

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO  
Bacharelado em Ciências Econômicas

Pandemia de SARS-COV-2 no Brasil:  
Uma análise socioespacial da propagação

PRADIPTO AYON CHAUDHURI

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado como requisito parcial  
para obtenção de grau de Bacharel  
em Economia, pela Universidade de  
São Paulo  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto  
Azzoni

SÃO PAULO  
2021

## Agradecimentos

*Dedico este trabalho à minha família, pelo suporte ao longo de todos esses anos e ao meu orientador pela inestimável ajuda nas minhas empreitadas científicas*

## SUMÁRIO

O presente trabalho se encarrega de analisar as relações entre variáveis socioeconômicas, ambientais e espaciais com a pandemia de Sars-Cov-2. Através de duas regressões espaciais de *spatial lag* para uma amostra de 650 municípios brasileiros e análise com a literatura prévia para Sars-Cov-2, doenças aereamente transmissíveis e pandemias prévias, como H1N1, chegamos aos seguintes resultados: (1) com casos de SARS-Cov-2, encontramos relações significativas para a variável espacial (Coef: 0,99, valor-p:0,00), IDHm (coef:4.95, valor-p:0.00) e temperatura (coef:0.09, valor-p:0.00) e não significativas para densidade demográfica e pluviosidade; (2) para mortes, encontramos relações significativas para a variável espacial (Coef: 0,48, valor-p:0,00), presença de idosos na população (coef:2,84, valor-p:0.05) e IDHm saúde (coef:-3,05, valor-p:0.02) e não significativas para densidade demográfica, presença de seguro de saúde e taxa de sobrepeso. Por fim, comparando esta performance brasileira com as melhores respostas propostas pela literatura, vimos que, embora o Brasil não tenha adotado as medidas mais eficientes, sua resposta legislatória se mostrou a par dos demais países, estando próximo a média mundial e da OCDE. A diferença se deu na aplicação das normas previstas e nas medidas tomadas, com questões de nível político-executivo fortemente acometendo a potência da reação brasileira à pandemia, com disputas internas entre estados levando a desabastecimento e perda de poder de aquisição de insumos.

# Índice

1.	INTRODUÇÃO .....	5
1.1	Problemas de Pesquisa .....	6
1.2	Objetivos.....	6
1.3	Justificativa.....	6
1.4	Estrutura do trabalho .....	7
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DE PANDEMIA .....	8
2.1	O quadro inicial e a resposta mundial .....	8
2.2	Resposta Brasileira.....	12
3.	ANÁLISE DA LITERATURA PRÉVIA.....	19
3.1	Literatura em doenças infecciosas e relações socioeconômicas.....	19
3.2	Literatura em SARS-Cov-2.....	25
4.	METODOLOGIA .....	32
4.1	Tipo de pesquisa.....	32
4.2	Variáveis escolhidas e levantamento de dados.....	33
4.3	Hipóteses iniciais .....	34
4.4	Análise descritiva dos dados.....	36
4.5	Métodos .....	42
5.	RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO .....	45
5.1	Regressão de casos de SARS-Cov-2 .....	45
5.2	Regressão de mortes por SARS-Cov-2 .....	49
5.3	Políticas governamentais.....	53
6.	CONCLUSÃO.....	58
6.1	Limitações da pesquisa.....	61
6.2	Recomendações para estudos futuros.....	61
7.	BIBLIOGRAFIA .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

Desde janeiro de 2020, o mundo foi tomado a força por uma nova doença, o SARS-Cov-2, causado por uma nova variante – 2019-nCov – de uma classe de vírus conhecida como coronavírus. Esse é um vírus de RNA simples de sentido positivo (ou seja, utilizado diretamente para a síntese de proteínas) conhecido desde a década de 1960 e também responsável pela SARS - Síndrome Respiratória Aguda Grave, em Inglês e MERS - Síndrome Respiratória do Oriente Médio, em inglês (Liu, Xie, Wang, Xiong, Chen, Han e Wu, 2020).

Como dizem os nomes, a classe dos coronavírus e, portanto, também SARS-Cov-2, atacam o sistema respiratório, sendo contagiosos principalmente via aerossóis e partículas aéreas, mas o contato com o vírus e posterior contato com as membranas mucosas da boca e nariz também são formas de contágio. Mas o grande motivo do impacto de SARS-Cov-2 se deve a seu poder de contágio mais elevado frente a seus pares, com um  $r_0^1$  de 2,5 frente a um  $r_0$  de 2,4 de SARS e 2,0 da gripe comum (Petersen et al, 2020).

