

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

**GABRIELLE SILVA DOS SANTOS**

**CERTIFICADOS MANDATÓRIOS E VACINAÇÃO CONTRA COVID-19 NOS PAÍSES  
ARGENTINA, FRANÇA, ITÁLIA E PERU: UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

**Porto Alegre**

**2022**

**GABRIELLE SILVA DOS SANTOS**

**CERTIFICADOS MANDATÓRIOS E VACINAÇÃO CONTRA COVID-19 NOS PAÍSES  
ARGENTINA, FRANÇA, ITÁLIA E PERU: UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador(a): Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Júnior

**Porto Alegre**

**2022**

### CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Gabrielle  
CERTIFICADOS MANDATÓRIOS E VACINAÇÃO CONTRA  
COVID-19 NOS PAÍSES ARGENTINA, FRANÇA, ITÁLIA E PERU:  
UMA ANÁLISE EMPÍRICA / Gabrielle Santos. -- 2022.  
72 f.  
Orientador: Sabino da Silva Porto Júnior.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade  
de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas,  
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Vacinação contra COVID-19. 2. Comprovante de  
Vacinação. 3. Inferência Causal. 4. Tomada de Decisão.  
I. da Silva Porto Júnior, Sabino, orient. II. Título.

**GABRIELLE SILVA DOS SANTOS**

**CERTIFICADOS MANDATÓRIOS E VACINAÇÃO CONTRA COVID-19 NOS PAÍSES  
ARGENTINA, FRANÇA, ITÁLIA E PERU: UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de  
Graduação em Ciências Econômicas da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em: Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Júnior – Orientador

UFRGS

---

Prof. Dr. Hudson Da Silva Torrent

UFRGS

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Thais Waideman Niquito

UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Michele, que me apoiou e incentivou durante toda minha trajetória como graduanda, me deu suporte educacional, emocional e financeiro desde os primórdios para que eu pudesse concluir esta etapa com êxito.

Aos meus amigos, que surgiram na minha vida através do curso de Ciências Econômicas, Gabriela, José e Júlia, e pude ter o privilégio de ser presenteada com seu companheirismo dentro e fora de sala de aula, agradeço por tornarem essa jornada muito mais viável e bonita de viver. Quanto àqueles que não surgiram em decorrência da graduação, gostaria de agradecer ao Vitor pelo apoio incondicional durante a elaboração do trabalho de conclusão de curso, bem como ao Gabriel por toda forma de assistência que me deu desde o início da graduação e principalmente durante a produção deste trabalho.

Aos meus amigos de ensino médio, que também se tornaram amigos da faculdade, Leandro e Natany, meu mais sincero agradecimento por partilharem a vida comigo e por todas as trocas genuínas que fazem parte da minha formação pessoal, profissional e educacional.

Ademais, agradeço ao professor Sabino Porto, pela orientação neste trabalho e nas pesquisas de iniciação científica quais tive a oportunidade de ser bolsista durante a graduação.

## RESUMO

Este estudo objetiva analisar se as políticas de comprovação obrigatória de certificado de vacinação para o acesso a locais públicos e empresas de serviços não essenciais apresentaram impacto sobre a adoção da vacina contra o vírus COVID-19 no ano de 2021 e meados de 2022. Nesse intuito, a estratégia empírica adotada consiste na estimação de um modelo de adesão da primeira dose da vacina onde as variáveis explicativas são a política adotada pelos países, os casos confirmados de COVID-19 e os óbitos confirmados decorrentes da infecção, cujos coeficientes são obtidos através da metodologia diferença em diferenças. Ademais, utilizamos o modelo autorregressivo integrado de médias móveis para a previsão de um cenário em que as políticas não fossem anunciadas e implementadas. Para a investigação proposta, são utilizados dados disponibilizados pelo Our World In Data. Nossos resultados apontam que as políticas impactaram positivamente na adesão da primeira dose da vacina nos países do estudo. Observamos também que os números de casos e óbitos, assim como a política, impactaram na adesão da vacina.

**Palavras-chave:** COVID-19. Vacinação. Certificado de vacinação.

## ABSTRACT

The aim of this work is to analyze whether the government mandated proof of vaccination requirements for access to public venues and non-essential businesses had an impact on the vaccine uptake, related to vaccination program against the COVID-19 virus in 2021 and early 2022. In order to achieve the goal of this work, the empirical strategy consists of estimating a model of adherence to the first dose of the vaccine, whose explanatory variables are the policy adopted by the countries, confirmed cases of COVID-19 and confirmed deaths resulting from the infection, whose coefficients are obtained through the methodology difference-in-differences. Furthermore, we use the autoregressive integrated moving average model to predict a scenario in which policies were not announced and implemented. For the proposed investigation, we utilize data available by Our World In Data. Our results show that the policies positively impacted the adherence of the first dose of the vaccine in the countries of this study. We also observe that the numbers of cases and deaths, as well as the policy, had an impact on vaccine uptake.

**Keywords:** COVID-19. Vaccine. Vaccination Certificate.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Adesão da primeira dose da vacina na Europa segundo dados obtidos do OWID – Variação semanal.....	31
Figura 2 - Adesão da primeira dose da vacina na Europa segundo obtidos do OWID – Valores acumulados .....	32
Figura 3 – Adesão da primeira dose da vacina na América Latina segundo dados obtidos do OWID – Variação semanal.....	33
Figura 4 - Adesão da primeira dose da vacina na América Latina segundo dados obtidos do OWID – Valores acumulados.....	34
Figura 5 - Países europeus, França e Itália – Resultados do método ARIMA .....	41
Figura 6 - Países europeus, França e Itália – Dados observados e resultados obtidos utilizando o modelo ARIMA.....	43
Figura 7 - Países latino-americanos, Argentina e Peru – Resultados do método ARIMA.....	44
Figura 8 - Países latino-americanos, Argentina e Peru – Dados observados e resultados obtidos utilizando o modelo ARIMA.....	45
Figura 9 - Números diários de indivíduos que receberam a primeira dose da vacina contra COVID-19 nos países Brasil, Peru, Argentina, Espanha, Itália e França.....	53
Figura 10 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na França .....	54
Figura 11 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na Itália .....	54
Figura 12 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na Argentina .....	55
Figura 13 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, no Peru.....	56
Figura 14 - Coeficientes de Gini da Itália, Espanha e França entre 1980 e 2020.....	56
Figura 15 - Coeficientes de Gini dos países Brasil, Peru e Argentina entre 1980 e 2020.....	57
Figura 16 - Índice de desenvolvimento humano dos países França, Espanha e Itália no ano de 2020. Dados da Organização das Nações Unidas.....	58



Figura 17 - Índice de desenvolvimento humano dos países Peru, Argentina e Brasil no ano de 2020. Dados da Organização das Nações Unidas.....	58
Figura 18 - Parcela da população francesa que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato.....	59
Figura 19 - Parcela da população argentina que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato.....	60
Figura 20 - Parcela da população italiana que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato.....	61
Figura 21 - Parcela da população peruana que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Data dos Anúncios Mandatos e Data de Implementação dos mandatos .....	24
Tabela 2 - Prévia da base de dados utilizada para o caso europeu .....	28
Tabela 3 - Países europeus - Resultados do método diferença em diferenças .....	37
Tabela 4 - Países latino-americanos - Resultados do método diferença em diferenças .....	39
Tabela 5 - Detalhes sobre o escopo das políticas de comprovação obrigatória de certificado de vacinação implementadas nos países de estudo .....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ARIMA	Autorregressivo Integrado de Médias Móveis
DID	Diferença em Diferenças
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OWID	Our World In Data
WHO	World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>BASE DE DADOS E METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
3.1	BASE DE DADOS .....	23
3.2	DIFERENÇA EM DIFERENÇAS (DID) UTILIZANDO DADOS EM PAINEL .....	24
3.3	ESTIMAÇÃO DO MODELO .....	26
3.4	MODELO AUTORREGRESSIVO INTEGRADO DE MÉDIAS MÓVEIS (ARIMA)	29
3.5	ANÁLISE DESCRITIVA.....	30
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
4.1	ESTIMATIVAS UTILIZANDO A ABORDAGEM DIFERENÇA EM DIFERENÇAS PARA OS PAÍSES EUROPEUS – FRANÇA E ITÁLIA.....	36
4.2	ESTIMATIVAS UTILIZANDO A ABORDAGEM DIFERENÇA EM DIFERENÇAS PARA PAÍSES DA AMÉRICA LATINA .....	39
4.3	RESULTADOS UTILIZANDO A METODOLOGIA ARIMA PARA OS PAÍSES EUROPEUS – FRANÇA E ITÁLIA .....	41
4.4	RESULTADOS UTILIZANDO A METODOLOGIA ARIMA PARA OS PAÍSES LATINO-AMERICANOS – ARGENTINA E PERU .....	44
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>50</b>
	<b>ANEXO A – FIGURAS ADICIONAIS</b> .....	<b>53</b>
	<b>ANEXO B – ESCOPO DA POLÍTICA DE APRESENTAÇÃO DE CERTIFICADO DE VACINAÇÃO EM CADA UM DOS PAÍSES</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANEXO C – ESTIMAÇÃO DOS RESULTADOS UTILIZANDO RSTUDIO</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A epidemia de COVID-19 e suas demais variantes levou governos e sociedades a introduzirem métodos de contenção – sejam eles farmacêuticos ou não – da propagação do contágio. A imunização com vacinas aderida por diversos países manifesta sua eficácia para reduzir a gravidade do COVID-19 na taxa de mortalidade verificada menor para indivíduos que aderiram ao menos uma dose da vacina (MATHIEU e ROSER, 2021) além de uma redução no risco de casos graves e hospitalizações (MOGHADAS et al., 2021).

Ainda que a eficácia de uma determinada intervenção na redução da transmissão viral seja comprovada, podem persistir resistências quanto à adoção do método por motivos como a tomada de decisão individual, confiança nas autoridades, expectativas quanto ao curso epidêmico (tendência e variância) e acesso à informação. De acordo com Mamani et al. (2012), a adesão de vacinas em geral tem sido tipicamente baixa e muitas vezes abaixo do nível socialmente ótimo. Apesar da efetividade no combate e prevenção da disseminação do vírus (World Health Organization [WHO], 2022), as taxas de adesão da vacina de COVID-19 mostraram um comportamento lento de crescimento ao longo do ano de 2021 em diversos países, em contraste com o comportamento inicial da vacinação que mostrava um aumento brusco, como mostra a Figura 9, localizada no Anexo A deste trabalho. Os dados das Figuras 10, 11, 12 e 13 do Anexo A sugerem, ademais, que o público mais jovem exibe um nível mais baixo de adoção da vacina contra COVID-19 no ano de 2021.

Segundo Brito et al. (1991), para modelos em geral, exigir que todos os indivíduos sejam vacinados é estritamente dominado pela livre escolha, porém, para se chegar em um nível ótimo de informação completa alguns indivíduos teriam de ser submetidos à vacinação. Nesse sentido, os autores argumentam que tal alocação ótima pode ser alcançada por meio de incentivos governamentais, e citam exemplos monetários como como impostos e subsídios. Impulsionar políticas para mitigar falhas de mercado, como externalidades fora do escopo das finanças públicas, parece então um método crível a ser adotado por governos na busca de estimular a aceitação de programas de vacinação.

Em resposta a este comportamento observado na adesão de vacinação, no intuito de incentivar a adesão da imunização aumentando o número de pessoas vacinadas e reduzir a transmissão viral em ambientes fechados ou de risco, vários governos locais ou nacionais introduziram mandatos de comprovação de vacinação por meio de certificados oficiais ou passaportes sanitários, que foram estabelecidos para viagens internacionais e, em contextos domésticos, gerenciando a entrada em ambientes como eventos, hospitais, academias, restaurantes, bares, entre outros<sup>1</sup>.

Isto posto, o principal objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da comprovação de mandatos de vacinação na adesão da primeira dose da vacina contra COVID-19 em dois países latino-americanos (Argentina e Peru) e dois países europeus (França e Itália) que anunciaram e implementaram tais mandatos entre o ano de 2021 meados de 2022. Com a intenção de atingir tal objetivo, utilizamos dados em níveis nacionais para aplicar o método diferença em diferenças (DID), que possibilita fazer uma verificação do impacto da política em questão nos países agrupados por seus respectivos continentes através da inclusão de países em que o mandato não foi aplicado em nível nacional, neste trabalho representados pelo Brasil e Espanha. O objetivo secundário deste trabalho é verificar como a curva de vacinação se comportaria em um cenário que a política não houvesse sido anunciada e implementada nos países deste estudo, a fim de fazer uma análise comparativa com os dados observados. Para fazer tal verificação, utilizamos dados que antecedem o anúncio do mandato para gerar uma previsão, utilizando o modelo autorregressivo integrado de médias móveis.

O trabalho está dividido em quatro seções. O Capítulo 2, traz uma introdução ao debate, resgatando de forma breve na literatura econômica as discussões acerca das políticas de programas de vacinação e tomada de decisão. No Capítulo 3, são apresentados os dados utilizados neste estudo, o modelo empírico e as principais variáveis da análise estatística, além de um maior esclarecimento de como a metodologia empírica se adequa aos objetivos propostos. No Capítulo 4, discutimos os resultados obtidos utilizando a estratégia empírica adotada, analisando resultados do método diferença em diferenças para os países agrupados por continente e na sequência uma análise individual de cada país utilizando as previsões obtidas através da utilização do modelo

---

<sup>1</sup> A Tabela 5 com mais detalhes do escopo e medidas dos mandatos de comprovante de vacinação em cada país pode ser encontrada no Anexo B.

autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA). Por fim, o Capítulo 5 conduz às considerações finais da monografia, avaliando se os objetivos foram alcançados e propondo tópicos a serem além explorados em pesquisas futuras sobre este mesmo objeto de estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

As políticas de vacinação, desde as campanhas de vacinação contra a varíola, têm sido motivo de debate por antagonismos como vacinação em massa versus estratégias de bloqueio, compulsório versus voluntário, entre outros. Hennock (1998) observa que entre 1875 e 1889, tanto a Inglaterra quanto a Alemanha, ambos os países forneceram vacinação gratuita e obrigatória para a população, o que logo foi interrompido pelo governo inglês que trouxe o argumento que “a vacinação em massa é desnecessária onde uma comunidade tem serviços médicos e de saúde pública bem organizados, e uma população que é socialmente consciente e cooperativa” (HENNOCK, 1998).

Ainda que a discussão possa ter começado no século passado, o controle econômico dos mercados de vacinação tem alguns de seus primeiros estudos na década de 70, elaborados por Hethcote e Waltman (1973) e Morton e Wickwire (1974). Em ambas as obras os autores trazem a ideia de um planejador central que controla as decisões de vacinação de cada indivíduo da população para maximizar algum critério de bem-estar social. Entretanto, Chen e Toxvaerd (2014) pontuam que esses primeiros trabalhos não consideravam a tomada de decisão individual e, portanto, não consideravam explicitamente a possibilidade de externalidades entre as decisões dos indivíduos sobre vacinar. O trabalho de Geoffard e Philipson (1997), de acordo com Chen e Toxvaerd (2014), ainda que posterior às análises iniciais mencionadas acima, tampouco inclui tais considerações. Os autores, ao assumirem que a vacinação ocorre no nascimento, desconsideram a tomada de decisão racional.

As externalidades e os bens públicos desempenham importantes papéis na dinâmica de doenças infecciosas e podem justificar políticas, impostos, subsídios e gastos públicos para alcançar uma alocação socialmente ótima de recursos. Nos estudos mencionados acima, os planejadores e, neste caso, tomadores de decisão, são governos, caracterizando a tomada de decisão descentralizada.

Ainda no trabalho de Geoffard e Philipson (1997), os autores avaliam a eficácia das intervenções de saúde pública, como subsídios de preços e programas obrigatórios de vacinação com a finalidade de estimular a adesão de vacinas. Segundo Xu (1999), que associa o seu trabalho ao de Geoffard e Philipson (1997), de acordo com os autores Geoffard e Philipson (1997), essas políticas são limitadas estruturalmente para aumentar a demanda de adesão de vacina pois o



aumento da demanda de indivíduos abrangidos pelo programa de incentivos programa diminui o incentivo à vacinação para aqueles que estão fora do programa, pois esses são indiretamente beneficiados pela redução da extensão da doença provocada pelo programa (XU, 1999). Neste sentido, o artigo conclui que os aperfeiçoamentos tecnológicos ao decorrer das últimas décadas, que se mostraram eficazes, têm efeitos diretos e indiretos na decisão de cada indivíduo quanto à adesão aos programas de vacinações. Nas palavras da autoria:

Enquanto o efeito direto faz cada indivíduo mais propenso a vacinar, o efeito indireto faz que o indivíduo seja menos propenso a vacinar. (XU, 1999, p. 363, tradução própria)

Portanto, o artigo comprova sua inicial hipótese de que se vê uma ambiguidade em tal cenário: Por um lado, dada a probabilidade de que um indivíduo suscetível esteja infectado, um nível mais alto de eficácia da vacina aumenta a utilidade esperada de um indivíduo vacinado – o que torna os indivíduos com mais propensão a aderir a vacina. Este é o efeito direto da eficácia da vacina. Por outro lado, um nível mais alto de eficácia da vacina, *ceteris paribus*, reduz a probabilidade de um indivíduo suscetível ser infectado, o que torna os indivíduos menos propensos a vacinar, sendo este o efeito indireto da eficácia da vacina. Em um cenário em que o efeito indireto domina o efeito direto, as melhorias tecnológicas na eficácia da vacina reduzem o incentivo de cada indivíduo para vacinar, segundo o texto.

