

**ANÁLISE DE CLUSTERING PARA PRIORIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA VACINAÇÃO  
CONTRA COVID-19 NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: COMO MAXIMIZAR OS ANOS  
SALVOS?**

**RENATO DOS SANTOS DA COSTA**

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY (UNIGRANRIO)

**CAROLINE PEREIRA DO NASCIMENTO DA COSTA**

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY (UNIGRANRIO)

**MARCO AURELIO CARINO BOUZADA**

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY (UNIGRANRIO)

# ANÁLISE DE CLUSTERING PARA PRIORIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA VACINAÇÃO CONTRA COVID-19 NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: COMO MAXIMIZAR OS ANOS SALVOS?

## 1 INTRODUÇÃO: PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Em dezembro de 2019, a Organização Mundial de Saúde (OMS) foi informada sobre inúmeros casos que relatavam síndromes respiratórias. Tratava-se de um novo coronavírus que não havia sido identificado antes em seres humanos (OPAS, 2020). Em 30 de janeiro de 2020 a OMS declarou que o surto de coronavírus representava uma “Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional”<sup>i</sup> (OPAS, 2020). No Brasil, o Ministério da Saúde confirmou o primeiro caso da doença no dia 26 de fevereiro de 2020, logo em seguida, em 11 de março de 2020, a OMS caracterizou a doença como uma pandemia devido a sua distribuição geográfica contemplar surtos em vários países e regiões do mundo. (BRASIL, 2020). Em 7 de agosto de 2020, o Brasil atinge emblemáticos 100 mil óbitos por Covid-19, e atualmente<sup>ii</sup> passamos de 700 mil óbitos, com uma taxa de letalidade de 1,9%, segundo fontes do Ministério da Saúde.

Neste contexto, o Estado do Rio de Janeiro (RJ) é o terceiro mais populoso e o segundo mais importante economicamente do país. O saldo atual dessa doença no estado supera a marca de mais de 70 mil mortes frente à contaminação de aproximadamente 2,2 milhões de casos, segundo dados<sup>iii</sup> obtidos através do site do governo do Estado do RJ (RIO DE JANEIRO, 2022). No início da pandemia, o RJ chegou a ser considerado o Estado com maior taxa de letalidade, com uma morte a cada 20 infectados, segundo boletins publicados no site do Ministério da Saúde (BRASIL, 2022).

Diante de esforços globais de empresas farmacêuticas e mobilização da comunidade científica surgiram os primeiros resultados positivos com relação às vacinas ainda no ano de 2020. Em 17 de janeiro de 2021, após aprovações de uso emergenciais pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) as primeiras pessoas começaram a ser vacinadas no Brasil. No Rio de Janeiro, o início do recebimento do primeiro lote de vacinação ocorreu em 19 de janeiro de 2021. Esses recursos inicialmente foram disponibilizados em uma quantidade muito inferior ao desejado, sendo o primeiro lote de 488.320 unidades da vacina CoronaVac correspondendo a menos de 3% da estimativa populacional do RJ. Surgiram, então, os problemas quanto à priorização da distribuição de vacinas no país. Segundo as recomendações da OMS, as ofertas das primeiras doses seriam para as populações mais vulneráveis, preferindo, portanto, os profissionais de saúde, os idosos e as pessoas com comorbidades. Diante da escassez de recursos, os gestores públicos tiveram o desafio de priorizar a distribuição das vacinas entre grupos ou faixas etárias visando minimizar os impactos da mortalidade, atender o interesse público, os anseios sociais e ao mesmo tempo manter os princípios da equidade e isonomia, em um período pandêmico e sem precedentes.

Mas, e em termos geográficos? A pergunta é: será que não deveria ter ocorrido um prognóstico de priorização de municípios já que diferentes cidades apresentaram números muito discrepantes de casos e de óbitos oriundos de Covid-19? Logo, indaga-se, como pergunta de pesquisa: A qual(is) município(s) deveria ter sido priorizada a oferta inicial da vacina no estado do Rio de Janeiro?

Este trabalho está delimitado ao Estado do Rio de Janeiro, com uma população estimada em 16,3 milhões de habitantes, trazendo dados do marco inicial da Covid-19 no referido Estado até o dia 19 de janeiro de 2021, data em que foram recebidas as primeiras doses do lote da vacina CoronaVac.

A pandemia de Covid-19 causou, em 2020, a maior redução na expectativa de vida do mundo desde a Segunda Guerra Mundial, em mais de dois anos nos Estados Unidos (ABURTO *et al.*, 2022). Já no Brasil, esse impacto na expectativa de vida é de até 4,4 anos, decrementando assim, a população economicamente ativa (CAMARANO, 2022). Portanto, percebe-se a

importância de se mensurar não apenas as vidas potencialmente salvas pela vacina; mas, também, a quantidade de anos de vida salvos pelo imunizante, sendo esta a variável de desempenho considerada nesta pesquisa.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Epidemiologia do SARS -CoV-2 no Rio de Janeiro**

Em 05 de março de 2020 foi confirmado pela Secretaria de Estado de Saúde do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2021), o primeiro caso do novo coronavírus, Covid-19, no RJ, a partir de uma paciente viajante de 27 anos que esteve em dois países europeus (Itália e Alemanha). Após 2 meses desde a detecção do primeiro caso, o Estado ultrapassava a marca de 1.000 mortes causadas por Covid-19, registrada pela Secretaria de Estadual de Saúde onde as pessoas mais infectadas possuíam dentre 30 a 39 anos, porém, as pessoas idosas com faixa etária superior a 70 anos concentravam o maior percentual de letalidade (RIO DE JANEIRO, 2022).