O resultado, em um ambiente globalmente conectado com forte locomoção de pessoas entre regiões, foi uma pandemia mundial, com consequências econômicas e sociais que só poderão ser inteiramente concluídas com o fim do esforço de vacinação. Os esforços de controle da doença tiveram impactos importantes no dia a dia das pessoas, desde educação e trabalho (modalidades à distância), a consumo (popularização do consumo *online*), adiantando e consolidando tendências que já estavam em curso.

Mas a pandemia teve também fortes impactos negativos na economia mundial: houve uma redução de quase 5% no PIB mundial (IMF, 2020) e, no Brasil especificamente, uma redução de 4,1%, a pior desde o início da série histórica (IBGE). Houve taxas recordes de fechamento de lojas – foram mais de 75.000 estabelecimentos comerciais fechados, o pior índice desde 2016 (CNC) – e desemprego – 13,5%, o pior desde 2012 (IBGE). Isto sem contar o pesado custo humano: até o início de outubro de 2021, o Brasil já contabilizava mais de 600 mil mortos e um total de mais de 21 milhões de casos (SUS).

---

<sup>1</sup>  $R_0$  (número básico de reprodução) é uma medida da contagiosidade de uma doença, indicando o número de casos esperados decorrentes de 1 caso em uma população onde todos possam ser infectados

## **1.1 Problemas de Pesquisa**

Muito se estudou sobre as causas de contágio e os principais fatores de risco no que tange os indivíduos. Mas buscamos analisar estes fatores em nível populacional: dada a população de uma cidade, com suas especificidades ambientais, sociais e econômicas, quais são as principais variáveis explicativas para o número de casos e número de mortos?

## **1.2 Objetivos**

O objetivo básico do trabalho é entender os principais fatores que explicam a transmissão e a mortalidade de Sars-Cov-2 no Brasil em nível municipal. Especificamente, estamos interessados em três grandes grupos de variáveis: (1) Ambientais – referindo-se a condições de clima e pluviosidade da cidade, (2) Socioeconômicas – referindo-se as condições de acesso a saúde e renda, assim como a prevalência dos fatores de risco na população (obesidade, idade avançada) e (3) Circunstâncias espaciais – dado o caráter de contágio da doença, é natural que cidades sejam afetadas conforme cidades próximas apresentem também casos da doença. Visamos assim, entender a importância desses fatores no cenário da pandemia.

## **1.3 Justificativa**

A pandemia de SARS-Cov-2 é a terceira ocasião de doenças transmissíveis pelo ar ocasionando crises internacionais neste século, após a epidemia de SARS (2002-2004), H1N1 ou gripe aviária (2009) e MERS (2012). Se considerarmos o século XX, temos três ocasiões particularmente fatais, cada uma com mais de 1 milhão de mortos: Gripe Espanhola (1918), Gripe Asiática (1957-58) e a Gripe de Hong Kong (1968).

Desta forma, vemos que a pandemia atual não é um caso isolado, havendo um longo histórico de vulnerabilidade a doenças aereamente transmissíveis, vulnerabilidade essa que se tende a manter e até mesmo a aumentar com as mudanças climáticas e desmatamento (Gibb et al, 2020). Logo, entender quais são os principais pontos responsáveis pela transmissão e pela

letalidade de doenças desse gênero em nível populacional é importante para entendermos os principais gargalos no sistema nacional de saúde.

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho se estrutura em 5 capítulos. No capítulo 1 introduz-se o problema, com uma apresentação breve do tema abordado, assim como os objetivos e a justificativa para este estudo. No capítulo 2 apresenta-se a contextualização do cenário de pandemia por meio de uma abordagem mais jornalística, visando inteirar o leitor acerca do desenvolvimento da pandemia ao longo de 2020 e 2021, apresentando de forma breve a evolução do contágio e as respostas dos países. No capítulo 3, conduz-se a revisão bibliográfica: esta seção tem como objetivo apresentar a literatura prévia acerca da representatividade dos fatores anteriormente mencionados não só para Sars-Cov-2, mas para doenças transmissíveis aereamente como um todo, para fins de comparação. Já no Capítulo 4 mostra-se a metodologia empregada no projeto, com a apresentação do modelo de realização da pesquisa, dos dados utilizados e dos modelos de regressões a serem abordados. Por fim, no Capítulo 5 abordam-se os resultados, comentando os resultados obtidos e os objetivos alcançados tanto para casos quanto para mortes, assim como breves comentários acerca de eficácia das medidas tomadas pelo governo nacional.