A obra de Brito et al. (1991) apoiado na teoria da utilidade, aborda que todos os indivíduos sejam vacinados é estritamente dominado pela livre escolha, representando a solução de equilíbrio competitivo, mas alega que tal resultado não generaliza se as vacinas podem falhar, portanto é possível construir um exemplo em que a exigência de que todos os indivíduos sejam vacinados predomine a livre escolha. Assim, a vacinação obrigatória pode ser requisitada no caso de vacinas que podem falhar, mas não no caso de vacinas perfeitamente eficazes. Os autores ainda destacam que um nível de impostos e subsídios que possa atingir o ótimo de informação completa pode não ser o recomendado, dado o seguinte cenário:

Se o governo tiver informações suficientes para ditar quem deve ser vacinado, alguns indivíduos serão obrigados a serem vacinados. Por outro lado, se o governo não tiver informações suficientes para ditar

quem deve ser vacinado, os indivíduos que não são vacinados se beneficiam indiretamente pelos indivíduos que são obrigados a serem vacinados. Se o governo é capaz de tributar indivíduos não vacinados e/ou subsidiar indivíduos vacinados, ele sempre pode encontrar um nível de impostos e subsídios que possa atingir o ótimo de informação completa. Isso, no entanto, pode não ser o ideal, dada a distribuição de renda resultante. (BRITO et al, 1991, p. 87, tradução própria)

Ou seja: Se não houver efeitos de renda, o número de pessoas vacinadas será sempre maior do que o nível que maximizará a utilidade dos não vacinados.

Na análise de Chen e Toxvaerd (2014) quanto ao trabalho de Gersovitz (2003) os autores afirmam que Gersovitz (2003) considera um modelo de vacinação em que os indivíduos se preocupam com seu próprio bem-estar, mas onde o planejador também se preocupa com o bem-estar das gerações futuras. O que determina a diferença entre o resultado ótimo e o resultado de equilíbrio segundo Gersovitz (2003) é que os dois tomadores de decisão estão olhando para o bem-estar de dois grupos diferentes: o planejador valoriza as gerações atuais e futuras, enquanto a família se preocupa apenas com a geração atual.

O artigo de Coelho e Codeço (2009) observa que a disposição de vacinar é altamente dependente do risco percebido de adquirir uma doença grave, o que conseqüentemente leva à situação em que, quando o risco da doença é baixo, o pequeno risco de comorbidades da vacina torna-se relativamente importante e pode levar a uma cobertura vacinal menor do que a necessária para controlar a transmissão. Já quando o risco de doença grave é muito alto, por outro lado, o nível de adesão da vacina pode aumentar.

A partir da história da política de vacinação, que inclui numerosos episódios de resistência pública, muitas vezes na forma de medo de vacinas<sup>2</sup>, a importância das percepções do público e do comportamento coletivo para o resultado das campanhas de imunização começam a ser reconhecidas pelos teóricos e economistas.

---

<sup>2</sup> No Reino Unido, por exemplo, o medo do programa de vacinação contra coqueluche na década de 1970 causou declínio no nível de adesão da vacina, resultando em aumentos na morbidade e mortalidade por coqueluche (BAUCH e EARN, 2004).

Considerando, então, externalidades e que indivíduos têm de decidir como formular suas próprias decisões, podemos revisitar a literatura econômica das tomadas de decisões, mais especificamente em cenário de risco ou incerteza.

No estudo de Coelho e Codeço (2009) que investiga o comportamento da vacinação em função de crenças individuais, estudando a campanha de vacinação para febre amarela no Brasil, foi analisado o impacto da opinião pública nos resultados da campanha. Ambos relatam que nos meios de comunicação em massa, a difusão da informação é muito eficaz, o que certamente influenciou a incerteza e heterogeneidade nas opiniões públicas. Os autores argumentam que o surto da febre amarela no Brasil demonstrou o impacto da opinião pública sobre o resultado da campanha de vacinação e a dificuldade em lidar com os eventos em que envolvem decisão com insegurança.

Os autores Kahneman e Tversky (1979) em sua análise da decisão sob risco para a revista acadêmica *Econometrica*, reconhecem que o problema da tomada de decisão é desafiador, porque os resultados futuros de uma determinada ação raramente são totalmente previsíveis. Eles relacionam a tomada de decisão sob risco como uma escolha entre perspectivas ou apostas e definem que uma pessoa é avessa ao risco se preferir determinada perspectiva ( $x$ ) a qualquer perspectiva arriscada com valor esperado  $x$ . Na teoria da utilidade esperada, a aversão ao risco é equivalente à concavidade da função de utilidade de Bernoulli, o que nos diz que o indivíduo avesso ao risco deve preferir, num cenário de vacinação, não vacinar do que arriscar ter ganhos de quaisquer benefícios que a vacina pode trazer. Matematicamente:  $U(EL) \geq EU(L)$ . Onde  $L$  é o programa de vacinação, com seus benefícios como “prêmios” e  $U$  a função de utilidade Von Neumann e Morgenstern do indivíduo (BINMORE, 2009). A prevalência da aversão ao risco é talvez a generalização mais conhecida sobre escolhas arriscadas (KAHNEMAN e TVERSKY, 1979). Reluga et al. (2006) observam que a eficácia dos programas de vacinação é regida pela percepção pública da vacinação e que a tendência dos indivíduos de otimizar o interesse próprio pode levar a níveis de vacinação abaixo do ideal.

Com a recente pandemia do vírus COVID-19, economistas e epidemiologistas têm contribuído através de suas pesquisas e trabalhos científicos a fim de formular políticas e estratégias eficazes para o combate do vírus. Estudos recentes mostram como os instrumentos de política que vão além das campanhas de informação podem reduzir a hesitação na vacinação, como o trabalho

de Klüver et al. (2021), que através de uma pesquisa nacional feita na Alemanha no ano 2021 estuda o efeito de possíveis estratégias que governos podem adotar para aumentar a disposição de se vacinar contra o COVID-19: concedendo liberdades (refere-se a políticas que aplicam certas liberdades às pessoas que são vacinadas, enquanto penalizam as que não estão vacinadas), remuneração financeira (incentivos monetários e fiscais) e vacinação em centros de saúde locais (a fim de reduzir dos custos de transação e o aumentar da confiança), cujas estratégias mostraram, em média, positivos resultados.

Recentemente, no intuito de observar os efeitos das políticas acerca das vacinações de COVID-19 e avaliar o impacto dinâmico de várias políticas adotadas, estudos empíricos ultimamente empenham-se em avaliar quantitativamente o impacto dos mandatos de máscaras e outras intervenções não farmacêuticas no crescimento de novos casos COVID-19. Alguns dos trabalhos em questão têm utilizado um painel das variáveis de resultado, política e, alguns deles, utilizam *proxy* comportamental (para incorporar na estimação, a influência comportamental, que influencia a adesão de medidas não farmacêuticas como o uso das máscaras), a fim de estimar o efeito das intervenções políticas nos resultados de infecção de COVID-19. Podemos destacar os trabalhos de Karaivanov et al. (2021) e Chernozhukov et al. (2021), cujos métodos adotados incluem uma metodologia de diferença em diferenças, que é uma forma comumente usada em econometria e pesquisa quantitativa nas ciências sociais aplicadas para estimar os efeitos de novas políticas. O trabalho de Karaivanov et al. (2021) avalia e quantifica o efeito da comprovação de mandatos de vacinação na aceitação da primeira dose da vacina em diferentes províncias canadenses e alguns países europeus que implementaram a medida. Já a obra de Chernozhukov et al. (2021), que também usa a abordagem diferença em diferenças, avalia o impacto de políticas adotadas pelos estados dos Estados Unidos nas taxas de crescimento de casos e óbitos confirmados de COVID-19. Os autores buscam nesse trabalho apresentar uma estrutura em que mostra que a propagação do vírus COVID-19 pode ser explicada pela dinâmica das políticas governamentais e comportamento humano no que se diz respeito ao distanciamento social.

Sobre a metodologia adotada em ambos os estudos acima, um dos primeiros estudos científicos que explicitamente usa a abordagem diferença em diferenças, é o estudo de Snow (1854), que desmistificava a questão se a cólera foi transmitida pelo ar ou pela água (LECHNER,

2011)<sup>3</sup>. Desde então, temos uma série de trabalhos de economistas que aplicaram os métodos de diferença em diferenças, trabalhos em torno da economia do trabalho, da economia da saúde e a abordagem se tornou interessante para outros campos, como da psicologia e da epidemiologia.

O método diferença em diferenças combina comparações transversais de tratamento-controle e estudos antes e depois (FREDRIKSSON e OLIVEIRA, 2019), qual abordamos com mais detalhes no Capítulo 3 deste trabalho. A literatura econômica (FREDRIKSSON e OLIVEIRA, 2019; WOOLDRIDGE, 2012) sugere que uma regressão linear seja utilizada para obter os níveis de significância da estimativa de DID. Portanto, é esperado que os resultados utilizando essa abordagem reflitam estimativas significativas, positivas e diferentes de zero para o caso em que o mandato está associado a um aumento médio nas vacinações.

Diante da perspectiva histórica que fora resgatado neste capítulo pela literatura econômica, evidencia-se que no estudo da adesão das vacinas sob diferentes incentivos governamentais há muitas controvérsias que vêm sendo debatidas ao longo das décadas. Quando o objeto de estudo é, mais especificamente, a pandemia de COVID-19, os estudos são recentes, então não há certeza do quão bem sucedidos serão os métodos utilizados no futuro. Ademais, a importância do estudo sobre tal pandemia, programa de vacinação e políticas envolvidas se dá justamente pela análise da eficácia das medidas governamentais e se, economicamente e socialmente, elas podem ser justificadas de maneira positiva para uma sociedade.

---

<sup>3</sup> Lechner (2011) traz uma perspectiva histórica da abordagem diferença em diferenças, incluindo estudos das últimas décadas e os primeiros estudos, que começaram ainda no século XIX.

### 3 BASE DE DADOS E METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o impacto do mandato de comprovantes de vacinação para o acesso a locais públicos e empresas de serviços não essenciais adotadas pelos governos dos países europeus, França e Itália, e dos países latino-americanos, Argentina e Peru, na adesão da primeira dose da vacina de COVID-19 no ano de 2021. O objetivo secundário é examinar como seria o cenário de adesão da primeira dose da vacina se o mandato não houvesse sido anunciado e implementado.

Os países foram selecionados utilizando os seguintes critérios de escolha: I. Países que aplicaram os mandatos de comprovação de vacinação para acesso a atividades e lugares públicos<sup>4</sup> em nível nacional, II. Países que passaram pelo mesmo período de tratamento, cujo inicia-se a partir da data de anúncio oficial do mandato de comprovação vacinal em cada país, III. Países que poderiam ser agrupados (os países então selecionados pertencem a um mesmo continente, possuem proximidade geográfica, níveis de índice de desenvolvimento humano (IDH) similares e coeficientes de Gini próximos<sup>5</sup>) e, por fim, VI. Disponibilidade da base de dados necessária para a execução da estratégia empírica do trabalho. Os países Espanha e Brasil foram incluídos na metodologia como controles, que se referem aos países que não foram tratados, identificando as localidades em que a implementação do mandato não ocorreu em nível nacional, o que também é um requerimento da metodologia utilizada.

Nesse sentido, a fim de alcançar o primeiro objetivo proposto, o método utilizado segue uma abordagem similar à de Karaivanov et al. (2021), que, utilizando dados em painel – isto é, dados observados em vários períodos de vários países ou províncias – estima coeficientes no intuito de verificar o impacto dos mandatos de comprovação vacinal na proposta de imunização através da vacina por meio do método diferença em diferenças utilizando efeito fixo. Assim como o trabalho de Karaivanov et al. (2021), utilizamos neste estudo o método DID com efeito fixo, porém, para períodos de tratamento iguais entre países, diferentemente da abordagem de Karaivanov et al. (2021), que utiliza datas escalonadas de tratamento para as localidades estudadas. O método diferença em diferenças pode ser visto com mais detalhes na seção 3.2 deste capítulo. Este trabalho

---

<sup>4</sup> Tabela 5 com detalhes do escopo e medidas dos mandatos de comprovante de vacinação em cada país pode ser encontrada no Anexo B.

<sup>5</sup> Figuras 14, 15, 16 e 17 no Anexo A exibem tais índices e coeficientes de cada país.

também se difere do estudo de Karaivanov et al. (2021) nas localidades abrangidas. Enquanto o artigo de Karaivanov et al. (2021) utiliza dados das províncias canadenses e países europeus, este trabalho utiliza dados de países latino-americanos e países europeus, entretanto, não incluímos a Alemanha na abordagem, como é feito no artigo em questão. Além disso, a fim de alcançar o segundo objetivo proposto, utilizamos também o modelo autorregressivo integrado de médias móveis com o propósito de estimarmos uma previsão e examinarmos um cenário hipotético em que a política não houvesse sido anunciada e implementada nos países do estudo, contrastando com os dados observados na adesão da primeira dose após o anúncio do mandato. O método é mostrado com mais detalhes na seção 3.4 deste capítulo. Tal método não fora utilizado na abordagem de Karaivanov et al. (2021).

### 3.1 BASE DE DADOS

Como fonte de dados, a coleta foi feita a partir da publicação digital Our World in Data (OWID), que é um projeto do Global Change Data Lab da Universidade de Oxford, cuja especialidade é expor pesquisas empíricas e dados analíticos sobre mudanças nas condições de qualidade de vida ao redor do mundo e está focado em aumentar o uso de dados e evidências a fim de contribuir nos estudos de problemas como pobreza, doenças, fome, mudança climática, guerra, riscos existenciais e desigualdade. Our World in Data reúne e concentra dados do COVID-19 (como infecção, óbitos, vacinações entre outros) e as principais fontes de tais dados são instituições internacionais ou agências estatísticas – como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Banco Mundial e instituições da Organização das Nações Unidas (ONU). Dados oficiais também são coletados de fontes governamentais – por exemplo, os conjuntos de dados de vacinação e testes COVID-19 compilam os números oficiais mais recentes publicados por governos e ministérios da saúde em todo o mundo.

Os dados coletados para o trabalho são os valores cumulativos de pessoas vacinadas (que receberam ao menos uma dose da vacina), números de novos casos, números de novas doses, valores cumulativos de casos, valores cumulativos de óbito, data do anúncio do mandato de comprovante de vacinação e data da implementação efetiva. Todas as informações citadas acima foram coletadas dos dados específicos de cada país.

A Tabela 1 mostra as datas dos anúncios dos mandatos de exigência de comprovação de vacinação para acesso à determinados locais e atividades nos diferentes países abordados neste trabalho, bem como a data de implementação dos mesmos.

**Tabela 1 - Data dos Anúncios Mandatos e Data de Implementação dos mandatos**

	Data do Anúncio do Mandato	Data da Implementação do Mandato
<b>Países europeus</b>		
França	23 de julho de 2021	9 de agosto de 2021
Itália	22 de julho de 2021	6 de agosto de 2021
Espanha	País utilizado no trabalho como controle. Política não foi implementada em nível nacional no período abrangido (de junho a novembro de 2021)	
<b>Países latino-americanos</b>		
Argentina	10 de dezembro de 2021	1º de janeiro de 2022
Peru	15 de novembro de 2021	10 de dezembro de 2021
Brasil	País utilizado no trabalho como controle. Política não foi implementada em nível nacional no período abrangido (de outubro de 2021 à março de 2022)	

Fonte: Elaboração própria. Mais detalhes na Tabela 5 do Anexo B.

### 3.2 DIFERENÇA EM DIFERENÇAS (DID) UTILIZANDO DADOS EM PAINEL

Hsiao (2005) observa que a avaliação da eficácia de determinados programas usando amostras transversais normalmente enfrenta dificuldades pois não se observa simultaneamente o que acontece com um indivíduo quando recebe o tratamento ou quando não recebe. Segundo o autor, os dados em painel têm a vantagem de ser possível observar os efeitos antes e depois de receber o tratamento do mesmo indivíduo.