### **2.2 O Escopo da responsabilidade da gestão pública em suas esferas em tempos de pandemia**

O país passou por uma situação de iminente colapso do seu sistema de saúde pela insuficiência de leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), equipamentos, insumos essenciais e profissionais da saúde para garantir a assistência adequada aos pacientes em estado grave acometidos pelo vírus (FIOCRUZ, 2021).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 6º, consagrou o direito à saúde como direito fundamental social, firmando a competência comum dos entes federativos para sua concretização, ao lado do direito à educação, alimentação, trabalho, moradia, lazer, segurança, previdência social, proteção à maternidade e à infância, e assistência aos desamparados (BRASIL, 1988).

No campo dos imunizantes, o Programa Nacional de Imunizações, também conhecido como PNI, regulamentado pela Lei Federal nº 6.259, de 30 de outubro de 1975, e pelo Decreto nº 78.321, de 12 de agosto de 1976, organiza toda a política nacional de vacinação da população brasileira e tem como missão o controle, a erradicação e a eliminação de doenças imunopreveníveis, sendo considerada uma das mais relevantes intervenções em saúde pública no Brasil, em especial pelo importante impacto obtido na redução de doenças nos últimos anos (BRASIL, 2014).

Outros julgados trataram quanto à constitucionalidade da vacinação compulsória contra Covid-19. O Plenário do STF decidiu através do julgamento conjunto das Ações Diretas de Inconstitucionalidade (ADI) 6.586 e 6.587 que tratam da vacinação contra a Covid-19, e do Recurso Extraordinário com Agravo (ARE) 1.267.879 decidiu, em dezembro de 2020, que o Estado pode determinar aos cidadãos que se submetam, compulsoriamente, à vacinação contra a Covid-19, previsto no artigo 3º da Lei nº 13.979/2020. De acordo com a decisão, o Estado pode impor aos cidadãos que se recusam a tomar as vacinas disponibilizadas às medidas locais restritivas previstas em lei (multa, impedimento de frequentar determinados lugares, fazer matrícula em escola), mas não pode fazer a imunização à força. Também ficou definido que os estados, o Distrito Federal e os municípios têm autonomia para realizar campanhas locais de vacinação.

#### **2.2.1 Critérios usados para a distribuição de vacinas contra a Covid-19 no país**

Com a chegada do primeiro lote de vacinas, em janeiro de 2021, no Brasil, uma esperança é ressuscitada para todos aqueles que aguardavam ansiosamente por uma cura, já que toda a população, sem distinção, sofreu fortemente com inúmeras consequências da crise

provocada pela pandemia, com impactos profundos na educação, na saúde mental, na violência doméstica e na segurança alimentar (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

A estratégia de vacinação é realizada de forma tripartite, com a pactuação da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Contudo, sem a perspectiva de imunizar toda a população de uma única vez, o Governo brasileiro discutiu os critérios para priorizar determinados grupos com a chegada da vacina contra a Covid-19, cujo objetivo principal da vacinação passa a ser focado na redução da mortalidade, bem como a proteção da força de trabalho para manutenção do funcionamento dos serviços de saúde e dos serviços essenciais (BRASIL, 2021).

A estratégia de distribuição de vacinal, além de considerar o tamanho das populações, também levou em conta cada grupo prioritário, a média móvel de mortalidade em cada localidade, da preservação da força de trabalho para manutenção dos serviços de saúde e serviços essenciais, disponibilizada pelo Programa Nacional de Imunização (PNI), o qual reforçou que todos os grupos seriam contemplados com a vacinação. Entretanto, de forma escalonada por conta de não dispor de doses de vacinas imediatas para vacinar todos os grupos em etapa única. A distribuição foi detalhada por meio de informes técnicos e notas informativas no decorrer da campanha, cujo detalhamento das ações realizadas foram disponibilizadas no site do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

### 3 METODOLOGIA

Foram utilizados os dados dos sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Centro de Informações Estratégicas e Resposta de Vigilância em Saúde (CIEVS-RJ), da SES do RJ, do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e do Ministério da Saúde. Os dados compreendem a estimativa populacional do RJ do ano 2021, a quantidade de casos de pessoas infectadas, de óbitos gerais e óbitos por Covid-19 de cada município do RJ, atualizados até o marco de 19 de janeiro de 2021.

Na pesquisa, inicialmente, foram coletados os dados dos 92 municípios do RJ, mas logo em seguida, foram identificados e desconsiderados 25 municípios cuja população era inferior a 20 mil habitantes pois estes apresentaram alto potencial de distorção da letalidade em um índice por 100 mil habitantes. Dessa forma, foram calculados os índices de casos e óbitos por 100.000 habitantes dos demais 67 municípios (conforme fragmento na Tabela 1 a seguir) que serviram de base para possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina levando em consideração maximizar a quantidade de anos de vida salvos da população do RJ.

**Tabela 1:** Fragmento dos Dados dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro

Município	População	Casos	Óbitos	Casos 100K	Óbitos 100K
Rio de Janeiro	6.775.561	248.184	20.479	3.662,93	302,25
São Gonçalo	1.098.357	42.197	1.896	3.841,835	172,62
Duque de Caxias	929.449	17.720	1.132	1.906,51	121,80
Nova Iguaçu	825.388	16.060	1.148	1.945,75	139,09
Niterói	516.981	36.164	1.519	6.995,23	293,83
Belford Roxo	515.239	19.369	501	3.759,23	97,3
Campos dos Goytacazes	514.643	21.283	918	4.135,49	178,4
São Joao de Meriti	473.385	7.688	768	1.624,05	162,3
Petrópolis	307.144	18.010	590	5.863,70	192,09
Volta Redonda	274.925	20.579	510	7.485,32	185,50

Fonte: dos autores.

Para o tratamento dos dados, foi criado um *dataset*<sup>1</sup> contendo os campos “Município”, “Casos”, “Óbitos”, “Casos por 100 mil habitantes” e “Óbitos por 100 mil habitantes”, e

<sup>1</sup> *Dataset* é uma coleção de dados normalmente tabulados.

carregado no R-Studio. Os dados então foram normalizados e foi gerada uma matriz de correlação de *Pearson* para mensurar a associação linear entre variáveis contínuas.