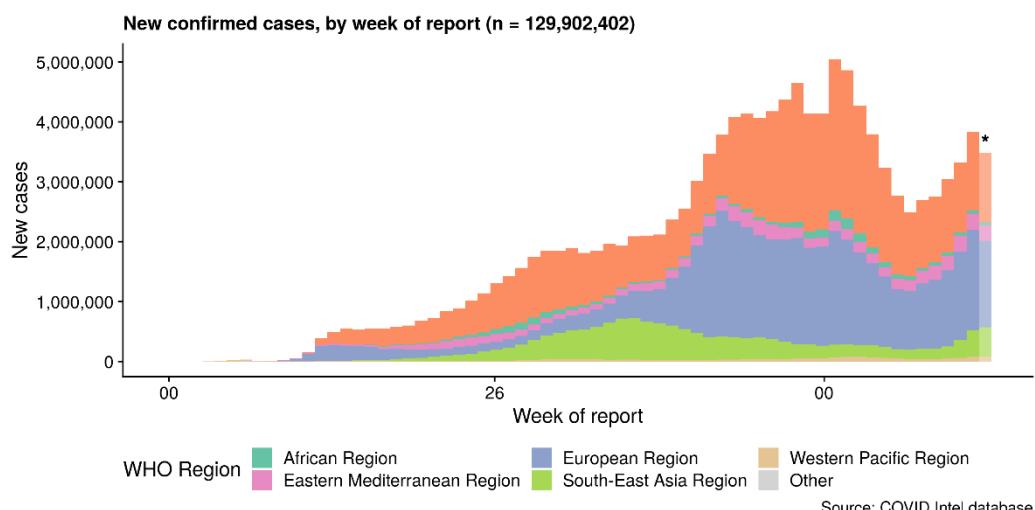
## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DE PANDEMIA

### 2.1 O quadro inicial e a resposta mundial

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial Da Saúde (OMS) via a sua filial chinesa, recebeu informações de uma nova cepa de pneumonia viral em Wuhan (China), a partir de uma nota encaminhada à mídia local pela Comissão Municipal de Saúde de Wuhan, assim como informações disponibilizadas no site da comissão e na ProMED (um programa da Sociedade Internacional para Doenças Infecciosas). Entretanto, análises filogenéticas estimam que o início da doença e, portanto, do contágio, tenha se dado em novembro de 2019 (Li et al, 2020, Andersen et al, 2020, van Dorp et al, 2020).

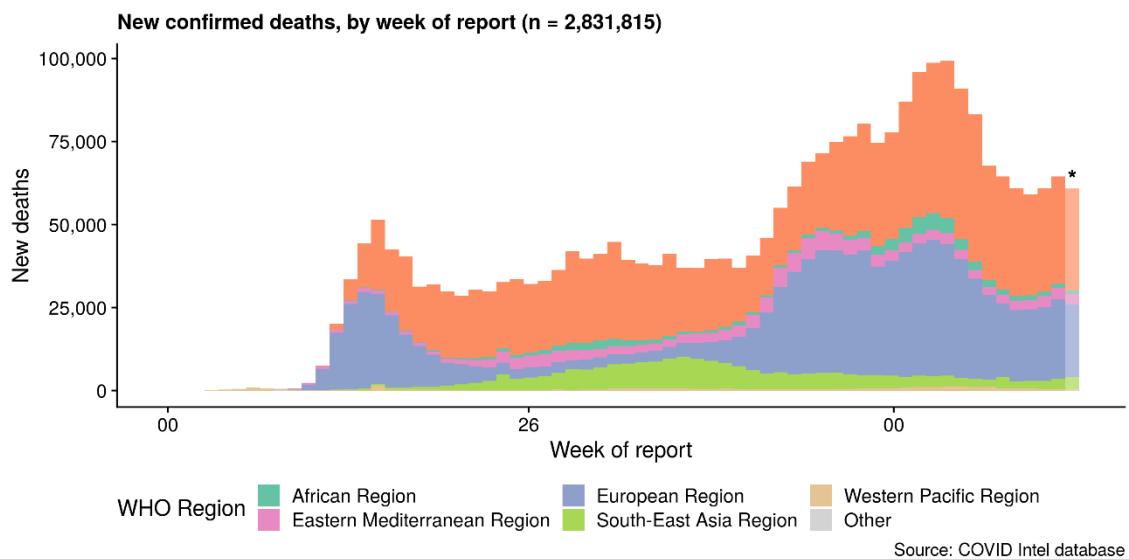
As primeiras informações concretas chegaram no dia 9 de janeiro de 2020, com autoridades chinesas confirmado que a causa da “pneumonia” é uma variedade nova de coronavírus, que se passa a chamar SARS-COV-2, com a OMS divulgando nos dias seguintes uma lista de *guidelines* para os países, baseando-se em doenças prévias similares e conhecimento anterior de coronavírus. A partir deste ponto, a doença se espalhou aceleradamente, com a primeira morte confirmada em 11 de janeiro, o primeiro caso fora da China, em 13 de janeiro (Tailândia) e o primeiro caso fora da Ásia, em 24 de janeiro