Fredriksson e Oliveira (2019) mostram que o estudo de diferença em diferenças básico tem dados de dois grupos e dois períodos. Com dois grupos e dois períodos, uma amostra de dados da população de interesse, a estimativa DID do impacto da política pode ser escrita da seguinte forma:

$$DID = (\bar{y}_{s=Tratamento,t=Depo} - \bar{y}_{s=Tratamento,t=Antes}) - (\bar{y}_{s=Controle,t=Depo} - \bar{y}_{s=Controle,t=Antes})$$



(1)

onde  $\bar{y}$  é a variável de resultado médio, o grupo, que neste caso é caracterizado pelo continente, é indexado por  $s$  e  $t$ , que neste trabalho é analisado em semanas, é o tempo. Com dados antes e depois para tratamento e controle, em uma situação hipotética de um grupo tratado e um grupo de controle, os dados são assim divididos nos quatro grupos e a dupla diferença acima é calculada. Neste trabalho, o grupo de tratamento é representado, no continente europeu, pela França e Itália, e o grupo de controle representado pela Espanha. Na América Latina, o grupo de tratamento inclui os países Argentina e Peru, enquanto o grupo de controle é representado pelo Brasil.

A equação (1) não retorna níveis de significância da estimativa de DID, portanto, a análise de regressão é usada. Segundo Lechner (2011), a abordagem DID é frequentemente usada dentro do modelo de regressão linear. Em uma estrutura de mínimos quadrados, a estimativa DID é obtida como o coeficiente  $\beta_3$  através regressão a seguir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamento} + \beta_2 \text{Pós} + \beta_3 \text{Tratamento} * \text{Pós} + \varepsilon_{ist} \quad (2)$$

onde  $Y$  é a variável de resultado, *Tratamento* é uma variável *dummy* igual a 1 para o grupo tratado e 0 para o grupo de controle, *Pós* é uma variável *dummy* igual a 0 para períodos que antecedem o tratamento e 1 para o período igual ou superior ao tratamento, *Tratamento \* Pós* é uma variável *dummy* indicando se o resultado foi observado no grupo tratado e após a intervenção, assumindo assim o valor 1, ou assumindo o valor 0 para qualquer outro caso. Por fim,  $\varepsilon_{ist}$  é o termo de erro.

Lechner (2011) argumenta que a vantagem da formulação de regressão no método DID é a facilidade de obter as estimativas finais e seus erros padrão, além de reduzir possíveis vieses em tendências temporais e aumentar a precisão da estimativa. Todavia, como todo método empírico, este não está isento de desvantagens. A literatura metodológica (LECHNER, 2011) observa um problema com tendências, no caso em que os grupos de comparação possuem tendências de resultados diferentes, e com a heterogeneidade dos efeitos fixos. No caso em que há qualquer heterogeneidade, os coeficientes de efeitos fixos ( $\gamma$  e  $\theta$ ) podem ser considerados aleatórios ao invés de serem constantes. Lechner (2011) explica que isso é um problema intrínseco da regressão que

ao assumir um coeficiente não estocástico, qualquer desvio estocástico que não pode ser capturado na regressão torna-se parte do termo de erro.

Desta maneira, utilizamos uma regressão linear com dados em painel (cuja equação é mostrada com mais detalhes na próxima seção) para estimar os coeficientes. No software RStudio, o pacote utilizado é o *plm* (*Panel data econometrics in R*).

A fim de evitar problemas causados por omissão de variáveis no caso em que a variável independente possa estar correlacionada com efeitos fixos de local ou de tempo ou erro idiossincrático – o que causaria algum viés na estimação – incluímos efeitos fixos na equação. Não estamos interessados na estimativa de seus parâmetros, e sim na variação que o efeito explica. O principal intuito de incorporar efeitos fixos neste modelo é minimizar os vieses causados por variáveis omissas que são não observáveis e obter estimativas consistentes para os coeficientes. O estimador de efeitos fixos utilizado no RStudio é o modelo *within* que captura, em um único coeficiente ( $\theta$ ), todas as especificidades do local  $i$  que são invariantes no tempo, como também as especificidades do período  $t$  no coeficiente  $\gamma$ .

A abordagem utilizada por Karaivanov et al. (2021) segue a metodologia de Sun & Abraham (2021) que propõe um estimador de DID “ponderado por interação” para datas escalonadas de tratamento. Entretanto, como neste trabalho não serão utilizadas datas escalonadas, a abordagem utilizada consiste no método diferença em diferenças com efeito fixo para dados em painel.

### 3.3 ESTIMAÇÃO DO MODELO

Estimamos um modelo onde a decisão de receber uma vacina contra COVID-19 (que neste trabalho é medida pelas primeiras doses semanais) é afetada pelas políticas de mandato de vacinação para acesso em determinados lugares,  $P_{it}$ , pelo cenário epidemiológico  $i$  no período de tempo  $t$ , representado pelos casos,  $C_{it}$ , e óbitos,  $O_{it}$ . O modelo também incorpora efeitos fixos relativos a data e local.

Supondo que indivíduos consideram a situação epidemiológica para aderir ou não a vacina e, também, como suposição, que não existam defasagens de tempo entre o anúncio do mandato e a

capacidade de uma pessoa receber uma primeira dose de vacina, estimamos o modelo como segue a equação:

$$V_{it} = \beta_1 \text{Trat} + \beta_2 \text{Pós} + \beta_3 P_{it} + \alpha C_{it} + \delta O_{it} + \theta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

As variáveis interessantes para o modelo estão sumarizadas com suas respectivas descrições abaixo.

- a. **Resultado** ( $V_{it}$ ): A variável dependente  $V_{it}$ , que consiste nos valores de indivíduos vacinados com primeira dose para a localização  $i$  no período  $t$ . Dados semanais são usados na análise – em virtude de evitar sazonalidade que determinados dias como feriados e finais de semana podem causar na série. São usados dados de variações semanais dos indivíduos que tomaram as primeiras doses com a finalidade de refletir de forma mais robusta o impacto da comprovação de mandatos de vacinação, bem como são analisados valores cumulativos.
- b. **Tratados** ( $\text{Trat}$ ): Variável *dummy* que identifica os países que foram tratados ( $\text{Trat} = 1$ ) e países de controle, que não foram tratados ( $\text{Trat} = 0$ ).
- c. **Pós-tratamento** ( $\text{Pós}$ ): Variável *dummy* que identifica o período pré-tratamento ( $\text{Pós} = 0$ ) e pós-tratamento ( $\text{Pós} = 1$ ).
- d. **Política** ( $P_{it}$ ): A intervenção do modelo ( $\text{Trat} * \text{Pós}$ ). A variável independente  $P_{it}$  denota a política dos mandatos de apresentação do certificado de vacinação para acesso a determinadas atividades e locais. Assumindo que  $T_i$  é a data de anúncio do comprovante de mandato de vacinação em território  $i$ , assume-se que  $P_{it} = 1$  se o resultado foi observado no país tratado e após o anúncio do mandato em que  $t \geq T_i$  e  $P_{it} = 0$  para o período que antecede tal anúncio,  $t < T_i$  e para os países que não adotaram tal política. A variável *dummy*  $P_{it}$  indica se o resultado foi observado no grupo de tratamento e foi observado após a intervenção. Para qual quer outro caso,  $P_{it} = 0$ .
- e. **Casos** ( $C_{it}$ ): Como visto no Capítulo 2 que investiga a literatura econômica, alguns trabalhos (COELHO e CODEÇO, 2009) pontuam como a situação pandêmica (risco de contágio e risco de morbidades causada pela infecção) pode impactar na decisão de adesão da vacina. Pairando sob essa concepção consideramos a variável  $C_{it}$ , que reflete a situação epidemiológica da COVID-19 no território  $i$ , incorporando no modelo dados de casos, suas variações semanais e dados cumulativos.

- f. **Óbitos** ( $O_{it}$ ): Assim como a variável  $C_{it}$ , a variável  $O_{it}$  também traz para a equação o contexto epidemiológico da COVID-19 no território  $i$ , incorporando no modelo dados de óbitos, suas variações semanais e dados cumulativos.
- g. **Efeito Fixo de País** ( $\theta_i$ ): Incluímos efeitos fixos de país e de data no nosso modelo. Os efeitos fixos para cada país abrangem características do território a nível nacional como distribuição etária.
- h. **Efeito Fixo de Período** ( $\gamma_t$ ): Os efeitos fixos de período refletem eventos que podem afetar a decisão de vacinar, como notícias e pré-requisitos de comprovação de vacina para viagens, quais não variam no tempo.

Na equação,  $\beta_1$  representa a diferença entre o grupo de tratamento e o grupo controle antes do tratamento,  $\beta_2$  representa o quanto o resultado médio do grupo de controle mudou no período pós-tratamento,  $\beta_3$  captura o impacto médio do anúncio de mandato nas primeiras doses em todas as datas posteriores ao anúncio,  $\alpha$  captura o quanto da informação da situação epidemiológica, mais especificamente os casos confirmados, impacta na variável resultado do modelo,  $\delta$  captura o quanto os óbitos confirmados impactam na variável resultado do modelo,  $\theta$  captura todas as especificidades do local  $i$  que são invariantes no tempo, tal como  $\gamma$  concentra um valor único para cada especificidade período  $t$  que é invariante no tempo. A variável de erro  $\varepsilon_{it}$  quantifica possíveis falhas do modelo ao ajustar-se aos dados.

A Tabela 2 mostra uma prévia do conjunto de dados que viabiliza a interpretação dos coeficientes de interesse, que neste caso são a Política ( $P_{it}$ ), Casos ( $C_{it}$ ) e Óbitos ( $O_{it}$ ), além das variáveis *dummies* que identificam os locais e períodos tratados. A prévia mostra um exemplo do caso europeu. As variáveis Tratados e Pós-tratamento foram incluídas na equação para viabilizar a obtenção do coeficiente da variável Política ( $P_{it}$ ).

**Tabela 2 - Prévia da base de dados utilizada para o caso europeu**

País	Local	Semana	Pessoas Vacinas	Casos	Óbitos	Política	Tratados	Pós
1	França	1	32646391	5819809	110954	0	1	0
1	França	2	33921399	5832628	111189	0	1	0

1	França	3	35112396	5849167	111377	0	1	0
...								
1	França	20	51250615	7270410	118632	1	1	1
2	Itália	1	32030929	4253460	127291	0	1	0
2	Itália	2	33930280	4258456	127500	0	1	0
...								

Fonte: Elaboração própria.

A tabela acima mostra apenas dados cumulativos. Variações semanais de pessoas vacinadas, casos e óbitos também são utilizadas no trabalho com a mesma estrutura. O painel de dados é do tipo balanceado (mesmo número de períodos para cada unidade observacional).

### 3.4 MODELO AUTORREGRESSIVO INTEGRADO DE MÉDIAS MÓVEIS (ARIMA)

No intuito de complementar a análise econométrica com uma previsão de um cenário hipotético em que a política não fosse anunciada e implementada, utilizamos séries temporais através do modelo um modelo autorregressivo integrado de médias móveis. Enquanto a abordagem DID discutida na seção 3.2 nos permite estimar o impacto de anúncios de mandato sobre novas primeiras doses nos países, a abordagem de séries temporais permite-nos observar como a curva da primeira dose da vacina se comportaria se a política não houvesse existido nos países Argentina, França, Itália e Peru, em um período de um mês.

A previsão complementa a metodologia DID, de modo a considerar a importância da estimação de ocorrências futuras para que os tomadores de decisão possam desenvolver políticas que demonstrem eficácia.

A literatura empírica (HO e XIE, 2018) argumenta que a modelagem ARIMA é uma abordagem exploratória para dados que tem a flexibilidade de ajustar um modelo adaptado a partir da própria estrutura dos dados, através do auxílio da função de autocorrelação (FAC) e função de autocorrelação parcial (FACP). Com este modelo é possível obter informações sobre a série como tendência, sazonalidade, entre outros. Como resultado, a literatura empírica mostra que as previsões dos valores futuros da série, podem ser prontamente obtidas com algum grau de precisão.

Conforme a literatura empírica (MORETTIN; TOLOI, 2018) mostra, o modelo ARIMA divide-se em 3 parâmetros, p,d e q, onde p é o atraso autoregressivo, d ordem de diferenciação e q é o parâmetro de média móvel, representando respectivamente AR, I e MA.

Sendo  $X_{t-k}, k = 0, 1, 2, 3 \dots \dots, p$  uma série temporal estacionária, em que  $X_t$  representa o tempo entre as falhas ou o número de falhas por intervalo de tempo, esta pode ser expressa em um modelo ARIMA (p,q), cujo é uma combinação linear dos valores passados de  $X_t$  e erros  $\varepsilon_t$ :

$$X_t = \gamma_0 + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Onde p e q são onde p e q são a ordem do modelo autorregressivo e do modelo de média móvel respectivamente,  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  são os pesos de regressão a serem estimados,  $\gamma_0$  representa o componente de tendência e  $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$  são os erros aleatórios.

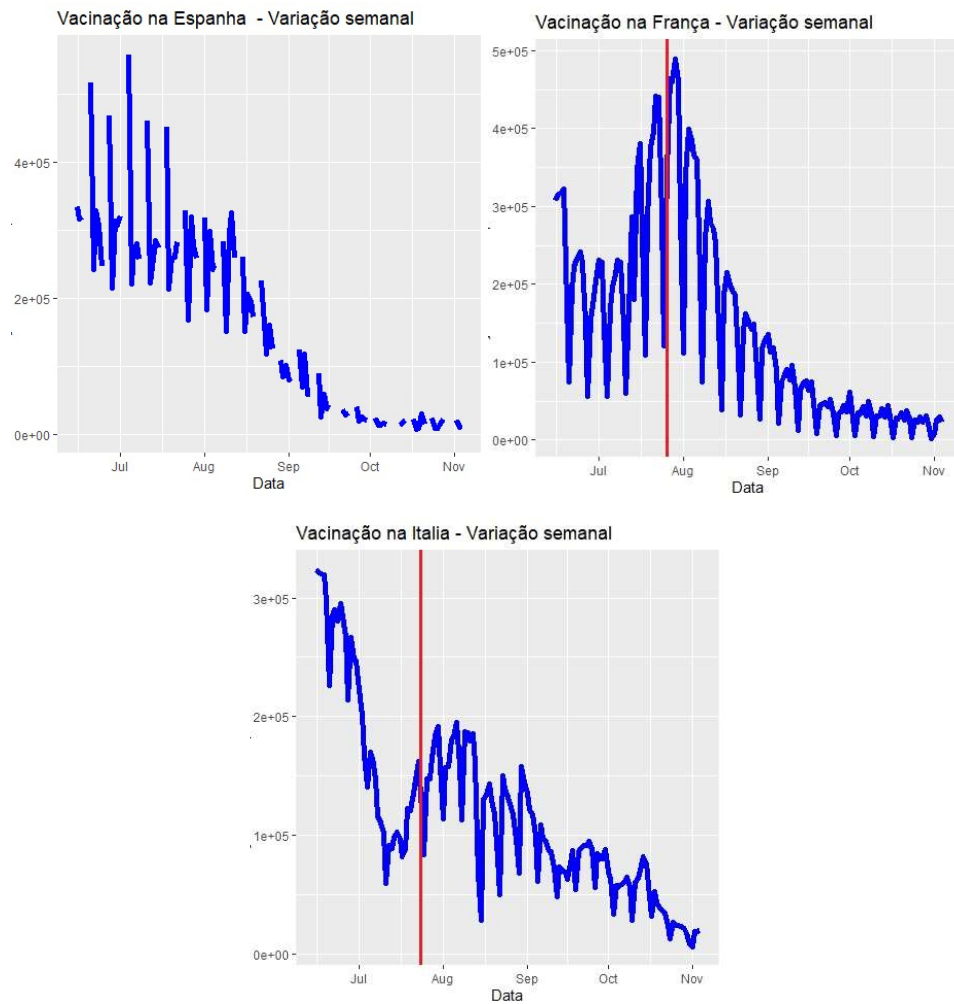
A ordem de diferenciação d mostra quantas vezes a série têm de ser diferenciada até se tornar estacionária.

Como esta modelagem utiliza dados do passado para prever uma série futura, usando a autocorrelação e médias móveis, para tal previsão são considerados dados observados da vacinação de cada país por um período de cinco meses que antecedem a data do anúncio do mandato.