Ao utilizar algoritmos de aprendizado de máquina não supervisionado foi calculado o WSS (*within-cluster sum of squares*) ou *Elbow Method*,<sup>2</sup> ou ainda Método Cotovelo, que utiliza a soma dos quadrados para indicar o número ideal de clusters/agrupamentos (ZUMEL; MOUNT, 2014). Em seguida, foi realizada uma análise para agrupar os municípios em *clusters* razoavelmente homogêneos em termos das 4 variáveis citadas acima (Casos, Óbitos, Casos por 100 mil habitantes e Óbitos por 100 mil habitantes). A análise de conglomerados, também conhecida por *clustering*, pode ser entendida como um conjunto de dados que contam com uma série de características, a partir da maior similaridade existente entre os dados de um mesmo conjunto que os de outro, com base em algum critério pré-determinado (LACHI; ROCHA, 2005).

Para realizar os cálculos relativos à quantidade de anos salvos foram obtidos os dados de óbitos gerais por idade dos 2 (dois) anos que precederam o início da Covid-19 no RJ (2018 e 2019), calculada a média e estimado o percentual de óbitos gerais para cada idade em um período equivalente ao período do início da Covid-19 (anterior ao primeiro lote da vacina – 320 dias).

Equação 1: Média de Óbitos Gerais

$$\text{Média de óbitos gerais} = \frac{\text{óbitos gerais 2018} + \text{óbitos gerais 2019}}{730 \text{ dias}} \times 320 \text{ dias}$$

Fonte: dos autores.

Equação 2: Percentual de Óbitos Gerais

$$\text{Percentual de óbitos gerais} = \frac{\text{Média de óbitos gerais}}{\text{Estimativa populacional por idade}} \times 100$$

Fonte: dos autores.

De posse desses dados, foi possível elaborar uma matriz de “Anos de Vida”, simulando a expectativa de vida por idade e realizada uma projeção com a população atual da idade em que, a cada ano seguinte, foi deduzido o percentual de óbitos gerais estimado para aquela faixa etária, de forma sucessiva, até 99 anos.

Esse foi o método aplicado para substituir uma expectativa de vida fixa (baseada na média) por uma estimativa de vida que varia de acordo com cada idade. Já o somatório projetado das populações por idade a cada ano subsequente retorna como resultado os anos de vida totais estimados para cada idade.

Equação 3: Estimativa de Anos de Vida por Idade

$$\sum_{i=i}^{n=99} \text{Estimativa populacional anos} - (\text{estimativa populacional} * \text{óbitos gerais } i)$$

Fonte: dos autores.

Após a coleta de dados acerca dos óbitos oriundos da Covid-19 por idade foram calculados os respectivos percentuais destes.

---

<sup>2</sup> O método do cotovelo é usado para determinar o número ótimo de clusters no agrupamento k-means (KETCHEN JR; SHOOK, 1996).

Equação 4: Percentual de Óbitos por Covid-19

$$\text{Percentuais de óbitos por covid} = \frac{\text{Óbitos por Covid}}{\text{Estimativa populacional}} \times 100$$

Fonte: dos autores.

Ainda que Oliveira *et al.* (2022) afirmarem que “a Coronavac é uma vacina que apresenta em sua composição o vírus inativado, normalmente, vacina com vetores virais não replicantes têm eficácia em torno de 79%”, diante da escassez de pesquisas específicas acerca da eficácia da referida vacina, foram estimadas eficácias de 80%, 90% e 95% em 27 cenários de acordo com cada faixa etária e outros 54 cenários, onde essa eficácia cai entre 5% e 10% em cada faixa etária a partir de 60 anos, totalizando 81 cenários, distribuindo as vacinas existentes no primeiro lote dentre as 10 possíveis faixas etárias.

O cálculo foi realizado a partir do percentual de óbitos de Covid-19 da faixa etária multiplicado pela soma de anos que a população desta mesma faixa viveria de acordo com a matriz de “Anos de Vida” variando os graus de eficácia dentre os cenários indicados.

Tais procedimentos foram realizados somente para os dois clusters analisados com maior quantidade de óbitos a fim de identificar a escolha do(s) município(s) prioritário(s) objetivando maximizar as variáveis de quantidade de anos de vida salvos.

Uma limitação identificada no trabalho ocorre diante dos dados utilizados serem do último censo realizado no país quando da coleta de dados (2010), onde a estimativa populacional por faixas etárias pode causar imprecisões, assim como, os dados apurados não distinguem os óbitos de pessoas com comorbidades do número de óbitos gerais.

Este trabalho também se limita a analisar os municípios do Estado do Rio de Janeiro e propor uma estratégia de gestão de imunizantes apenas para o primeiro lote de vacinas pois o objeto do estudo é justamente lidar com a tomada de decisão frente a escassez de recursos.

Neste estudo foram ignoradas a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, devido a não recomendação inicial da aplicação da vacina pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2022), as faixas etárias superiores a 100 anos de idade, devido à baixa representatividade em números e foram ignoradas também as prerrogativas e prioridades associadas às atividades profissionais e a população com comorbidades devido à dificuldade encontrada em mensurar os números em bases de dados públicos.

Por fim, cabe reiterar que foram desconsiderados os dados de 25 municípios do Estado do Rio de Janeiro por possuírem população inferior a 20 mil habitantes, o que potencialmente distorceria a letalidade por 100 mil habitantes.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante das variáveis elencadas na seção de Metodologia, foi gerada a matriz de Correlação de Pearson, com o intuito de delinear as informações e ratificar a conexão dos fatores para uma investigação mais robusta, incluindo a decisão de medição da conexão, conforme Figura 1 a seguir.