*Figura 1*



(França).

Figura 2



Visando controlar a expansão da doença e consolidar a resposta internacional, em 30 de janeiro a OMS declarou o surto do novo coronavírus uma emergência de saúde pública após serem confirmados 7818 casos em 19 diferentes países. Após um fevereiro com gradual expansão da doença para novos países e se espalhar nos cinco continentes, em 11 de março a OMS passa a considerar o cenário mundial como de pandemia.

Com a expansão da doença, o foco mudou da China para a Europa. Em 13 de março, a OMS passou a considerar a Europa como o centro ativo da doença no mundo. A China havia controlado seu número de casos e a expansão da doença nesse momento, registrando oficialmente apenas 143 casos em 5 de março e nenhum caso depois desse dia até 17 de abril <sup>2</sup>. Em especial, o foco da doença pesava-se na Itália, que superou a China em número total de mortes em 19 de março (primeiro caso registrado 5 de fevereiro) . Mas a situação também era grave na França e Grã-Bretanha. Continuando o padrão de expansão, os Estados Unidos superam o montante de casos na China e Itália em 26 de março (primeiro caso registrado em 5 de fevereiro).

<sup>2</sup> Há um forte escrutínio sobre a veracidade dos dados chineses, que tiveram uma trajetória sem paralelos no mundo (NY Times, Fortune, BBC), com dois jornais (The Lancet e New England Journal) retraindo artigos científicos baseados em dados chineses.

A reação inicial à pandemia nos diferentes países foi de magnitudes e percepções diferentes: as reações mais agressivas foram na China, com limitações forçadas impostas pelo governo a viagens, aglomerações públicas e contato entre não familiares via quarentenas, lockdowns e isolamento de residências e condomínios com casos positivos, assim como proibição de viagens nacionais e internacionais e interrupção do tráfico rodoviário (Chen et al, 2020, Zhang et al, 2020, Cynaroski, 2020). Para servir de contraponto, Irã não tomou nenhuma dessas medidas, limitando-se a cancelar eventos esportivos, adotar educação à distância e diminuir as horas de trabalho (Abdi, 2020). Países diferentes adotaram tecnologias de *contact tracing* em escalas diferentes também: adotadas e de caráter obrigatório na China, Alemanha, Coréia do Sul, eram disponíveis de forma opcional nos EUA e nem estavam disponíveis em países como Cazaquistão e Bangladesh (Hale et al, 2021).

Neste momento inicial, os casos haviam se concentrado no países desenvolvidos, muito em decorrência do forte movimento turístico entre China e Europa/EUA, assim como as fortes relações comerciais entre os países europeus/EUA e a China, mas esse cenário passa a mudar, com o contágio se espalhando ao redor do mundo. O Brasil registra seu primeiro caso em 26 de fevereiro, o primeiro da américa latina. Similarmente ao que aconteceu em outros países, o cenário começa a se agravar cerca de um mês depois do início do contágio, com a situação brasileira começando a fugir do controle no início de abril.