### 3.5 ANÁLISE DESCRITIVA

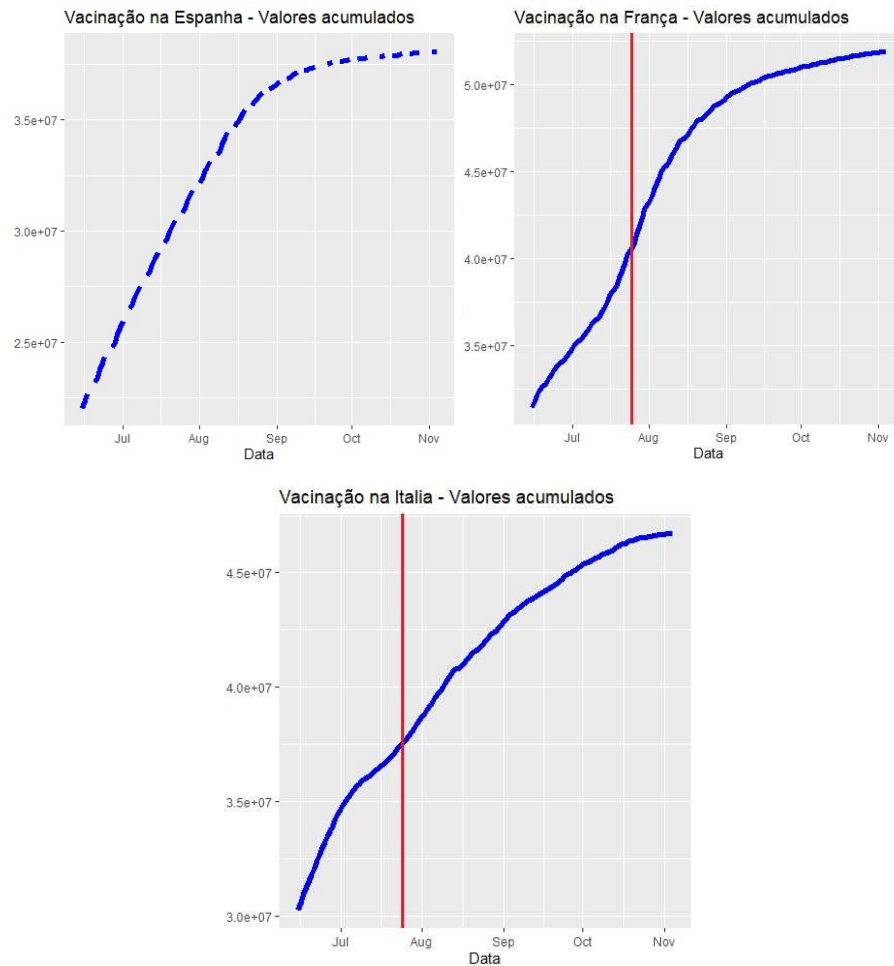
A Figura 1 mostra, da esquerda para direita, o comportamento da variação semanal da adesão das primeiras doses nos países europeus Espanha, França e Itália antes e após intervenção, sendo a intervenção representada pelo intercepto vermelho, bem como a Figura 2 mostra em gráficos os valores cumulativos de adesão da vacina nos mesmos países. A Espanha não possui intercepto pois tal política não foi implementada em nível nacional no período analisado.

**Figura 1 - Adesão da primeira dose da vacina na Europa segundo dados obtidos do OWID –  
Variação semanal**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 2 - Adesão da primeira dose da vacina na Europa segundo obtidos do OWID – Valores acumulados**

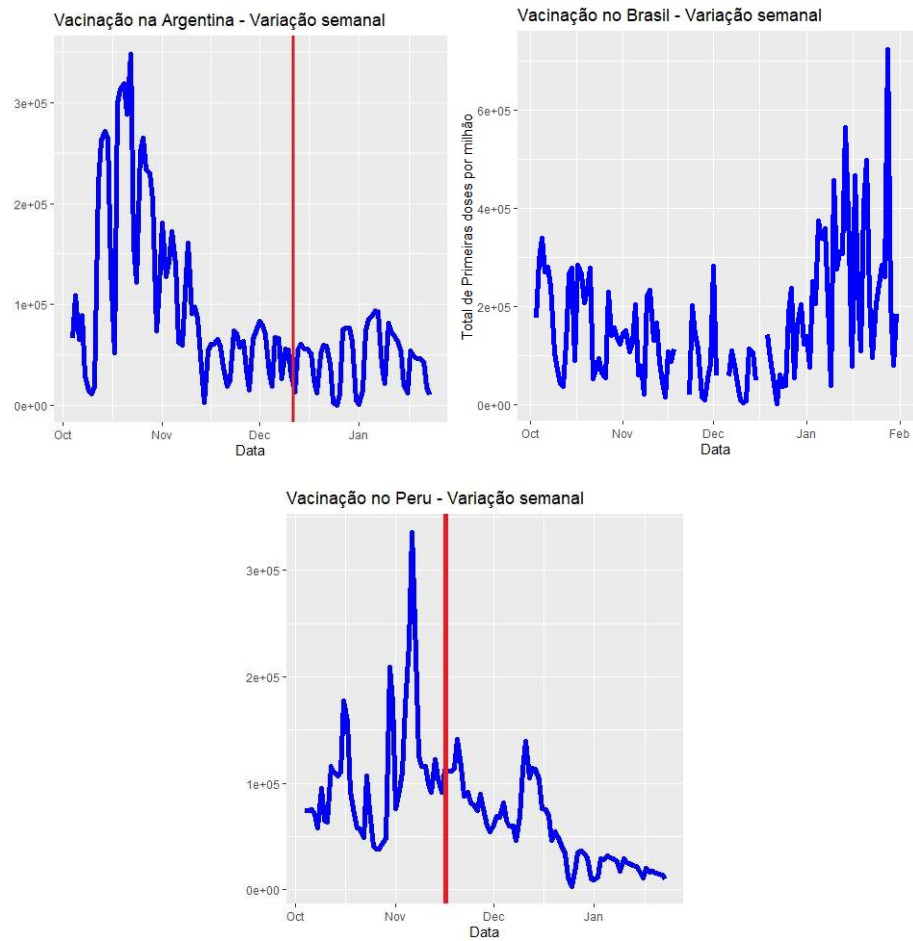


Fonte: Elaboração própria.

Como demonstrado acima para os países europeus estudados neste trabalho, a Figura 3 mostra, da esquerda para direita, o comportamento da variação semanal da adesão das primeiras doses nos países latino-americanos Argentina, Brasil e Peru antes e após intervenção, sendo a intervenção representada pelo intercepto vermelho e a Figura 4 mostra em gráficos os valores cumulativos de adesão da vacina nos mesmos países. O Brasil não possui intercepto pois tal política não foi implementada em nível nacional no período analisado.

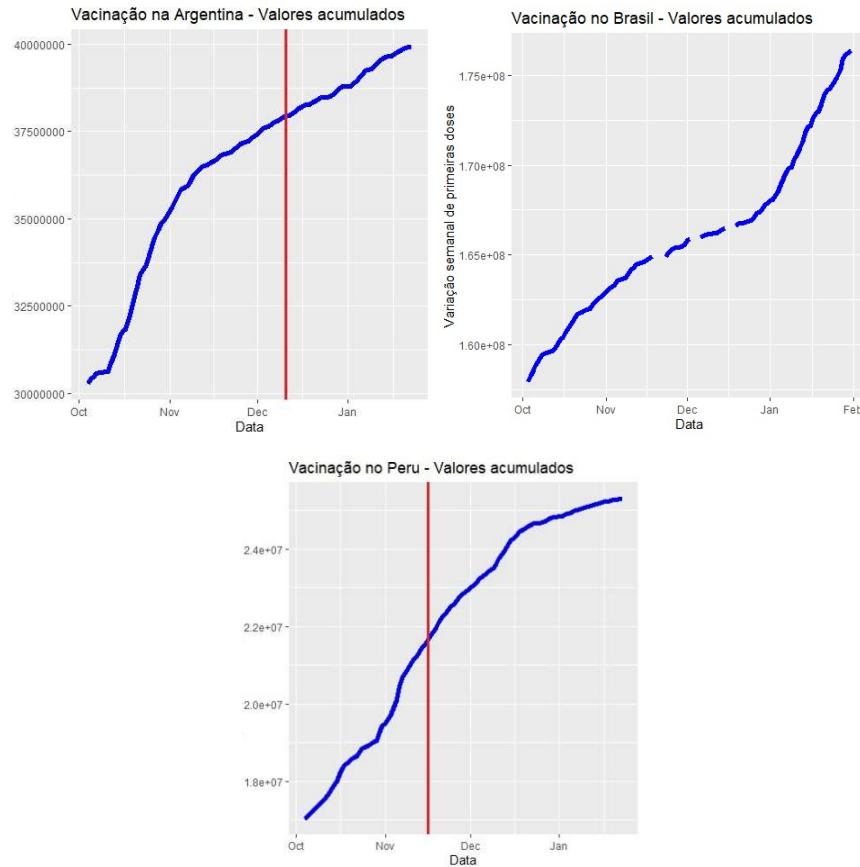


**Figura 3 – Adesão da primeira dose da vacina da América Latina segundo dados obtidos do OWID  
– Variação semanal**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 4 - Adesão da primeira dose da vacina da América Latina segundo dados obtidos do OWID – Valores acumulados**



Fonte: Elaboração própria.

De antemão, já é possível fazer algumas observações dos gráficos elaborados a partir dos dados coletados. A primeira delas é que notamos uma potencial sazonalidade, marcada pela não estacionariedade das séries de valores semanais, visível pela inconstância da média. Possivelmente porque os dados coletados representam a vacinação diária e, em algumas localidades e cidades, as vacinas não são aplicadas todos os dias e a procura para aderir a vacina pode variar entre dias úteis e não úteis, assim como pode variar dentro dos próprios dias úteis. À vista disso, os dados utilizados na metodologia, utilizam observações semanais das primeiras doses da vacina. Os gráficos das séries de valores cumulativos, ainda que não demonstrem uma sazonalidade explícita, tampouco aparentam ser estacionários, pela observável inconstância da média.

A segunda observação relevante dos gráficos é que a Figura 1 mostra que a variação semanal das primeiras doses semanais na França e Itália crescem rapidamente após o anúncio do

mandato de comprovação da vacinação, atingindo um pico em até três semanas após a data do anúncio e depois diminui. Em contraste, o gráfico que representa a vacinação na Espanha mostra uma diminuição constante nas primeiras doses semanais durante o período.

Na Figura 3, duas observações iminentes podem ser destacadas. Uma delas é a vacinação no Peru que, logo após o anúncio do mandato tem dois novos picos, um deles sendo imediatamente após o anúncio o outro, o mais alto número de adesão em um mês, é um dia após a implementação da política. A outra diz respeito à vacinação no Brasil, que mostra uma adesão da primeira dose da vacina muito alta no mês de janeiro, quando comparamos aos meses de outubro a dezembro. É relevante considerar que nessa mesma época, em janeiro, o Brasil registrou um aumento de casos e óbitos.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da utilização metodologia e base de dados discutidos no Capítulo 3 permitem analisar o cenário de adesão da vacina sob efeito da política anunciada e implementada, bem como um cenário em que tal política supostamente não houvesse sido implementada. Neste capítulo 4, são analisados os resultados obtidos através da metodologia DID, como também os resultados obtidos utilizando o modelo ARIMA, para uma análise do cenário hipotético onde a política não é observada.

O intuito principal dessa análise é discutir tais resultados, a fim de fazer constatações sobre os coeficientes, gráficos e estimativas geradas utilizando o modelo empírico proposto para os quatro países deste estudo.

Na seção 4.1 examinamos os resultados obtidos utilizando a metodologia DID para os países da Europa, França e Itália. Na seção 4.2, examinamos na sequência os resultados usando a mesma metodologia para os países da América Latina, Argentina e Peru. Na seção 4.3 discutimos os resultados da execução do modelo ARIMA para cada um dos países da Europa estudados neste trabalho, França e Itália, utilizando dados que antecedem ao anúncio do mandato das políticas. Encerrando a análise dos resultados, a seção 4.4 examina na sequência os resultados utilizando o modelo ARIMA para os países latino-americanos que adotaram a política em nível nacional, Argentina e Peru.

### 4.1 ESTIMATIVAS UTILIZANDO A ABORDAGEM DIFERENÇA EM DIFERENÇAS PARA OS PAÍSES EUROPEUS – FRANÇA E ITÁLIA

Utilizando a metodologia descrita na seção 3.2, a Tabela 3 mostra os resultados da utilização do método DID para os países europeus utilizando a equação (3). As colunas (1) e (2) mostram diferentes resultados. Em (1), temos resultados do modelo utilizando a variação semanal de vacinados com primeira dose, variação semanal de casos e variação semanal de óbitos. Em (2) temos resultados também considerando os casos e óbitos, cujos foram incorporados na equação (3), a fim considerar que pessoas tomam decisões em um contexto de vacinação dada a situação epidemiológica no território  $i$  e no tempo  $t$ , entretanto, em (2) consideramos o total cumulativo de pessoas vacinadas com primeira dose nos países europeus, casos cumulativos e óbitos cumulativos.

Tabela 3 - Países europeus - Resultados do método diferença em diferenças

Resultado: Primeiras doses de vacinação (valores semanais), $V_{it}$		
p-valor em []	(1)	(2)
Política, $P_{it}$	-251230 [0.371]	3325500 *** [0.001]
Casos, $C_{it}$	8.753 *** [0.000]	6.7696 *** [0.002]
Óbitos, $O_{it}$	- 224.44 [0.479]	442.14 * [0.021]
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1		
<b>R<sup>2</sup></b>	0.6362	0.9579
<b>N</b>	40	40
<b>Efeito Fixo de Local</b>	X	X
<b>Efeito Fixo de Tempo</b>	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Observando os resultados da tabela acima, podemos fazer algumas análises. A coluna (1), qual aborda resultados obtidos através de dados da variação semanal de vacinados, denota que a política está associada a um decréscimo nas primeiras doses semanais; que os casos semanais estão associados a um acréscimo na adesão das primeiras doses e que os óbitos semanais estão associados a um decréscimo, diferentemente do que mostra a coluna (2) que, por sua vez, considerando dados cumulativos de vacinados, casos e óbitos, mostra que a política, os casos e óbitos estão associados a um aumento na adesão da primeira dose.

A política implementada se mostrou estatisticamente significativa apenas quando utilizamos dados cumulativos para execução da metodologia, cujos coeficientes estão apresentados na coluna (2), enquanto a coluna (1), utilizando variações semanais, não mostra significância para a política.

Ademais, a tabela mostra coeficientes  $R^2$  de 0.6362 para a coluna (1) que indica que 62.62% da variabilidade na adesão das primeiras doses pode ser explicada pela equação e dados utilizados em (1). A coluna (2) mostra um  $R^2$  maior, de 0.9579, indicando que 95.79% da variabilidade das primeiras doses de vacina pode ser explicada pela equação que incorpora dados cumulativos.

Os resultados expostos na Tabela 3 e analisados nos parágrafos acima nos permitem fazer importantes considerações. Podemos destacar as estimativas para a variável Política,  $P_{it}$ , que representa o anúncio do mandato de comprovantes de vacinação. O coeficiente resultante da

metodologia utilizada é negativo no primeiro caso e positivo no segundo. O resultado da coluna (1) não sugere que tal política tenha aumentado a adesão das primeiras doses, o que pode parecer estranho. Entretanto, verificando o  $R^2$  de 0.6362, que é um valor relativamente baixo para esse coeficiente, os dados não parecem se ajustar bem ao modelo proposto. Podemos destacar que, conforme mostra a Figura 1 da seção 3.5, a variação semanal da adesão da primeira dose mostra um comportamento distinto em cada um dos países antes do tratamento, enquanto a Figura 2 mostra um percurso bem similar dado que são os utilizados dados cumulativos. A metodologia diferença em diferenças requer uma tendência paralela que antecede o anúncio do mandato, para garantir que a estimativa não seja tendenciosa. Desta maneira, ainda que as estimativas da coluna (1) fossem significativas, não poderiam ser consideradas para conclusões dos resultados.

Observando de forma mais robusta os dados e a metodologia, podemos discutir algumas outras razões que levaram aos resultados obtidos em (1).

A Figura 1 da seção 3.5, que mostra a variação semanal de adesões da vacina, exhibe um aumento gradual da vacinação após o anúncio do mandato, tal aumento não fora instantâneo nos países europeus aqui abordados. Ou seja, em ambos os países pelo período de 3 semanas pós anúncio da intervenção é exibido um aumento gradual da vacinação, que pouco se difere do período de 3 semanas antes da intervenção, que também apresentava um comportamento crescente na adesão da vacina. Não vemos um ponto de inflexão na curva de vacinação imediatamente após o anúncio da política. A inflexão aparece, em torno de 3 semanas após a intervenção nos países, quando a vacinação começa apresentar números mais baixos de adesão semanal de primeiras doses. Além disso, os dados nos expõem um período maior de comportamento decrescente após a intervenção, de 13 semanas para a França e 12 semanas para Itália, em contraste com apenas 2 ou 3 semanas após a intervenção de crescimento dos números de adesão semanal das primeiras doses.