**Figura 1:** Matriz de Correlação de Pearson

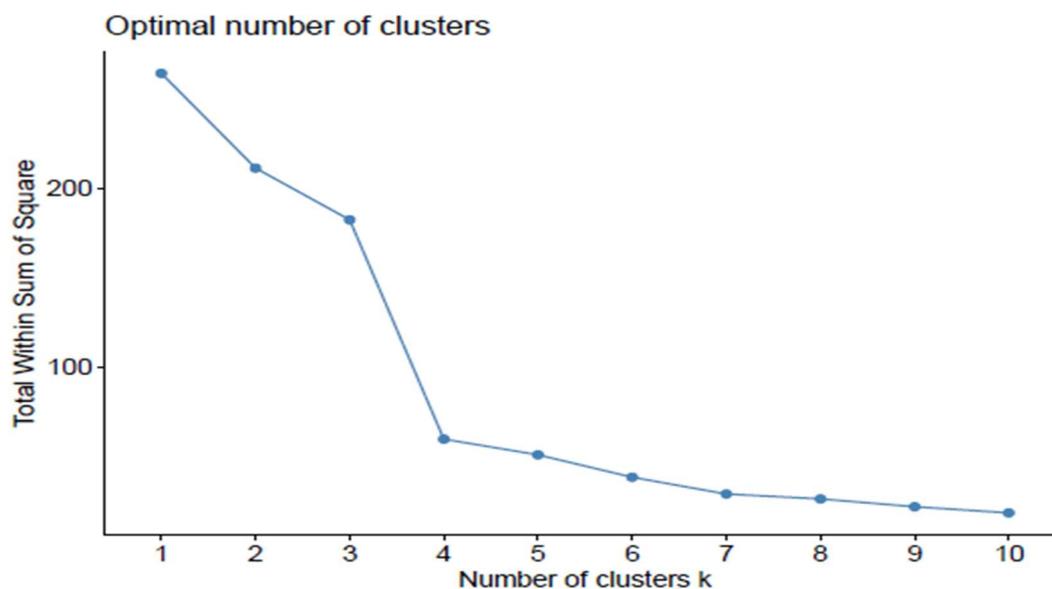


Fonte: dos autores.

Logo, podemos observar a partir da figura 1 que os campos de Casos e Óbitos são fortemente relacionados, que Casos e Óbitos por 100K possuem correlação positiva, e que Casos por 100K não se correlacionam com Casos e nem com Óbitos, apresentando uma baixa interdependência com Óbitos por 100K.

Após identificada a intensidade com que cada um dos fatores se correlaciona com os outros, foi gerado o Gráfico 1 a seguir, referente ao Método Cotovelo, cuja finalidade era de identificar o número ideal de clusters para os municípios do RJ.

**Gráfico 1:** Método Cotovelo



Fonte: dos autores.

A partir da análise do Gráfico 1, podemos observar que o  $k=4$  indica o equilíbrio entre maior homogeneidade dentro do cluster e a maior diferença entre clusters, sendo o ponto da curva mais distante de uma reta traçada entre o primeiro e o último ponto.

Nesta pesquisa foi executado o *K-means* com 4 clusters e obtidos os centroides (média das instâncias de cada cluster), conforme Figura 2 dos Centroides detalhada abaixo.

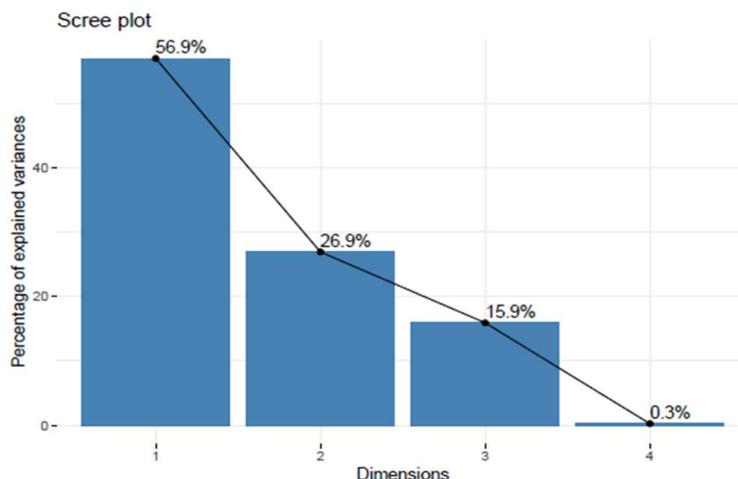
**Figura 2: Centroides**

##	cluster	Casos	Obitos	Casos_100k	Obitos_100k
## 1	1	-0.13597538	-0.09885335	-0.8146854	-0.3384693
## 2	2	7.75495568	7.97934525	-0.6433849	2.9637284
## 3	3	-0.11115640	-0.18591433	1.4481008	-1.3449022
## 4	4	-0.09632703	-0.13339625	0.6977555	0.6027841

Fonte: dos autores.

Em seguida, foi realizada a análise de componentes principais (PCA) para que fosse possível mapear um espaço vetorial para outro, onde a maior parte das informações estaria na primeira coordenada, e a segunda maior na segunda coordenada e assim sucessivamente (MAILUND, 2022). Deste modo, é possível representar o *dataset* de 4 dimensões em formato bidimensional compreendendo as coordenadas de maior significância. O gráfico bidimensional resultado da PCA foi capaz de explicar 83,8% (56,9% + 26,9%) da variância distribuída conforme demonstrado no gráfico 2 de percentual da variância a seguir.

**Gráfico 2:** Percentual da variância explicada nos componentes principais (PCA)



Fonte: dos autores.