Este é o cenário do início da pandemia, que definiremos como sendo até junho de 2020, após o fim do que se tem informalmente como a primeira onda e com a reabertura das economias nacionais ao redor do mundo e, em especial, nos EUA e UE. Este período é marcado sobretudo por um *disclosure* caótico de informações (vide a questão das máscaras: máscaras de pano não são eficientes; máscaras para pessoal médico apenas; máscaras, inclusive de pano, para todos), inércia dos governos nacionais e um misto de ceticismo e pânico na

população (vide a estocagem em massa de produtos não perecíveis e papel higiênico nos EUA, na Inglaterra e Austrália). Nesse sentido, existem críticas na atuação das entidades regionais, nacionais e internacionais.

Em muito se criticou a OMS no meio jornalístico sobre a sua indecisão na atuação e talvez um excesso de confiança nos dados e informações divulgadas pelo governo chinês, opinião compartilhada por alguns chefes de estado – marcadamente, Donald J. Trump, então presidente dos EUA. Em cima disso, questões existiam sobre a capacidade da OMS de coordenar a pandemia, tendo em vista o pouco poder de fato exercido pela entidade, limitada a uma organização de conselho e recomendação técnicos, não sendo capaz de fato de exercer alguma autoridade sobre as respostas nacionais. Por fim, havia o que se apontou como uma hesitação por parte da OMS de tomar decisões mais definitivas e buscar uma resposta mais firme, como havia feito previamente com a crise do SARS em 2002-2003, onde havia abertamente contestado decisões nacionais e exercido um importante papel na formalização e acompanhamento dos testes, tratamentos e controle da doença. Mas, com a SARS-COV-2, a OMS se contentou em exercer um papel de conselheiro técnico, cabendo aos governos nacionais decidir a resposta à pandemia.

O resultado, como apontamos, foi uma miríade de respostas, em grande parte insuficientes e que contribuíram fortemente para a evolução da doença ao quadro atual. O descumprimento dos protocolos sugeridos pelos governos nacionais tem várias raízes: hesitação sobre os impactos econômicos das medidas mais severas propostas pela OMS (distanciamento social, fechamento do comércio e *lockdowns*), o enfraquecimento das relações diplomáticas (diminuindo a assistência e cooperação internacional) e resistência geral às medidas propostas, seja pela percepção de interferência indevida ou por aquilo que talvez seja melhor descrito como um posicionamento anti-ciência (os exemplos mais claros se referem à recomendação de medicamentos não comprovados como eficazes, à oposição ao uso de máscaras e à minimização da gravidade da doença).

Apesar disso, alguns países desontaram como casos de sucesso durante a crise de coronavírus. Dentro de 103 dias, em 8 de junho de 2020, o governo da Nova Zelândia conseguiu eliminar não só a transmissão comunitária da doença como reduzir o nível de alerta ao mínimo, com a única medida ainda vigente sendo a quarentena obrigatória por todos que entrassem no país (Baker, Wilson, Anglemeyer, 2020). Indubitavelmente auxiliados pela insularidade e a ausência de fronteiras terrestres, as medidas quase draconianas de restrição de movimento surtiram o efeito esperado, na medida que o país registrava a menor mortalidade e proporção de casos dentre todos os países da OCDE (Baker, Wilson, Anglemeyer, 2020).

Outros países também obtiveram sucesso em controlar os casos, mas em muitos destes, os dados são de autenticidade duvidosa, na medida que não é claro se o país conseguiu adequadamente fornecer testes a uma quantidade extensa o suficiente da população, apresentando índices muito altos de positividade. Isto é um fator de atenção, especialmente nos países subdesenvolvidos com números de transmissão muito favoráveis, como os países africanos (BBC, 2020). Entretanto, é inquestionável que estes países adotaram e seguiram protocolos rígidos contra a SARS-Cov-2 (Abbouzohor, 2021) e, apesar da baixa infraestrutura médica, conseguiram ser eficazes no combate à pandemia.

## **2.2 Resposta Brasileira**

A resposta brasileira à pandemia de SARS-Cov-2 foi desastrosa, sendo um dos países mais fortemente afetados pela doença, tanto em número de casos e de mortes quanto em impacto econômico. Desde o primeiro caso, em 26 de fevereiro de 2020, até 12 de outubro de 2021 o Brasil teve 21,6 milhões de casos confirmados e 602 mil mortos pela pandemia de Sars-Cov-2, sendo o segundo país com maior número de casos, assim como de mortes, atrás apenas dos EUA (John Hopkins, 12 de outubro de 2021).