É relevante destacar, também, que a metodologia utilizada mostra resultados utilizando três países agrupados, sendo uma metodologia que trabalha com diferenças médias, o que não exclui, portanto, a possibilidade de o mandato ter estatisticamente impactado positivamente na variação semanal da vacina na França ou Itália.

As ponderações mencionadas são relevantes para compreender a origem do resultado que a variável Política,  $P_{it}$ , retorna nessa equação na coluna (1).

A respeito da coluna (2), os resultados sugerem que o mandato tenha positivamente impactado na adesão de vacinas e que os casos e óbitos confirmados também impactam na adesão da primeira dose.

À vista disso, é possível perceber que a utilização dos dados cumulativos parece se adequar melhor à equação e ao modelo, segundo o coeficiente  $R^2$  e, assim, segue as exigências da metodologia. Obtemos estimativas positivas, que indicam que a política, os casos e óbitos estão associados a um aumento na adesão da primeira dose de vacina contra COVID-19.

Ainda sobre a Tabela 3, as últimas linhas informam o tamanho da amostra e confirmam que foram inseridos efeitos fixos.

#### 4.2 ESTIMATIVAS UTILIZANDO A ABORDAGEM DIFERENÇA EM DIFERENÇAS PARA PAÍSES DA AMÉRICA LATINA

O estudo dos países da América Latina analisados nesta seção, Argentina e Peru, segue o método DID. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para os países latino-americanos utilizando a estratégia empírica mencionada. Da mesma forma que a Tabela 3 está estruturada na seção 4.1, as colunas (1) e (2) da Tabela 4 também mostram resultados utilizando dados que refletem a variação semanal de adesão de primeira dose, casos e óbitos em (1) e dados cumulativos para adesão de primeira dose, casos e óbitos em (2).

**Tabela 4 - Países latino-americanos - Resultados do método diferença em diferenças**

<b>Resultado: Primeiras doses de vacinação (valores semanais), <math>V_{it}</math></b>		
<b>p-valor em []</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>
Política, $P_{it}$	-131000 [0.468]	1490500 * [0.015]
Casos, $C_{it}$	0.35405 * [0.046]	-0.322 . [0.084]
Óbitos, $O_{it}$	227.66 *** [0.000]	449.26 *** [0.000]
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1		
<b>R<sup>2</sup></b>	0.628	0.963
<b>N</b>	40	40
<b>Efeito Fixo de Local</b>	X	X
<b>Efeito Fixo de Tempo</b>	X	X

Fonte: Elaboração própria.

A coluna (1) mostra que as variáveis de casos e óbitos são significativas para o modelo. Utilizando variações semanais, a variável Política,  $P_{it}$ , não mostra significância estatística. A coluna (2), incorporando os dados cumulativos, denota que os óbitos semanais possuem um alto nível de significância para o modelo, onde o p-valor verificado é de 0, e traz estimativas positivas, sinalizando que os óbitos têm efeito no número cumulativo de indivíduos que aderiram a primeira dose da vacina. A política mostra um nível de significância menor, mas ainda assim é significativa para o modelo. Os casos exibem um coeficiente ainda menos significativo. Tais não indicam que as variáveis impactam menos ou mais na adesão da vacina, mas conferem que a estimativa resultante pode ter ocorrido ao acaso em menos de 1% de chance para a estimativa da política, e menos de 5% para a estimativa dos casos.

É possível notar algumas semelhanças entre a Tabela 4 e a Tabela 3, como também algumas diferenças. A semelhança está nos coeficientes negativos atrelados à variável Política,  $P_{it}$ , na coluna (1). Mesmo que estes fossem estatisticamente significativos para o modelo, são estimativas negativas e, por consequência, não indicariam um aumento na adesão da primeira dose da vacina causada pela política nos países latino-americanos Argentina e Peru. Uma outra semelhança é observada na estimativa positiva da variável Política,  $P_{it}$ , na coluna (2), como também um  $R^2$  maior nos resultados dessa mesma coluna, que mostra um melhor ajuste dos dados semanais cumulativos, como discutido anteriormente a respeito da Tabela 3. Além disso, todos os coeficientes da coluna (2) em ambas as tabelas mostram algum nível de significância para o modelo. A Tabela 4 mostra um  $R^2$  de 0.628 para a coluna (1), que é um valor considerado baixo para tal coeficiente, cujo indica que cerca de 62,8% da alterabilidade da variável dependente pode ser explicada pelas variáveis propostas ao modelo, em contraste com o  $R^2$  obtido para o caso de dados cumulativos em (2), que mostra um  $R^2$  mais próximo de 1. O  $R^2$  baixo não indica que há algo de incorreto com a metodologia utilizada, mas expressa que os dados de variação semanal não se ajustam bem ao modelo proposto. Tal nível de  $R^2$  na coluna (1) se assemelha ao nível exibido para a coluna (1) na Tabela 3.

No que se refere às diferenças entre os resultados mostrados na Tabela 3 e 4, podemos destacar a significância das variáveis de casos e óbitos. Enquanto no exemplo europeu, mostrado na Tabela 3, os casos confirmados em ambas as colunas mostraram um alto nível de significância para o modelo, em contraste com os óbitos que mostraram significância apenas no caso em que foram utilizados dados cumulativos, em um nível menor. Divergindo da Tabela 4 que no exemplo



latino-americano mostra um alto nível de significância para os óbitos nas duas colunas da tabela e um menor nível de significância para os casos, nas duas colunas da tabela.

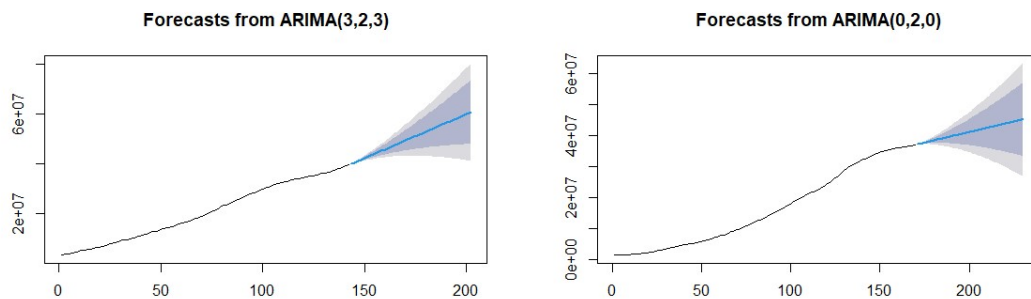
### 4.3 RESULTADOS UTILIZANDO A METODOLOGIA ARIMA PARA OS PAÍSES EUROPEUS – FRANÇA E ITÁLIA

O intuito da utilização da modelagem ARIMA neste trabalho é observar como seria o comportamento das séries em um cenário hipotético em que a política não houvesse sido implementada nos países estudados.

A partir dos resultados obtidos pela metodologia DID analisados nas seções 4.1. e 4.2, quais mostram que a variável Política,  $P_{it}$ , mostra significância estatística e traz estimativas positivas, indicando que o aumento na vacinação pode ser explicado pelo mandato quando utilizamos os dados cumulativos de vacinação semanal, utilizamos nesta seção e na seção 4.4 apenas dados cumulativos de vacinação.

A Figura 5 exibe resultados em representação gráfica utilizando o modelo ARIMA para as séries da França e Itália, respectivamente. Essa metodologia secundária é interessante pois possibilita uma análise individual de cada país.

**Figura 5 - Países europeus, França e Itália - Resultados do método ARIMA**



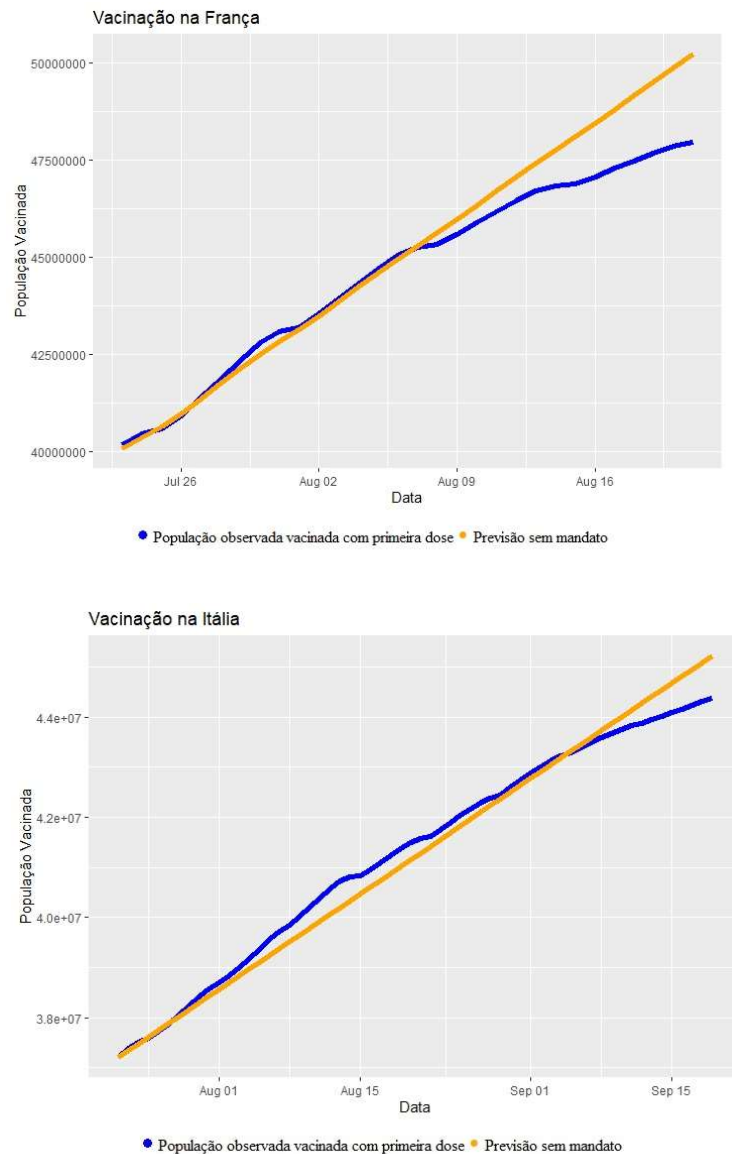
Fonte: Elaboração própria.

Os gráficos da Figura 5 nos possibilitam fazer poucas considerações iniciais. Nota-se nos gráficos acima, onde o eixo Y é o total cumulativo de vacinados com primeira dose da vacina e

eixo X é o tempo transcorrido em dias, sendo o dia “0” a data de 01/02/2021 e um período de trinta dias contados a partir do dia do anúncio do mandato representando a previsão gerada, que a previsão seguiu a tendência histórica de vacinação. Espera-se que, por serem gráficos de dados cumulativos, que a curva não tenha um comportamento decrescente; que essa assuma um comportamento crescente ou retilíneo, o que está de acordo com as curvas exibidas acima. O nível de confiança de 95% está representado pela área sombreada ao redor da previsão. Verificando os dois gráficos, não é possível concluir muito sobre a eficácia dos mandatos de comprovantes de vacinação, pois as curvas observadas no cenário real com implementação do mandato (exibidas na Figura 2 da seção 3.5) se parecem com as previsões geradas acima.

A Figura 6 mostra, para fins comparativos, os resultados da previsão obtidos utilizando o modelo ARIMA e contrasta com os dados observados da adesão da primeira dose da vacina na França e Itália. Ambos os gráficos refletem dados cumulativos para trinta dias após o anúncio do mandato em cada um dos países.

**Figura 6 - Países europeus, França e Itália - Dados observados e resultados obtidos utilizando o modelo ARIMA**



Fonte: Elaboração própria.

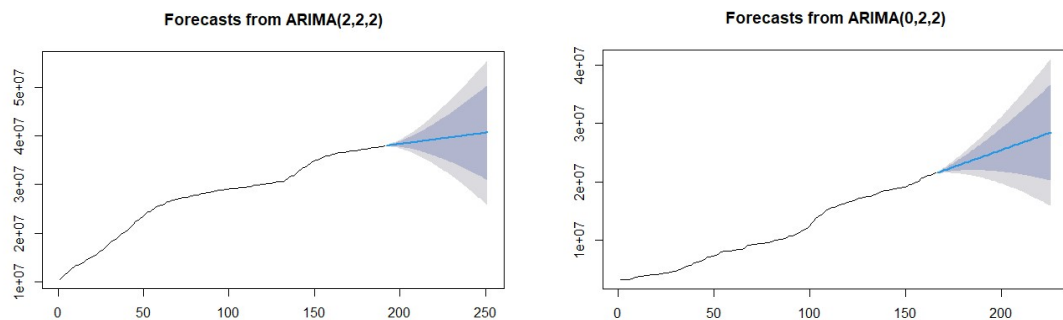
É possível notar que nos primeiros quinze dias exibidos no gráfico, que refletem dados e resultados das primeiras duas semanas após a implementação do mandato no cenário real, em ambos os países o comportamento observado da vacinação é maior que o comportamento previsto em um cenário hipotético sem a implementação do mandato. Entretanto, nos dois países, os valores cumulativos para um cenário sem a política se mostraram maiores que os valores observados com o cenário real cuja política é inserida após as primeiras semanas de anúncio do mandato, sugerindo

que a vacinação poderia ser igual ou maior em um cenário sem a política, dado o comportamento histórico da vacinação. Quanto a esse resultado, podemos destacar dois pontos pertinentes. A previsão, considerando períodos anteriores, não considera que há um limite de vacinação da população, que é quando toda a população elegível para a vacina adere a primeira dose. A curva tem de assumir em algum momento um crescimento baixo ou assumir um valor constante no longo prazo. O outro ponto a se considerar é que dificilmente a vacinação seria desincentivada por tal política, tendo em vista as externalidades envolvidas nesse cenário. Por fim, os gráficos acima evidenciam que nos países europeus estudados neste trabalho, dadas as circunstâncias acima, em um cenário sem a política também observaríamos um aumento igual ou maior de adesão da primeira dose.

#### 4.4 RESULTADOS UTILIZANDO A METODOLOGIA ARIMA PARA OS PAÍSES LATINO-AMERICANOS – ARGENTINA E PERU

A Figura 7 exhibe resultados em representação gráfica utilizando o modelo ARIMA para as séries dos países latino-americanos Argentina e Peru, respectivamente.

**Figura 7 - Países latino-americanos, Argentina e Peru - Resultados do método ARIMA**



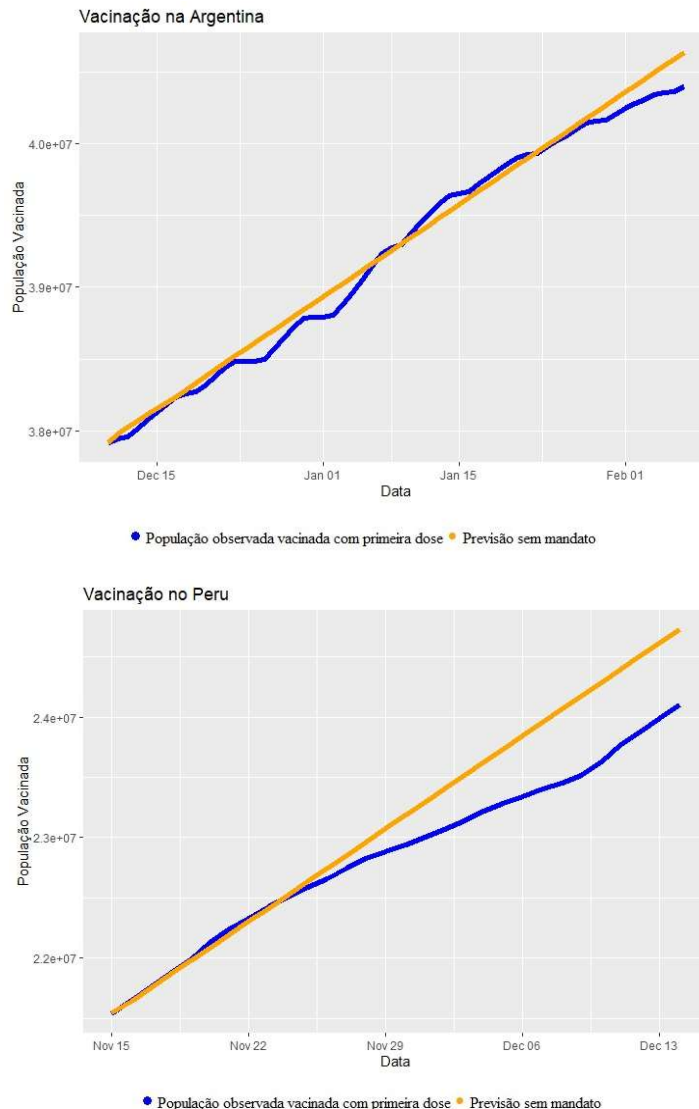
Fonte: Elaboração própria.