Ao considerar as análises suficientes para justificar a escolha da quantidade de clusters com o uso do K-means, foi realizada a clusterização com os agrupamentos apresentados na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1:** Clusters

Cluster 01	Cluster 02	Cluster 03	Cluster 04
São Gonçalo	Rio de Janeiro	Macaé	Niterói
Duque de Caxias		Itaperuna	Petrópolis
Nova Iguaçu		Búzios	Volta Redonda
Belford Roxo		Cordeiro	Angra dos Reis
Campos dos Goytacazes		Silva Jardim	Nova Friburgo
São Joao de Meriti		Cantagalo	Teresópolis
Magé			Barra Mansa
Itaboraí			Maricá
Cabo Frio			Itaguaí
Mesquita			Resende
Nilópolis			Três Rios
Rio das Ostras			Guapimirim
Queimados			Rio Bonito
Araruama			Casimiro de Abreu

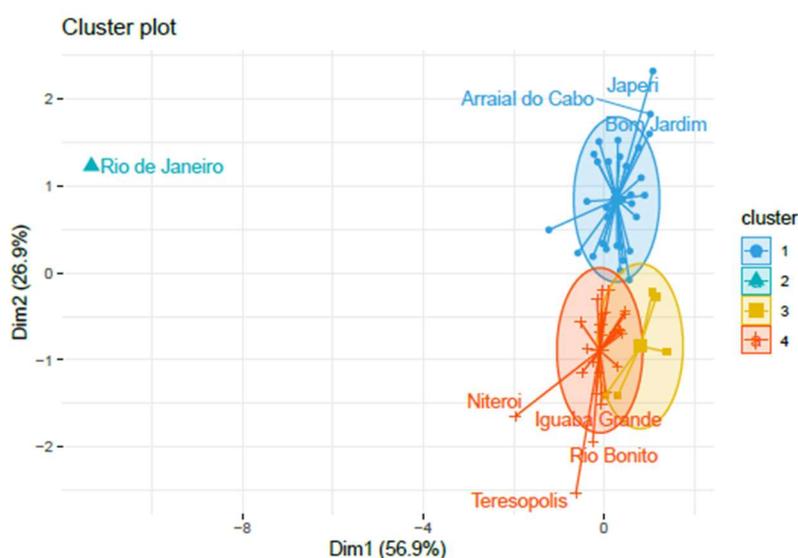
São Pedro da Aldeia  
 Japeri  
 Barra do Pirai  
 Saquarema  
 Seropédica  
 Valença  
 Cachoeiras de Macacu  
 Paracambi  
 Mangaratiba  
 Paraty  
 São Francisco de Itabapoana  
 São Fidelis  
 Bom Jesus do Itabapoana  
 Vassouras  
 Itatiaia  
 Arraial do Cabo  
 Paty do Alferes  
 Bom Jardim  
 Miguel Pereira

Paraíba do Sul  
 Santo Antônio de Pádua  
 São João da Barra  
 Tanguá  
 Pirai  
 Iguaba Grande  
 Miracema  
 Pinheiral  
 Quissamã  
 Conceição de Macabu  
 Itaocara  
 São Jose do Vale do Rio Preto  
 Porto Real

Fonte: dos autores.

É importante ainda verificar a proximidade dos municípios calculados na Tabela 1 de clusters de forma visual. Os agrupamentos são baseados em noções de semelhança e similaridade de modo que os pontos de um aglomerado estão mais próximos do seu centroide que eles estão para o centroide de outro cluster. Os resultados foram obtidos conforme Gráfico 3 a seguir.

**Gráfico 3:** Gráfico de Cluster



Fonte: dos autores.

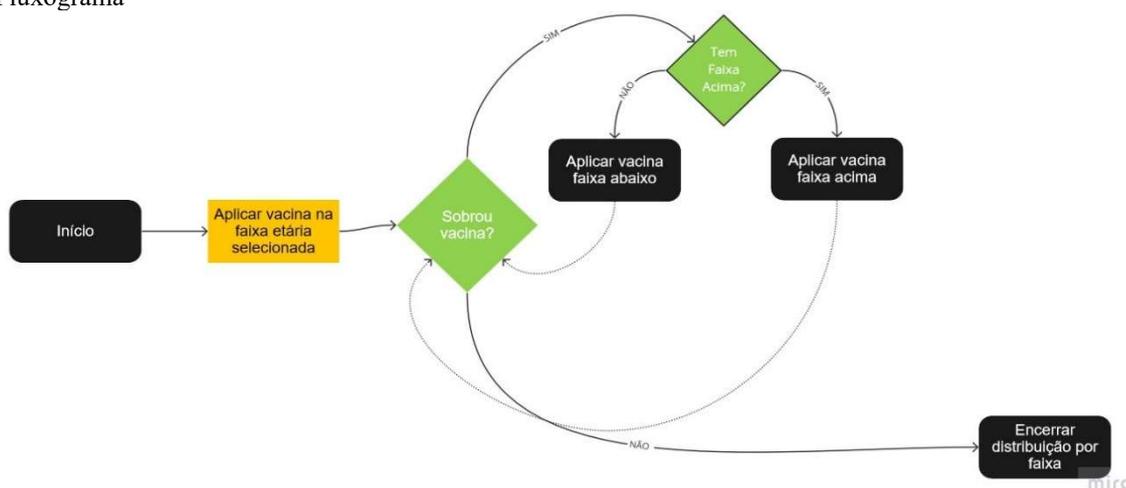
Diante dos dados apresentados, foram destacados os *clusters* 2 e 4 para a realização das simulações por apresentarem os piores indicadores de mortalidade no RJ.

#### 4.1 Análise do Cluster 2 – Município do Rio de Janeiro

Ao considerar a hipótese que as 488.320 doses da vacina seriam disponibilizadas exclusivamente para o município do Rio de Janeiro (MRJ), foram realizadas as simulações de anos salvos.

Como a quantidade disponível de doses de vacinas extrapolava a população de uma única faixa etária, foram considerados cenários onde estas seriam aplicadas em uma faixa etária e o excedente passaria prioritariamente para a faixa etária seguinte, e caso não houvesse faixa etária posterior seria distribuído para a faixa etária abaixo, sempre de forma sucessiva, conforme fluxograma exemplificativo na Figura 4 a seguir.

Figura 4: Fluxograma



Fonte: dos autores.

Desse modo, os melhores resultados ocorreram com a seguinte distribuição apresentada na Tabela 3 a seguir.

