. 3579–3585. DOI: 10.1590/1413-81232020259.24542020.
- [3] E. J. da F. Lima, A. M. Almeida e R. de A. Kfoury. “Vacinas para COVID-19 - o estado da arte”. Em: **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil** 21 (2021), pp. 21–27. DOI: 10.1590/1806-9304202100S100002.
- [4] ONU - Organização das Nações Unidas. **Histórico da pandemia de COVID-19**. Online. Acessado em 25/03/2022, <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>.
- [5] PAHO - Pan American Health Organization. **Draft landscape of COVID-19 candidate vaccines**. Online. Acessado em 25/03/2022, <https://www.who.int/publications/m/item/draftlandscape-of-covid-19-candidate-vaccines>.
- [6] Ministério da Saúde. **Painel de Monitoramento de Casos**. Online. Acessado em 25/03/2022, <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset?q=covid>.