É incontestável o papel preponderante da crise política e dos conflitos entre o presidente da República, Jair Bolsonaro, e os demais órgãos, instituições e indivíduos envolvidos no combate à pandemia: seja o “centrão”, o(s) ministro(s) da saúde – tivemos ao longo da pandemia, quatro ministros da saúde (Luiz Mandetta, Nelson Teich, Eduardo Pazuello, Marcelo Queiroga) – ou os governadores estaduais e prefeitos .

A resposta brasileira começou antes mesmo do primeiro caso sendo registrado no Brasil, com a elevação do alerta de emergência do nível 2 para o nível 3 (perigo iminente) e, três semanas antes do primeiro caso, com a declaração do estado de emergência para combater a pandemia em 4 de fevereiro e, na última grande movimentação antes do primeiro caso, em 6 de fevereiro foi aprovada a lei 13.979/2020, que regulamentava as ações possíveis para o enfrentamento da pandemia, a saber:

“I - isolamento;

II - quarentena;

III - determinação de realização compulsória de:

a) exames médicos;

b) testes laboratoriais;

c) coleta de amostras clínicas;

d) vacinação e outras medidas profiláticas; ou

e) tratamentos médicos específicos;

III-A – uso obrigatório de máscaras de proteção individual; (Incluído pela Lei nº 14.019, de 2020)

IV - estudo ou investigação epidemiológica;

V - exumação, necropsia, cremação e manejo de cadáver;

restrição excepcional e temporária, por rodovias, portos ou aeroportos, de: (Redação dada pela Lei nº 14.035, de 2020)

a) entrada e saída do País; e (Incluído pela Lei nº 14.035, de 2020)

b) locomoção interestadual e intermunicipal; (Incluído pela Lei nº 14.035, de 2020)

VII (Artigo 6 foi removido) - requisição de bens e serviços de pessoas naturais e jurídicas, hipótese em que será garantido o pagamento posterior de indenização justa;

VIII – autorização excepcional e temporária para a importação e distribuição de quaisquer materiais, medicamentos, equipamentos e insumos da área de saúde sujeitos à vigilância sanitária sem registro na Anvisa considerados essenciais para auxiliar no combate à pandemia do coronavírus, desde que: (Redação dada pela Lei nº 14.006, de 2020)

a) registrados por pelo menos 1 (uma) das seguintes autoridades sanitárias estrangeiras e autorizados à distribuição comercial em seus respectivos países: (Redação dada pela Lei nº 14.006, de 2020)

1. Food and Drug Administration (FDA); (Incluído pela Lei nº 14.006, de 2020)
2. European Medicines Agency (EMA); (Incluído pela Lei nº 14.006, de 2020)
3. Pharmaceuticals and Medical Devices Agency (PMDA); (Incluído pela Lei nº 14.006, de 2020)
4. National Medical Products Administration (NMPA); (Incluído pela Lei nº 14.006, de 2020)"

(BRASIL. Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019)

Apesar destas medidas, o Brasil se mostrou grosseiramente despreparado com o começo do contágio, com o presidente minimizando o perigo da pandemia e tomando medidas insuficientes, contrariando recomendações da OMS (Forbes) e os próprios ministros (Folha), priorizando ações que minimizassem impactos econômicos e não reconhecendo a importância de distanciamento social (e, posteriormente, de máscaras). Enquanto isso, a doença se alastrava rapidamente no Brasil – todos os estados da federação reportando casos já em 21 de março, menos de 1 mês desde o

primeiro caso – causando embates entre governos federais e estaduais (O Globo, CNN).

A progressão rápida e generalizada significou que o primeiro grande foco se deu no Amazonas, apesar do primeiro caso ter sido em São Paulo. A proximidade com os EUA significou um volume significativo de importação de casos (apesar do primeiro caso ser oriundo da Inglaterra), com a doença se propagando inicialmente pelas classes mais abastadas – classes A e B – da população (BBC, Época). Esse, cenário se mostra verdadeiro para a maioria dos países (DW, El País), visto que eram as classes com condições de viajar ao exterior.

Entretanto, conforme a doença se consolidou no território brasileiro e com o início da transmissão comunitária, atingiu todas as classes sociais, sendo particularmente alarmante nas classes mais baixas, o que já era esperado (Carvalho et al, 2020). O resultado foi uma série de colapsos do setor de saúde no Brasil, com o Amazonas também sendo o primeiro estado a colapsar, não conseguindo manter sob controle a ocupação das UTIs e das funerárias, que atingiram a capacidade máxima em 24 de abril, resultando na adoção de valas comuns para desafogar o complexo de saúde.