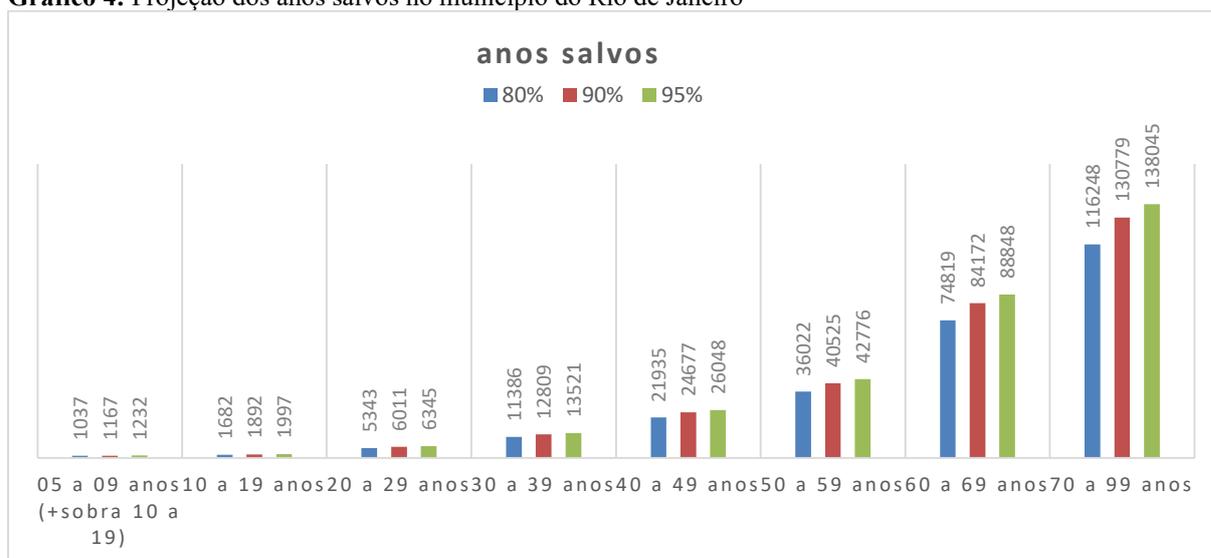
Tabela 3: Resultado da Distribuição por faixa Etária no Município do Rio de Janeiro

Faixa etária	Vacinas aplicadas
60 a 69 anos	34.144
70 a 79 anos	302.801
80 a 89 anos	131.637
90 anos e mais	19.738

Fonte: dos autores.

Os resultados foram favoráveis à priorização das faixas etárias das pessoas mais idosas para a preservação da maior quantidade de anos de vida, levando em consideração a eficácia (uniforme) da vacina de 80%, 90% e 95%, conforme gráfico 4 a seguir:

**Gráfico 4:** Projeção dos anos salvos no município do Rio de Janeiro



Fonte: dos autores.

#### 4.2. Análise do Cluster 4 – 27 municípios do Rio de Janeiro

Ao considerar que as 488.320 doses da vacina seriam disponibilizadas e concentradas, exclusivamente, para os 27 municípios do cluster 4, foram realizadas as mesmas simulações aplicadas na metodologia quando da distribuição para o município do Rio de Janeiro.

Como o número de doses também extrapolava a população de uma única faixa etária, foram considerados os mesmos critérios aplicados no cluster 2 e obtidos os melhores resultados com as distribuições apresentadas na Tabela 4 a seguir.

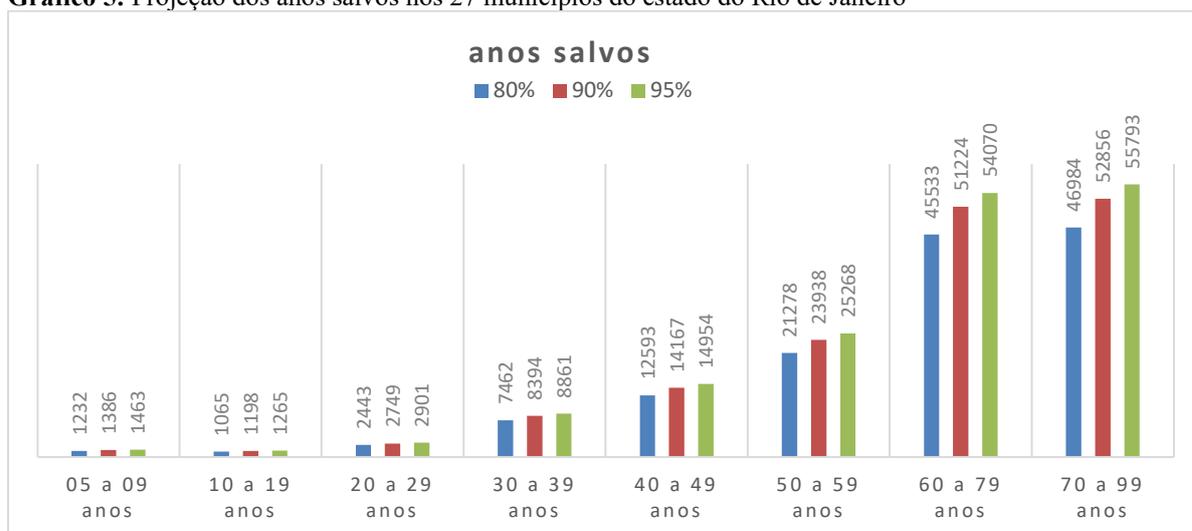
**Tabela 4:** Resultado da Distribuição por faixa Etária nos 27 municípios

Faixa etária	Vacinas aplicadas
60 a 69 anos	256.107
70 a 79 anos	169.080
80 a 89 anos	56.396
90 anos e mais	6.737

Fonte: dos autores.

Neste cluster, foi possível identificar um quantitativo de número de idosos com mais de 90 anos, 34% menor que o número de idosos do cluster 2. Essa quantidade menor de idosos nas faixas etárias mais elevadas fez com que a distribuição das vacinas alcançasse um número 7 vezes maior de pessoas na faixa de 60 a 69 anos, conforme pode ser observado no Gráfico 5 a seguir.