Os resultados da metodologia ARIMA utilizando dados semanais cumulativos trazem uma previsão de crescimento da adesão de primeira dose para os trinta dias que sucedem o anúncio do

mandato conforme é mostrado nos gráficos da Figura 7. Como discutido na seção 4.3 a respeito dos países europeus, o comportamento da curva da vacinação acumulada em um curso de tempo tende a se manter crescente ou retilínea. Portanto, as curvas acima não possibilitam fazer numerosas considerações sobre a previsão de vacinação nos latino-americanos após o mandato.

A Figura 8 traz gráficos que possibilitam uma análise visual mais robusta sobre os resultados da previsão obtidos utilizando o modelo ARIMA e o contraste com os dados observados da primeira dose da vacina na França e Itália. Ambos os gráficos refletem dados cumulativos para trinta dias após o anúncio do mandato em cada um dos países.

**Figura 8 - Países latino-americanos, Argentina e Peru - Dados observados e resultados obtidos utilizando o modelo ARIMA**



Fonte: Elaboração própria.

No primeiro gráfico da Figura 8, que reflete dados e resultados para a vacinação na Argentina, são exibidas as duas curvas que seguem entrelaçadas no período de trinta dias após o anúncio do mandato. Em alguns pontos, a curva da população observada vacinada com primeira dose exibe valores mais altos que a curva que reflete a população vacinada no cenário hipotético. Porém, aproximadamente três semanas após o anúncio do mandato, os valores previstos para o cenário hipotético se mostram maiores que os valores da população observada vacinada. Podemos atentar-nos que a curva da população vacinada observada mostra uma potencial sazonalidade que não é mostrada na curva da previsão, muito provável que pelo fato de tal sazonalidade não ser observada na série de cinco meses anteriores à previsão e, portanto, o modelo não a incorpora nos resultados. Já a curva da vacinação no Peru exibe uma previsão crescente com valores maiores que os valores observados após cerca de dez dias da implementação da política. Consideremos, bem como considerado na seção 4.3 que discute os resultados das previsões para França e Itália, que a previsão utilizando valores da série, não considera a limitação da população elegível para vacina.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou avaliar o impacto das políticas de comprovação obrigatória de vacinação para o acesso a locais públicos e empresas de serviços não essenciais sobre a adoção da primeira dose da vacina contra o vírus COVID-19 nos países europeus, França e Itália, e nos países latino-americanos, Argentina e Peru, utilizando dados de 2021 e 2022 e a estratégia empírica adotada foi o método diferença em diferenças, que viabilizou a discussão sobre as estimativas resultantes, as respectivas significâncias estatísticas e a observação sobre a reflexão dos dados e variáveis utilizados nesta abordagem. Utilizamos também o modelo autorregressivo integrado de médias móveis que possibilitou fazermos previsões e examinarmos um cenário hipotético em que a política não houvesse sido anunciada e implementada nos países em questão, contrastando com os dados observados após o anúncio do mandato.

A combinação de resultados obtidos nos mostrou que através da metodologia e dados empregados, é possível inferir diferentes considerações a partir de cada método a respeito da política adotada pelos países e o respectivo impacto na intensidade da adesão da vacina nas semanas que sucederam o anúncio do mandato. Utilizando o método de diferença em diferenças estimamos um aumento considerável e estatisticamente significativo na adoção semanal da primeira dose da vacina devido à política para os países europeus estudados neste trabalho, França e Itália, bem como para os países latino-americanos, Argentina e Peru.

Contudo, observando os as previsões obtidas pelo modelo ARIMA, ainda que a curva de vacinação resultante dos dados observados tenha apresentado um número maior de vacinados com primeira dose observado nas primeiras semanas que sucedem o anúncio do mandato, quando comparada com o cenário hipotético onde a política não é anunciada e implementada, não é possível afirmar que no curto prazo a política mostra tal sucesso indicando que a adesão da primeira dose da vacina é maior do que seria em um cenário sem a política. O que não significa que a política não tenha sido eficaz nestes países, mas que através da metodologia utilizada, não é possível inferir que tenha sido determinante para a vacinação alcançar percentuais mais altos ao longo do tempo.

Os coeficientes e resultados que viabilizaram tais observações corroboram as informações já observadas nos dados da vacinação, quais indicam um aumento na vacinação que sucede a data de implementação do mandato. A respeito dos resultados da previsão, quais não evidenciaram que a vacinação observada é maior que em um cenário sem a política, podemos destacar alguns pontos.

No momento do anúncio oficial dos mandatos, cerca de 60% da população total de cada um desses países já havia recebido a primeira dose da vacina<sup>6</sup>. Na Argentina, tal percentual já alcançava cerca de 84% da população. Além disso, na data verificada de anúncio do mandato, as taxas de adesão de vacinação foram mais baixas para o público jovem (12 aos 17 anos e 18 aos 29 anos)<sup>7</sup> nos quatro países dessa análise, que é o público também mais provável de ser afetado pelas restrições consequentes dos mandatos de comprovante de certificação de vacinação, pelo fato de serem, na maioria dos casos, o público que frequenta os estabelecimentos e eventos que exigem o comprovante. Ao longo do ano de 2021, num período que se estende até 2022, a faixa etária dos 18 aos 29 anos assume o maior percentual verificado de adesões da primeira dose da vacina na França e no Peru. Dado o escopo deste trabalho, não foram estimados resultados para tais coortes etários específicos. Ademais, podemos considerar a hipótese de existirem demais variáveis exógenas relevantes para o estudo dos países deste trabalho, quais não foram engajadas no modelo.

É importante considerar, também, que o número cumulativo de vacinados tende a estabilizar com o tempo, quando se aproxima do total da população elegível para a vacinação. Os dados observados no parágrafo acima refletem percentuais sobre a população total, logo os percentuais de vacinação do público elegível para vacinação são certamente ainda maiores.

O objetivo deste trabalho não é trazer discussões éticas relacionadas às políticas implementadas, mas avaliar em termos de eficácia se dado período e local mostraram efetividade em termos de absorção da primeira dose.

Para trabalhos futuros, podemos trabalhar com uma base de dados mais ampla, voltando o escopo da pesquisa mais especificamente aos municípios brasileiros que adotaram em algum nível a exigência de comprovação vacinal, além de uma maior investigação quanto a dinâmica da adesão de vacinas contra a COVID-19 na América do Sul, se aproximando da discussão do trabalho de Coelho e Codeço (2009) acerca da vacinação contra febre amarela no Brasil, a fim de examinar a relação da aceitação vacina com os óbitos confirmados, que mostrou significância estatística neste estudo. Outra possibilidade é dar continuidade ao estudo da adesão de vacina por diferentes coortes etários, visto que a verificada adoção da primeira dose é mais baixa para o público jovem, tal como

---

<sup>6</sup> Figuras 18, 19, 20 e 21 no Anexo A exibem tais percentuais de vacinação da primeira dose no período de anúncio do mandato.

<sup>7</sup> Figuras 10, 11, 12 e 13 no Anexo A exibem tais percentuais de vacinação por coorte etário.



discutido no trabalho de Delgado et al. (2022) que, utilizando árvores de decisão, avalia a influência dos pais na decisão de adesão ou não de vacina contra a COVID-19 do público adolescente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINMORE, Ken. **Rational decisions**. Princeton University Press, 2008.
- BRITO, Dagobert et al. **Externalities and compulsory vaccinations**. Journal of Public Economics, v. 45, n. 1, p. 69-90, 1991.
- CHEN, Frederick; TOXVAERD, Flavio. **The economics of vaccination**. Journal of Theoretical Biology, v. 363, p. 105-117, 2014.
- CHERNOZHUKOV, Victor; KASAHARA, Hiroyuki; SCHRIMPF, Paul. **Causal impact of masks, policies, behavior on early covid-19 pandemic in the US**. Journal of econometrics, v. 220, n. 1, p. 23-62, 2021.
- COELHO, Flávio Codeço; CODEÇO, Claudia T. **Dynamic modeling of vaccinating behavior as a function of individual beliefs**. PLoS computational biology, v. 5, n. 7, p. e1000425, 2009.
- DELGADO, Jeanne R., et al. **Influence of perceived adolescent vaccination desire on parent decision for adolescent COVID-19 vaccination**. Journal of Adolescent Health, v. 70.4 p. 567-570, 2022.
- FREDRIKSSON, Anders; OLIVEIRA, Gustavo Magalhães de. **Impact evaluation using Difference-in-Differences**. RAUSP Management Journal, v. 54, n. 4, 2019.
- GEOFFARD, Pierre-Yves; PHILIPSON, Tomas. **Disease Eradication: Private versus Public Vaccination**. The American Economic Review, v. 87, n. 1, p. 222-30, 1997.
- GERSOVITZ, Mark. **The Economics of Infection Control**. Annual Review of Resource Economics, v. 3, pp 277-296, 2011.
- HENNOCK, E.P. **Vaccination policy against smallpox, 1835-1914: a comparison of England with Prussia and Imperial Germany**. Social History of Medicine, v. 11, n. 1, p. 49-71, 1998.
- HETHCOTE, Hebert; WALTMAN, Paul. **Optimal vaccination schedules in a deterministic epidemic model**. Mathematical Biosciences, v. 18, p. 365-381, 1973.
- HO, Siu Lau; XIE, Min. **The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis**. Computers & industrial engineering , p. 213-216, 1998.

- HSIAO, Cheng. **Why panel data?**. The Singapore Economic Review, v. 50.02, p 143-154, 2005.
- KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. **Prospect theory: An analysis of decision under risk. In: Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I.** Econometrica, p. 99-127, 2013.
- KARAIVANOV, Alexander et al. **COVID-19 vaccination mandates and vaccine uptake.** Nature Human Behaviour, p. 1-10, 2022.
- KLÜVER, Heike et al. **Incentives can spur COVID-19 vaccination uptake.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 118, n. 36, p. e2109543118, 2021.
- LECHNER, Michael, et al. **The estimation of causal effects by difference-in-difference methods.** Foundations and Trends in Econometrics, p. 165-224, 2011.
- MALHOTRA, V. M. **Role of game theory in public health.** Online Journal of Health and Allied Sciences, 2012.
- MAMANI, Hamed et al. **Vaccine market coordination using subsidy.** IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering, p. 78-96, 2012.
- MATHIEU, Edouard, et al. **A global database of COVID-19 vaccinations.** Nature human behaviour, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01122-8>>. Acesso em: 28 de julho de 2022.
- MATHIEU, Edouard; ROSER, Max. **How do death rates from COVID-19 differ between people who are vaccinated and those who are not.** Our World in data, 2021. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/covid-deaths-by-vaccination>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.
- MOGHADAS, Seyed M., et al. **The impact of vaccination on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreaks in the United States.** Clinical Infectious Diseases, p. 2257-2264, 2021.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais.** Edgard Blucher Ltda., 2018.
- MORTON, R.; WICKWIRE, K. **On the optimal control of a deterministic epidemic.** Advances in Applied Probability, v. 6, p. 622-635, 1974.

RELUGA, Timothy C.; BAUCH, Chris T.; GALVANI, Alison P. **Evolving public perceptions and stability in vaccine uptake**. *Mathematical biosciences*, v. 204, n. 2, p. 185-198, 2006.

SANTOS, Eduardo; CUNHA, Madalena. **Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise: estratégias metodológicas**. *Millenium-Journal of Education, Technologies, and Health*, v. 44, p. 85-98, 2016.

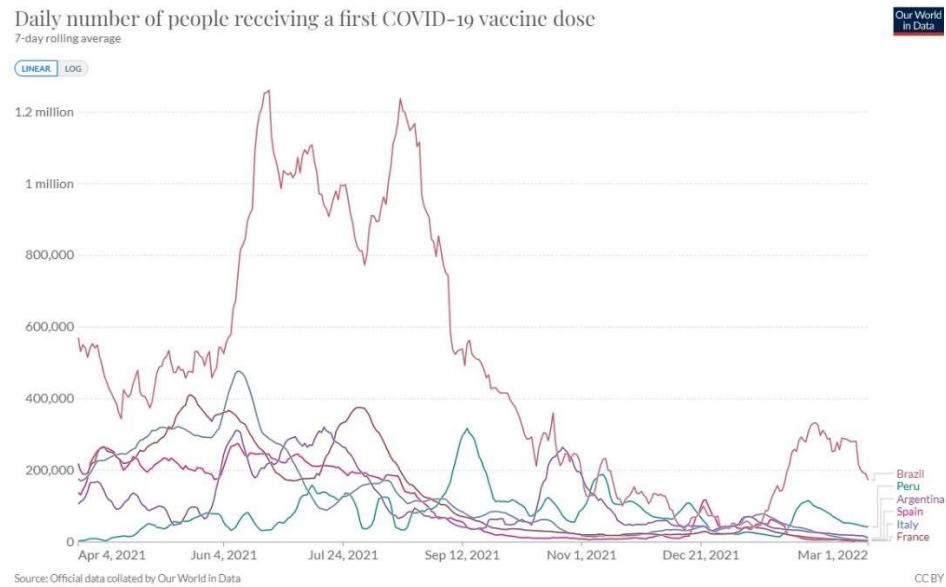
UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Human Development Index (HDI)**. *Human Development Reports*, 2020. Disponível em: < <https://www.undp.org/pt/brazil/idh>>. Acesso em: 29 de julho de 2022.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introductory econometrics: A modern approach**. Cengage learning, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, et al. **Evaluation of COVID-19 vaccine effectiveness: interim guidance, 17 March 2021**. World Health Organization, 2021.

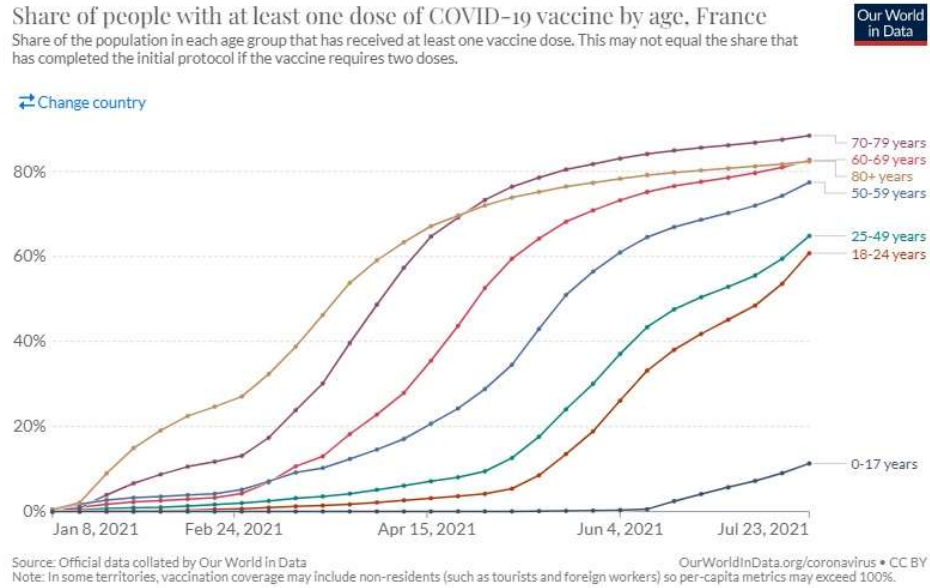
WORLD BANK. **World Bank staff calculations based on the methodology described in World Bank (2018)**. The Human Capital Project. World Bank, 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30498>>. Acesso em: 3 de agosto de 2022.

XU, Xiaopeng. **Technological improvements in vaccine efficacy and individual incentive to vaccinate**. *Economics Letters*, v. 65, n. 3, p. 359-364, 1999.