Em grande parte, o colapso no Amazonas se deveu a um misto de despreparo e hesitação da classe governante, desrespeito às normas por parte da população, quando impostas, e a uma falta de infraestrutura grave no setor de saúde e também na capacidade de fiscalização e monitoramento de distanciamento social e cumprimento das normas estabelecidas. Os frequentes embates contra o presidente certamente também contribuíram para a falta de adesão por parte da população, assim como a falta de decisões centrais consolidadas, à exceção do auxílio emergencial de 600 reais aprovado pelo governo. No que tange às medidas tomadas neste momento inicial, o Amazonas seguiu os padrões do resto do país, fechando o comércio e atividades presenciais não essenciais, adotando a obrigatoriedade do uso de máscara, mas

não impedindo o livre fluxo de pessoas (na primeira onda). Há críticas no que tange a essa última decisão, com especialistas comentando sobre a necessidade de fechar o transporte intermunicipal ainda em maio, quando o número de casos por dia no Amazonas já havia caído significativamente (MPAM).

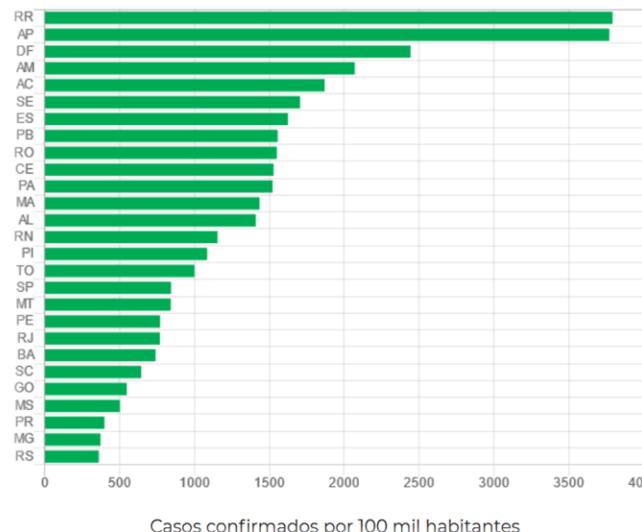
De forma geral, o Amazonas serve como um exemplo ilustrativo para o que aconteceu com o Brasil na primeira onda da pandemia (até junho/2020). Adotaram-se as mesmas medidas adotadas no restante do território nacional e com os mesmos problemas e as mesmas críticas na atuação em todos os estados brasileiros, com múltiplos estados superando 90% de taxa de ocupação das UTIs em 2020 e um número altíssimo de casos; Em 14 de julho, o Brasil tinha 1,927 Milhão de casos confirmados, o segundo maior no mundo (Ministério da Saúde, John Hopkins), mesmo com sérios problemas de testagem: o recomendado era que o índice de positividade de testes seja inferior a 5%, (The Lancet, 2020), mas no Brasil, até junho, esse número era superior a 36% (Globo).

*Figura 3: casos e mortes confirmadas por 100 mil habitantes nos estados brasileiros*

**Casos de coronavírus no Brasil**

\*por 100 mil habitantes

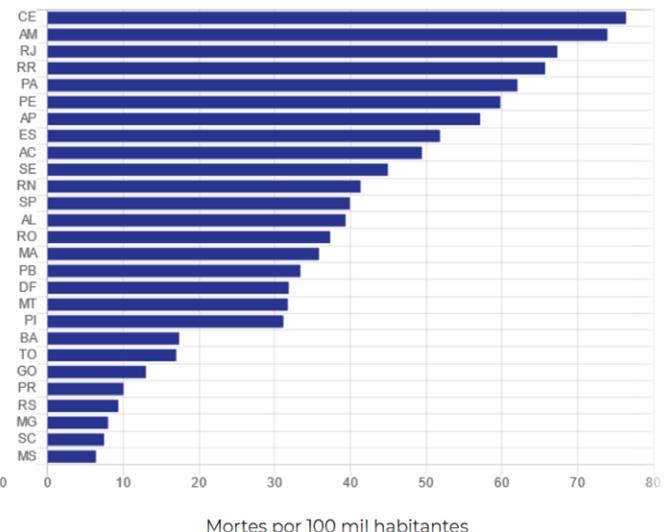
Dados atualizados até: 14/07/2020



**Mortes por coronavírus no Brasil**

\*por 100 mil habitantes

Dados atualizados até: 14/07/2020



*Fonte: Congresso em Foco*

Embora a pandemia tenha de fato afetado mais fortemente os estados mais fracos em termos econômicos e de infraestrutura, é interessante notar a