**Gráfico 5:** Projeção dos anos salvos nos 27 municípios do estado do Rio de Janeiro



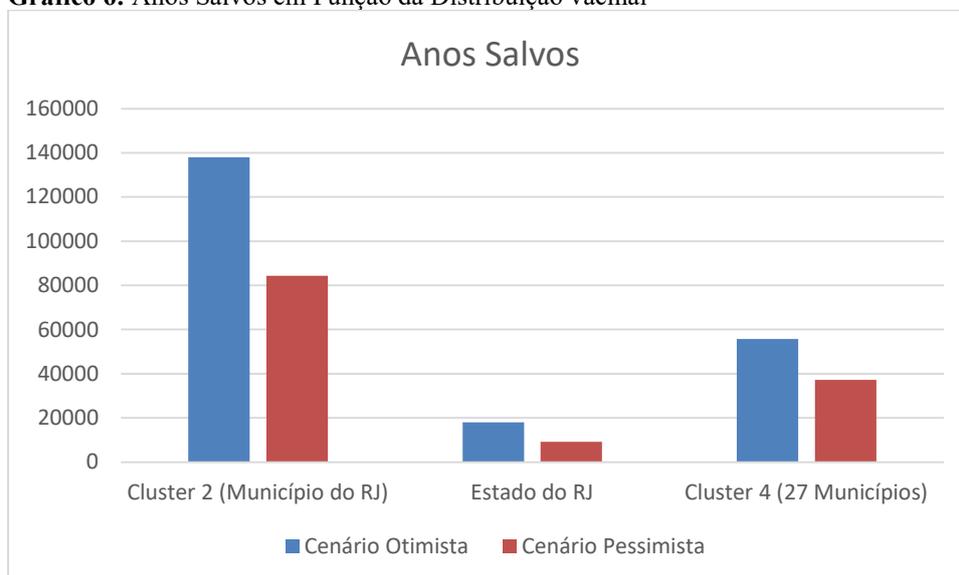
Fonte: dos autores

A quantidade de anos salvos é inferior à metade da quantidade em cenário equivalente para o cluster 2 (MRJ) nos cenários otimista e pessimista.

### 4.3 Consolidação dos resultados

Diante dos resultados estimados para a distribuição da vacina no Cluster 2 (MRJ), no Estado do RJ (92 municípios) e no Cluster 4 (27 municípios) e de acordo com o recomendado pelo Ministério da Saúde com a distribuição das vacinas por faixa etária decrescente, podemos observar a expectativa dos anos de vida que seriam salvos no Gráfico 6 a seguir.

**Gráfico 6:** Anos Salvos em Função da Distribuição vacinal



Fonte: dos autores

A clusterização poderia significar um acréscimo estimado de 669,27% (cenário otimista), ou seja, distribuindo os imunizantes priorizando o município do Rio de Janeiro em detrimento aos demais seriam salvos mais de 7 vezes o número de anos da população fluminense se comparado à distribuição das vacinas em todo o estado. Matematicamente, o fato se dá pela concentração das vacinas na faixa etária de 70 a 79 anos, com maior potencial de anos a serem salvos (COSTA *et al.*, 2022). Na comparação com o cluster 2, o acréscimo é de

147,42%. Já no cenário pessimista, os números mudam para 824,18% e 126,67%, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como propósito subsidiar aos leitores informações coletadas pelos principais sítios de observatórios epidemiológicos do Estado do Rio de Janeiro no início da pandemia de Covid-19 e investigar os problemas encontrados pela administração pública quanto à distribuição de imunizantes, visando assim, discorrer por possíveis alternativas estratégicas para o enfrentamento da doença e propor cenários para reflexão e apoio à tomada de decisão no RJ ao ponderar a indicação dos municípios que possivelmente poderiam ser priorizados quanto à oferta inicial do primeiro lote de vacinas no referido estado, em função da quantidade de anos salvos.

Ao aplicar as vacinas nos idosos em ordem decrescente de idade, a concentração do primeiro lote exclusivamente no município do Rio de Janeiro. Desse modo, apresentaria resultados para o cenário otimista de eficácia vacinal, salvas e mais de 7 vezes melhor em relação à quantidade de anos salvos se comparados à distribuição nos demais municípios do RJ, e também substancialmente melhores se comparados à concentração das doses no outro cluster obtido nesta pesquisa. Os resultados, então, apontam para melhores resultados se a distribuição das doses fosse concentrada na capital fluminense.

Fato também é que os resultados baseados em dados quantitativos podem direcionar para ações que podem ser tachadas como antidemocráticas ou podem se apresentar em dissonância dos interesses políticos e sociais, quando, por exemplo, preferir um município agradando um único prefeito e preterindo outros 91, ainda que isto objetivasse melhores resultados.

Portanto, levar em conta a qualidade dos anos de vida salvos e considerar também o impacto na expectativa de vida geral da população poderiam ser ideias para sugestões de pesquisas futuras que discorressem sob o ponto de vista econômico, ético e filosófico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, J. M. *et al.* Quantifying impacts of the covid-19 pandemic through life-expectancy losses: a population-level study of 29 countries. **Int J Epidemiol.**, v. 51, n. 1, p. 63-74, 18 fev. 2022. DOI 10.1093/ije/dyab207. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34564730/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 22 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 7.508, de 28 de junho de 2011**. Regulamenta a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, para dispor sobre a organização do Sistema Único de Saúde (SUS), o planejamento da saúde, a assistência à saúde e a articulação interfederativa e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/decreto/D7508.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/D7508.htm). Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde; Secretaria de Vigilância em Saúde, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/covid-19/2021/boletim\\_epidemiologico\\_covid\\_52\\_final2.pdf](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/covid-19/2021/boletim_epidemiologico_covid_52_final2.pdf). Acesso em: 20 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes para diagnóstico e tratamento da COVID-19**. Brasília, DF, 2020b. Disponível em: <https://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2020/May/08/Diretriz-Covid19-v4-07-05.20h05m.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação**. Brasília, DF: Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/GuiaVigEpidnovo2.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.341 /DF - Distrito Federal**. Relator: Ministro Marco Aurélio. Referendo em Medida Cautelar Em Ação Direta de Inconstitucionalidade em 15 de abril de 2020. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/processos/downloadPeca.asp?id=15344964720&ext=.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.586 /DF - Distrito Federal**. Relator: Ministro Ricardo Lewandowski. Ação Direta de Inconstitucionalidade em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=755517337>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.587/DF - Distrito Federal**. Relator: Ministro Ricardo Lewandowski. Ação Direta de Inconstitucionalidade em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=755517731>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Recurso Extraordinário com Agravo (ARE) 1267879 São Paulo – Brasília – Distrito Federal/DF**. Relator: Ministro Roberto Barroso. Recurso Extraordinário em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stf/1190972206/inteiro-teor-1190972213>. Acesso em: 25 set. 2022.