**ANEXO A – FIGURAS ADICIONAIS****Figura 9 - Números diários de indivíduos que receberam a primeira dose da vacina contra COVID-19 nos países Brasil, Peru, Argentina, Espanha, Itália e França**

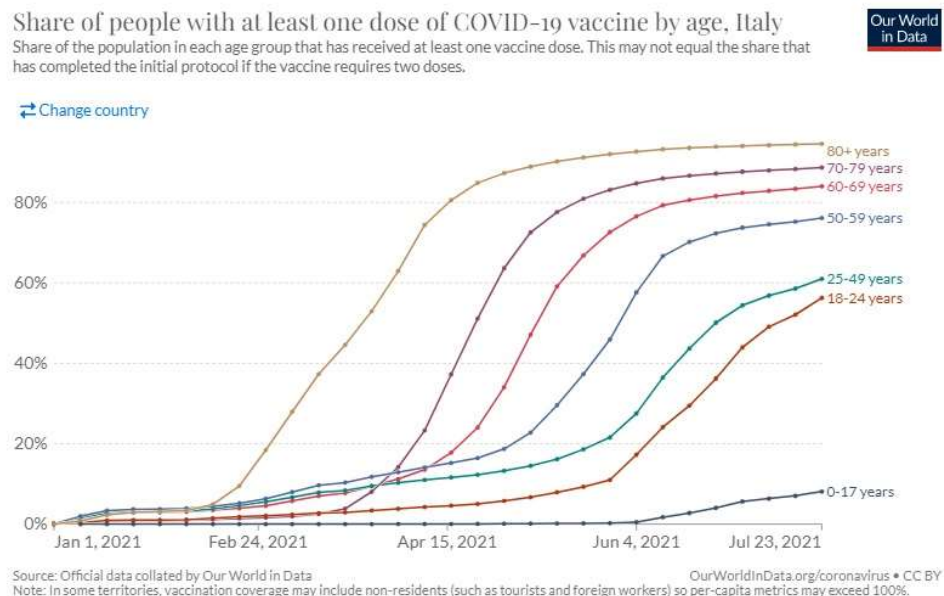
Fonte: Our World in Data

**Figura 10 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na França**



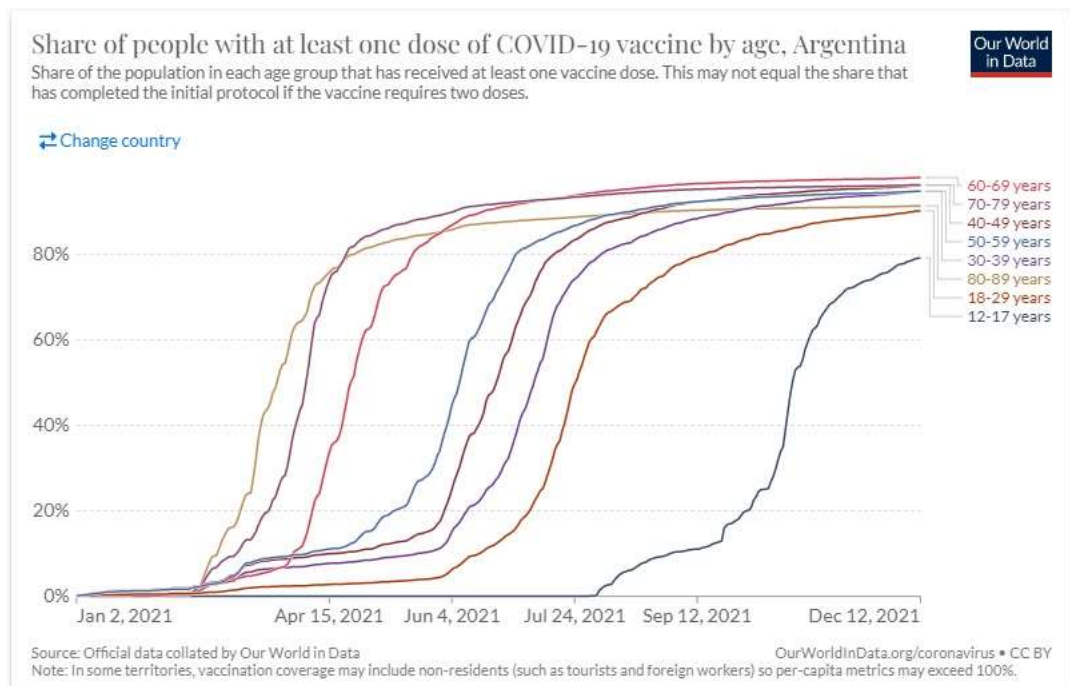
Fonte: Our World in Data

**Figura 11 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na Itália**



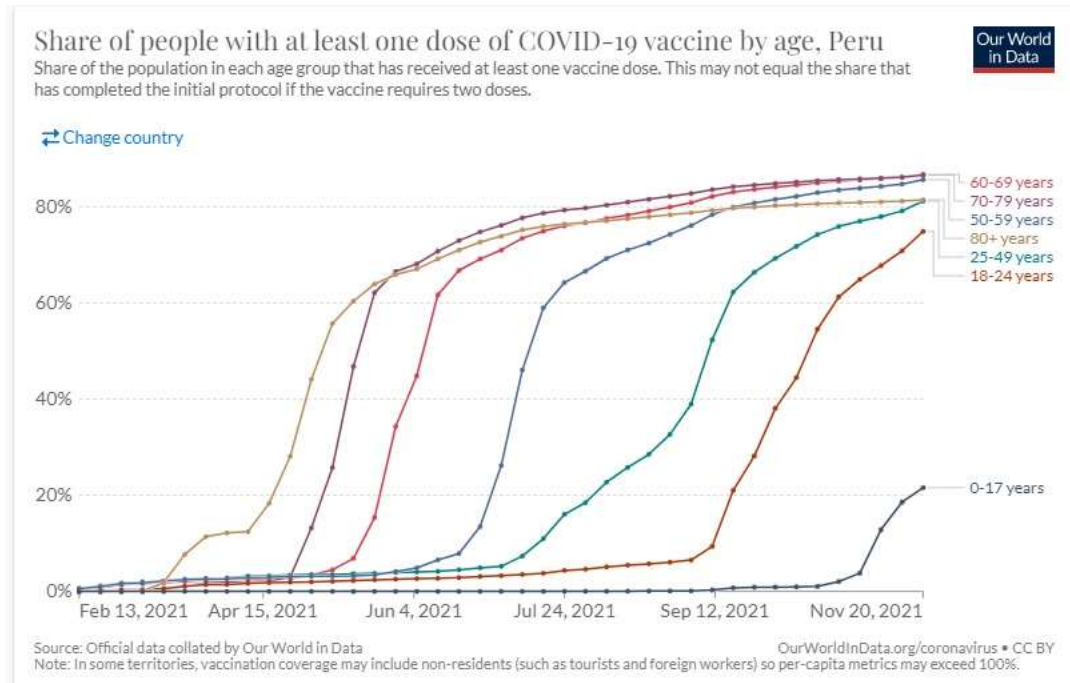
Fonte: Our World in Data

**Figura 12 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, na Argentina**



Fonte: Our World in Data

**Figura 13 - Parcela da população que recebeu ao menos uma dose de vacina contra COVID-19 por faixa etária, no Peru**



Fonte: Our World in Data

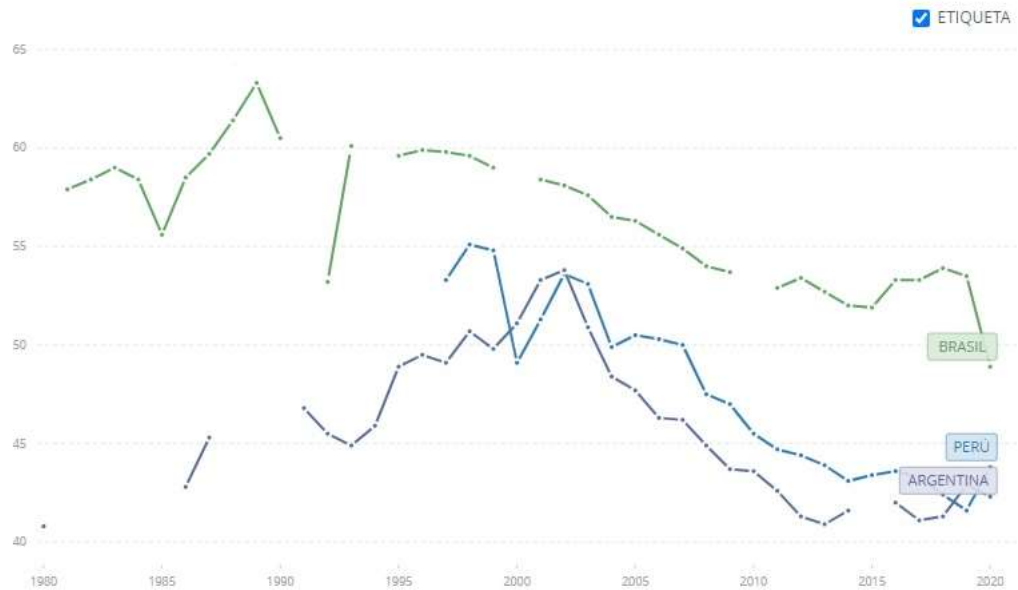
**Figura 14 - Coeficientes de Gini da Itália, Espanha e França entre 1980 e 2020**





Fonte: World Bank

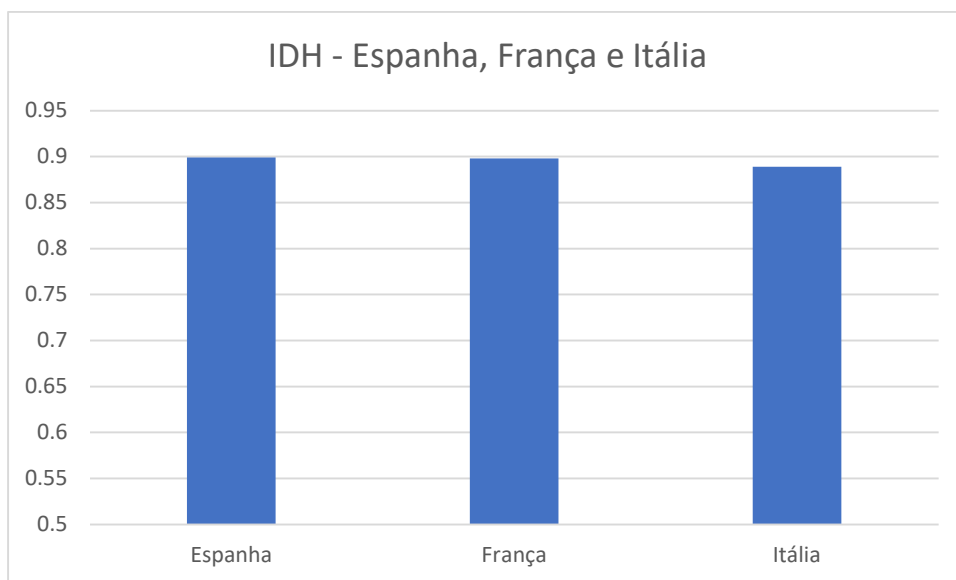
**Figura 15 - Coeficientes de Gini dos países Brasil, Peru e Argentina entre 1980 e 2020**



Fonte: World Bank

**Figura 16 - Índice de desenvolvimento humano dos países França, Espanha e Itália no ano de 2020.**

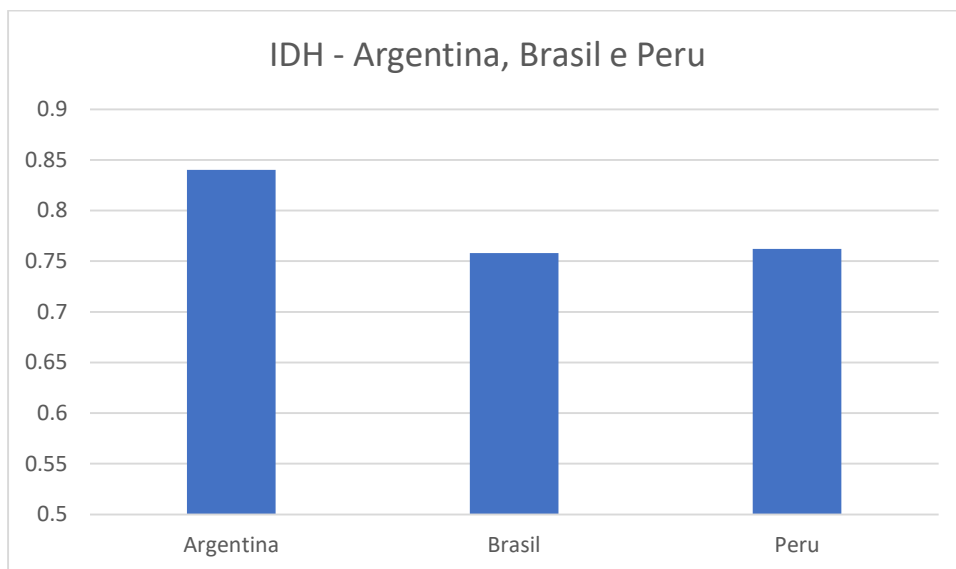
**Dados da Organização das Nações Unidas.**



Fonte: Elaboração Própria.

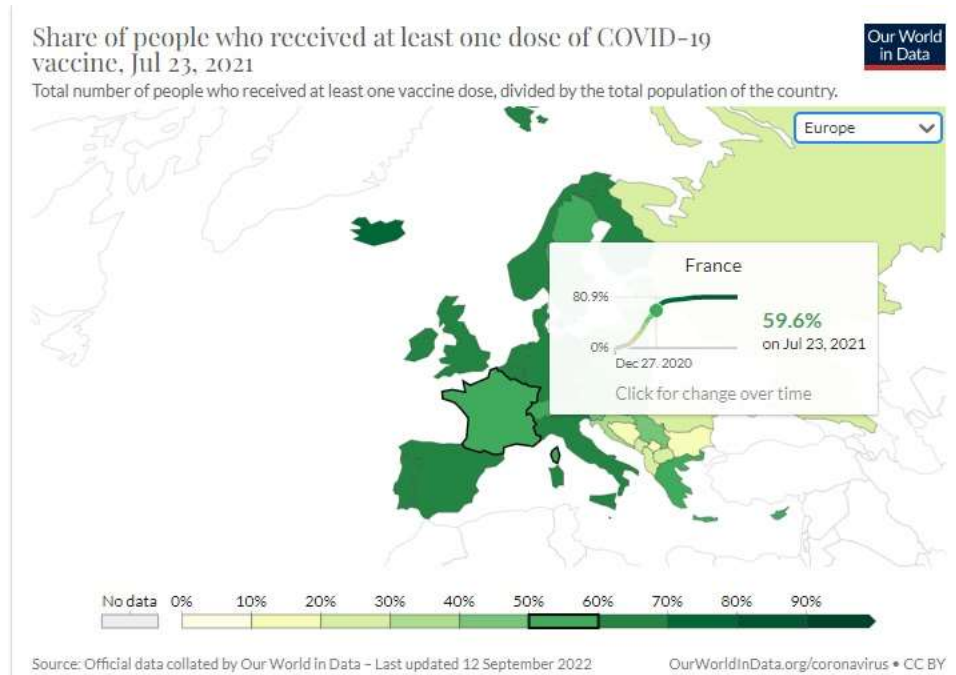
**Figura 17 - Índice de desenvolvimento humano dos países Peru, Argentina e Brasil no ano de 2020.**

**Dados da Organização das Nações Unidas.**



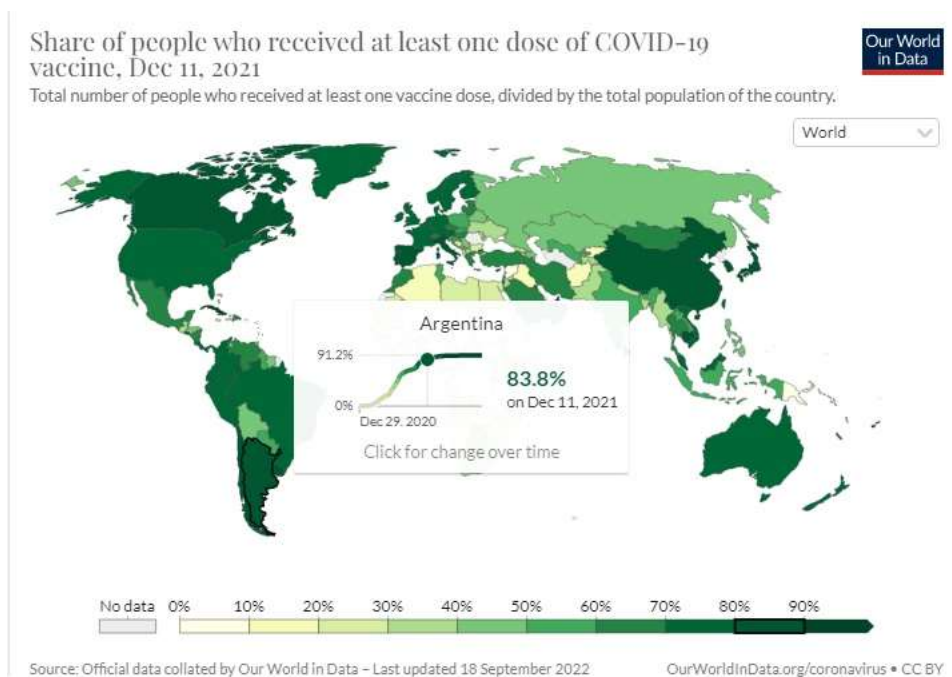
Fonte: Elaboração Própria.