CAMARANO, A. A. **Pandemia reduz expectativa de vida no Brasil em 4,4 anos**. Publicado em 22 fev. 2022. Disponível em: [https://www.ufjf.br/ladem/2022/02/22/pandemia-reduz-expectativa-de-vida-no-brasil-em-44-anos-diz-especialista/#:~:text=A%20pandemia%20da%20Covid%2D19,Ipea\)%2C%20Ana%20Am%C3%A9lia%20Camarano](https://www.ufjf.br/ladem/2022/02/22/pandemia-reduz-expectativa-de-vida-no-brasil-em-44-anos-diz-especialista/#:~:text=A%20pandemia%20da%20Covid%2D19,Ipea)%2C%20Ana%20Am%C3%A9lia%20Camarano). Acesso em: 25 jun. 2020.

COSTA, C. P. do N. *et al.* Paradigmas da gestão de imunizantes: o uso de métodos quantitativos como suporte à decisão em tempos de Covid-19 no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 13, n. 4, p. 2197-2225, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7769/gesec.v13i4.1469>. Acesso em: 25 jun. 2020.

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). **Avaliação Digital da Campanha de Vacinação Contra covid-19 no Brasil**: Informe referente a situação em novembro de 2021. Disponível em: VIGIVAC - covid BR: <https://vigivac.fiocruz.br/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). **Boletim Observatório Covid-19**. Boletim Extraordinário. Publicado em 16 mar. 2021. Disponível em: [https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim\\_extraordinario\\_2021-marco-16-red-red-red.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_extraordinario_2021-marco-16-red-red-red.pdf). Acesso em: 3 mar. 2023.

KETCHEN JR., D.; SHOOK, C.. The application of cluster analysis in strategic management research: an analysis and critique. **Revista de Gestão Estratégica**, v. 17, n. 6, p. 441-458, 1996. DOI:10.1002/(SICI)1097-0266(199606)17:6<441::AID-SMJ819>3.0.CO;2-G

LACHI, R. L.; ROCHA, H. V. da. **Aspectos básicos de clustering**: conceitos e técnicas. 2005. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~reltech/2005/05-03.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MAILUND, T. **Aprendizagem não supervisionada**. In: *Beginning Data Science in R 4*. Apress, Berkeley, 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8155-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8155-0_7). Acesso em: 14 dez. 2022.

OLIVEIRA, L. N. de *et al.* Avaliação da eficácia e segurança das principais vacinas utilizadas contra COVID-19 no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 31753-31767, abr. 2022. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/47202>. Acesso em: 22 jun. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **OMS declara emergência de saúde pública de importância internacional por surto de novo coronavírus**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/news/30-1-2020-who-declares-public-health-emergency-novel-coronavirus>. Acesso em: 4 jul. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Perguntas frequentes sobre as vacinas candidatas contra a COVID-19 e os mecanismos de acesso**. Publicado em 2 de agosto de 2020. Disponível em: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52669/OPASBRAFLIMCOVID-19200018\\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52669/OPASBRAFLIMCOVID-19200018_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 4 jul. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Perguntas frequentes sobre as vacinas candidatas contra a COVID-19 e os mecanismos de acesso**. Publicado em 6 jan. 2021. Disponível em: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53248/OPASFPLIMCOVID-19210004\\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53248/OPASFPLIMCOVID-19210004_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Constituição da Organização Mundial da Saúde** (OMS/WHO). Rio de Janeiro: NEPP-DH, [1946]. Disponível em: <http://www.nepp-dh.ufrj.br/oms2.html>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Naming of the Novel Coronavirus**. Publicado em 28 maio 2013. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20130611204958/http://www.who.int/csr/disease/coronavirus\\_infections/NamingCoV\\_28May13.pdf](https://web.archive.org/web/20130611204958/http://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/NamingCoV_28May13.pdf). Acesso em: 22 jan. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Organização Mundial da Saúde Brasil. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/eportuguese/countries/bra/pt/>. Acesso em: 22 jan. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. **Plano de contingência para vacinação contra covid-19**. 1. abr. 2021. 2. versão. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro, 2021.

RIO DE JANEIRO (Município). **Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde**. Publicado em 23 maio 2022). Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/sms/informacoes-estrategicas-em-vigilancia-em-saude>. Acesso em: 12 jun. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Covid-19**. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 10 maio 2022.

ZUMEL, N.; MOUNT, J. **Practical Data Science with R**. 1. ed. Shelter Island: Manning, 2014.

---

<sup>i</sup> Declaração formal da Organização Mundial da Saúde (OMS) de um evento extraordinário determinado a constituir um risco de saúde pública para outros Estados através da propagação internacional de doenças e exigir uma resposta internacional coordenada", sendo formulada quando surge uma situação grave, repentina ou inesperada, acarretando assim, implicações para a saúde pública além da fronteira nacional do Estado afetado

<sup>ii</sup> Julho de 2023

<sup>iii</sup> Junho de 2022