**Figura 18 - Parcela da população francesa que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato**



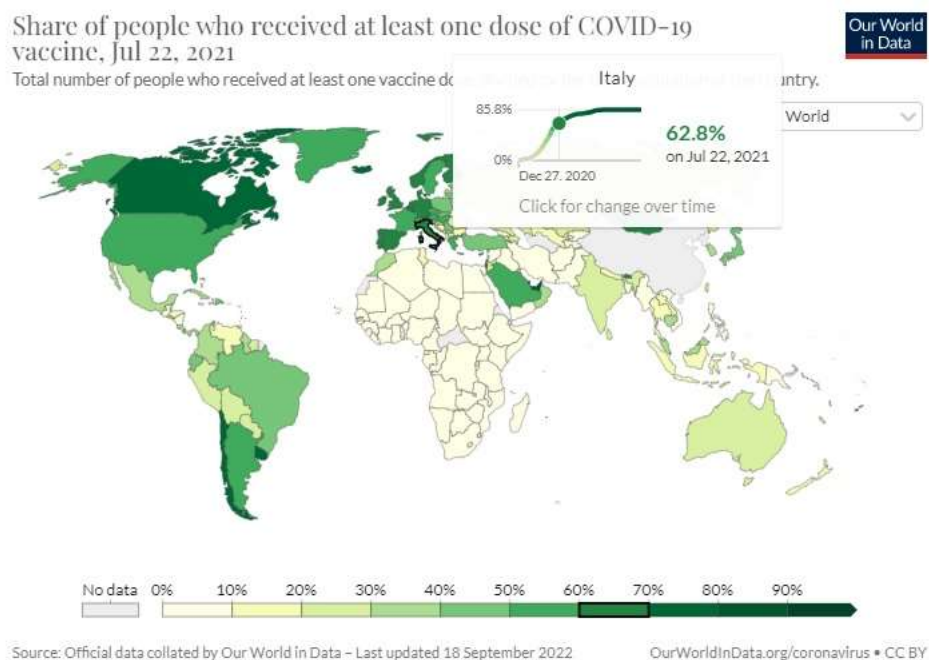
Fonte: Our World in Data

**Figura 19 - Parcela da população argentina que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato**



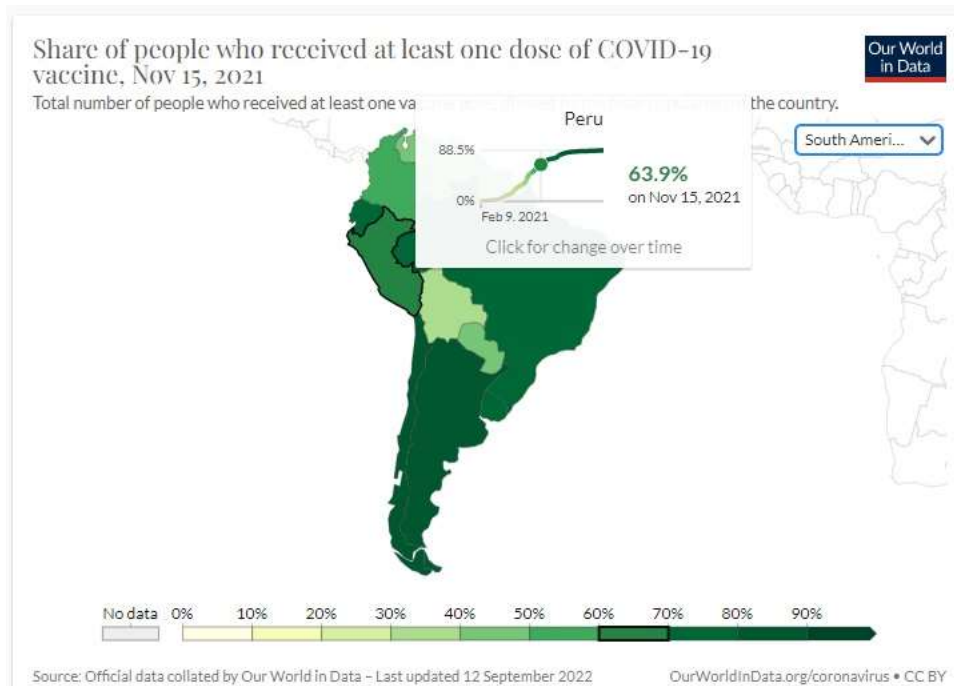
Fonte: Our World in Data

**Figura 20 - Parcela da população italiana que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato**



Fonte: Our World in Data

**Figura 21 - Parcela da população peruana que havia recebido ao menos uma dose no período de anúncio do mandato**



Fonte: Our World in Data

**ANEXO B – ESCOPO DA POLÍTICA DE APRESENTAÇÃO DE CERTIFICADO DE  
VACINAÇÃO EM CADA UM DOS PAÍSES**

**Tabela 5 - Detalhes sobre o escopo das políticas de comprovação obrigatória de certificado de  
vacinação implementadas nos países de estudo**

	<b>Países europeus</b>	<b>Fonte</b>
<b>França</b>	Restaurante, bares, boates, cinemas, teatros, casas de espetáculos, museus, estádios, feiras, shows, hospitais, casas de repouso, locais de hospitalidade, eventos com mais de 50 pessoas.	Le Monde. Disponível em: <a href="https://www.lemonde.fr/politique/article/2021/07/23/passe-sanitaire-les-deputes-votent-la-mesure-controversee-nuit-d-apres-debats-a-l-assemblee_6089243_823448.html">https://www.lemonde.fr/politique/article/2021/07/23/passe-sanitaire-les-deputes-votent-la-mesure-controversee-nuit-d-apres-debats-a-l-assemblee_6089243_823448.html</a>  CONSULAT GÉNÉRAL DE FRANCE À LONDRES. Disponível em: <a href="https://uk.ambafrance.org/Health-pass-and-vaccination-in-the-UK">https://uk.ambafrance.org/Health-pass-and-vaccination-in-the-UK</a>
<b>Itália</b>	Estações de trem, locais de cultura/lazer, esportes em áreas fechadas, festas, feiras, locais de hospitalidade.	CBS News. Disponível em: <a href="https://www.cbsnews.com/news/covid-vaccine-proof-italy-green-pass/">https://www.cbsnews.com/news/covid-vaccine-proof-italy-green-pass/</a>  BBC News. Disponível em: <a href="https://www.bbc.com/news/world-europe-58590187">https://www.bbc.com/news/world-europe-58590187</a>
	<b>Países latino-americanos</b>	
<b>Argentina</b>	Eventos grandes e atividades em locais abertos ou fechados; Centros culturais, academias, cinemas e atrações turísticas; Eventos esportivos que envolvam multidões, recitais, salões de festas e boliche, casamentos e outras celebrações, eventos religiosos com grande afluência, atos e reuniões com grande participação de pessoas.	CNN Brasil. Disponível em: <a href="https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/argentina-exigira-passaporte-de-vacina-a-partir-de-1o-de-janeiro/">https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/argentina-exigira-passaporte-de-vacina-a-partir-de-1o-de-janeiro/</a>  Boletín Oficial de la República Argentina. Disponível em: <a href="https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/254239/20211213">https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/254239/20211213</a>
<b>Peru</b>	Shopping centers, bancos supermercados, aeroportos,	El Comercio. Disponível em: <a href="https://elcomercio.pe/lima/hernando-cevallos-">https://elcomercio.pe/lima/hernando-cevallos-</a>

	<p>restaurantes, lojas ou dependências de instituições públicas, aeroportos e embarcar em voos nacionais e internacionais. Ônibus com exceção aos ônibus e micro-ônibus urbanos e ao metrô de superfície de Lima.</p>	<p>certificado-de-vacunacion-emitido-en-el-extranjero-tambien-vale-en-el-peru-nndc-noticia/ Exame. Disponível em: <a href="https://exame.com/mundo/peru-exige-comprovante-de-vacinacao-em-lojas-bancos-e-aeroportos/">https://exame.com/mundo/peru-exige-comprovante-de-vacinacao-em-lojas-bancos-e-aeroportos/</a></p>
--	---	---

Fonte: Elaboração própria.





```

dat_lat <- dat_lat %>%
  mutate(data_trat = ifelse(semana>=6,1,0))

dat_lat <- dat_lat %>%
  mutate(tratados = ifelse(country %in% c(1,2),1,0))

dat_lat <- dat_lat %>%
  mutate(estimator_did = tratados * data_trat)

reg_did_lat <- plm(delta_pessoas ~ tratados, model = "within", index = c("country", "semana"),
  data = dat_lat)

summary(reg_did_lat)

reg_ef_lat <- plm(delta_pessoas ~ tratados + novos_casos + novas_mortes + data_trat +
  estimator_did, model = "within", index = c("country", "semana"), data = dat_lat)

summary(reg_ef_lat)

# Pessoas vacinadas cumulativo – America Latina

reg_amount_lat <- plm(pessoas_vax ~ tratados + total_cases + total_deaths + data_trat +
  estimator_did, model = "within", index = c("country", "semana"), data = dat_lat)

summary(reg_amount_lat)

# ARIMA Franca

dateu_arima <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/owid-covid-data.xlsx", col_names = T)
dateu_arima <- dateu_arima[,c('location','people_vaccinated','date')]
dateu_arima_france <- subset(dateu_arima, (location == 'France'))
dateu_arima_france <- subset(dateu_arima_france, (date >= '2021-03-01'))
y_france = subset(dateu_arima_france, (date < '2021-07-23'))
y_france_test = subset(dateu_arima_france, (date >= '2021-07-23'))
y_france_test = subset(y_france_test, (date < '2021-09-21'))
y_france1 <- ts(y_france)

```

```

adf.test(y_france1[,2])
fit_france <- auto.arima(y_france1[,2])
plot(forecast(fit_france,h=30))
forecast_complex1 <- forecast(fit_france,h=30)
write.csv(forecast_complex1,"forecast_france.csv", row.names = FALSE)
write.csv(y_france_test,"teste_comaparadadogoverno_france.csv", row.names = FALSE)

```

```
# ARIMA Italia
```

```

dateu_arima_italy <- subset(dateu_arima, (location == 'Italy'))
dateu_arima_italy <- subset(dateu_arima_italy, (date >= '2021-03-01'))
y_italy = subset(dateu_arima_italy, (date < '2021-07-22'))
y_italy_test = subset(dateu_arima_italy, (date >= '2021-07-22'))
y_italy_test = subset(y_italy_test, (date < '2021-09-20'))
y_italy1 <- ts(y_italy)
adf.test(y_italy1[,2])
fit_italy <- auto.arima(y_italy1[,2],)
plot(forecast(fit_italy,h=30))
forecast_complex2 <- forecast(fit_italy,h=30)
write.csv(forecast_complex2,"forecast_italy.csv", row.names = FALSE)
write.csv(y_italy_test,"teste_comaparadadogoverno_italy.csv", row.names = FALSE)

```

```
# ARIMA Peru
```

```

datlat_arima_peru <- subset(dateu_arima, (location == 'Peru'))
datlat_arima_peru <- subset(datlat_arima_peru, (date >= '2021-05-01'))
y_peru = subset(datlat_arima_peru, (date < '2021-11-15'))
y_peru_test = subset(datlat_arima_peru, (date >= '2021-11-15'))
y_peru_test = subset(y_peru_test, (date < '2022-01-15'))
y_peru1 <- ts(y_peru)

```

```

adf.test(y_peru1[,2])
fit_peru <- auto.arima(y_peru1[,2])
plot(forecast(fit_peru,h=30))
forecast_complex3 <- forecast(fit_peru,h=30)
write.csv(forecast_complex3,"forecast_peru.csv", row.names = FALSE)
write.csv(y_peru_test,"teste_comaparadadogoverno_peru.csv", row.names = FALSE)

# ARIMA Argentina
dateu_arima_argentina <- subset(dateu_arima, (location == 'Argentina'))
dateu_arima_argentina <- subset(dateu_arima_argentina, (date >= '2021-06-01'))
y_argentina = subset(dateu_arima_argentina, (date < '2021-12-10'))
y_argentina_test = subset(dateu_arima_argentina, (date >= '2021-12-10'))
y_argentina_test = subset(y_argentina_test, (date < '2022-02-10'))
y_argentina1 <- ts(y_argentina)
adf.test(y_argentina1[,2])
fit_argentina <- auto.arima(y_argentina1[,2])
plot(forecast(fit_argentina,h=30))
forecast_complex4 <- forecast(fit_argentina,h=30)
write.csv(forecast_complex4,"forecast_argentina.csv", row.names = FALSE)
write.csv(y_argentina_test,"teste_comaparadadogoverno_argentina.csv", row.names = FALSE)

#Graficos Arima

datfr2 <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/teste_france.xlsx")
franca2 = ggplot() +
  geom_line(datfr2, mapping = aes(x= date, y = people_vaccinated),lwd = 2, color = "Blue") +
  geom_line(datfr2, mapping = aes(x= date, y = Point.Forecast),lwd = 2, color = "orange") +
  ggtitle('Vacinação na França')+
  xlab('Data') +

```

```

ylab('População Vacinada')
datar2 <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/teste_argentina.xlsx")
argentina2 = ggplot() +
  geom_line(datar2, mapping = aes(x= date, y = people_vaccinated),lwd = 2, color = "Blue") +
  geom_line(datar2, mapping = aes(x= date, y = Point.Forecast),lwd = 2, color = "orange") +
  ggtitle('Vacinação na Argentina')+
  xlab('Data') +
  ylab('População Vacinada')
datper <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/teste_peru.xlsx")
peru2 = ggplot() +
  geom_line(datper, mapping = aes(x= date, y = people_vaccinated),lwd = 2, color = "Blue") +
  geom_line(datper, mapping = aes(x= date, y = Point.Forecast),lwd = 2, color = "orange") +
  ggtitle('Vacinação no Peru')+
  xlab('Data') +
  ylab('População Vacinada')
datitaly <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/teste_italy.xlsx")
italy2 = ggplot() +
  geom_line(datitaly, mapping = aes(x= date, y = people_vaccinated...2),lwd = 2, color = "Blue")
+
  geom_line(datitaly, mapping = aes(x= date, y = Point.Forecast),lwd = 2, color = "orange") +
  ggtitle('Vacinação na Itália')+
  xlab('Data') +
  ylab('População Vacinada')
#Graficos Países

datafr <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/fran.xlsx",
  range = 'A1:C144', col_names = T)
franca = ggplot() +

```

```

geom_line(datafr, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +
ggtitle('Vacinação na França - Variação semanal')
franca2 = ggplot() +
geom_line(datafr, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +
ggtitle('Vacinação na França - Valores acumulados')

```

```

datait <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/italia.xlsx",
                    range = 'A1:C144', col_names = T)
italia = ggplot() +
geom_line(datait, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +
ggtitle('Vacinação na Italia - Variação semanal')
italia2 = ggplot() +
geom_line(datait, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +
ggtitle('Vacinação na Italia - Valores acumulados')

```

```

dataes <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/espanha.xlsx",
                    range = 'A1:C144', col_names = T)
espanha = ggplot() +
geom_line(dataes, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +
ggtitle('Vacinação na Espanha - Variação semanal')

```

```

espanha2 = ggplot() +
geom_line(dataes, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +
xlab('Data') +

```

```

ggtitle('Vacinação na Espanha - Valores acumulados')
datar <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/argentina.xlsx",
  range = 'A1:C113', col_names = T)
argentina = ggplot() +
  geom_line(datar, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
  xlab('Data') +
  ggtitle('Vacinação na Argentina - Variação semanal')
argentina2 = ggplot() +
  geom_line(datar, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +
  xlab('Data') +
  ggtitle('Vacinação na Argentina - Valores acumulados')
dataperu <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/peru.xlsx",
  range = 'A1:C113', col_names = T)
peru = ggplot() +
  geom_line(dataperu, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
  xlab('Data') +
  ggtitle('Vacinação no Peru - Variação semanal')
peru2 = ggplot() +
  geom_line(dataperu, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +
  xlab('Data') +
  ggtitle('Vacinação no Peru - Valores acumulados')
databrasil <- read_excel("C:/Users/I542715/Downloads/brasil.xlsx",
  range = 'A1:C122', col_names = T)
brasil = ggplot() +
  geom_line(databrasil, mapping = aes(x= date, y = vax), lwd = 2, color = "Blue") +
  xlab('Data') +
  ggtitle('Vacinação no Brasil - Variação semanal ')
brasil2 = ggplot() +

```

```
geom_line(databrasil, mapping = aes(x= date, y = ppl), lwd = 2, color = "Blue") +  
xlab('Data') +  
ggtitle('Vacinação no Brasil - Valores acumulados')
```