presença de estados economicamente pujantes no topo, como RJ, DF. Se por um lado tal resultado é intuitivo, dada a melhor infraestrutura no sul-sudeste, uma doença altamente contagiosa como a Sars-Cov-2 deveria ser altamente transmitida nas grandes concentrações urbanas na parte desenvolvida do país, especialmente considerando a maior pressão econômica e melhores condições de testagem. Mas cabe lembrar a forte concentração das populações no Norte em alguns poucos municípios – 70% da população amazonense vive em Manaus, por exemplo.

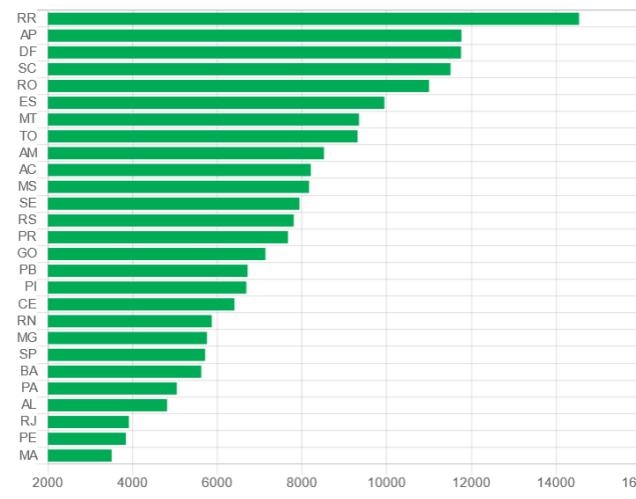
E esta falta de previsibilidade da doença se denota quando levamos em consideração a segunda onda da pandemia no Brasil. Se, no primeiro momento, os estados mais afetados foram aqueles mais despreparados para a crise, levando em consideração todo o andamento da pandemia até abril de 2020, temos um cenário diferente.

*Figura 4: : casos e mortes confirmadas por 100 mil habitantes nos estados brasileiros*

**Casos de coronavírus no Brasil**

\*por 100 mil habitantes

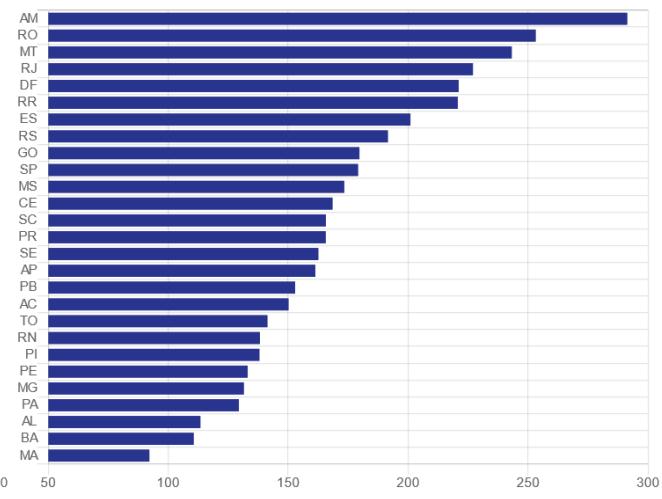
Dados atualizados até: 11/04/2021



**Mortes por coronavírus no Brasil**

\*por 100 mil habitantes

Dados atualizados até: 11/04/2021



*Fonte: Congresso em Foco*

Neste momento atual, a relação entre número de casos e a força econômica do estado não é mais clara. A segunda onda foi diferente em muitos aspectos da primeira, como se percebe pela gradativa entrada dos estados economicamente mais fortes no topo da lista de casos e de mortes por 100.000 habitantes (como DF, SC, RJ, ES), com os estados do nordeste passando a estar em melhores situações relativas. A segunda onda foi bem mais grave na maioria do Brasil: o Amazonas viveu um forte drama com a falta de oxigênio e um total

colapso do sistema de saúde; bateram-se os recordes do número diário de casos e mortes e, em certos pontos, 25 das 27 divisões administrativas brasileiras (incluindo DF) estavam com as UTIs com mais de 80% de lotação (Globo).

A Tabela 1 abaixo é um indicativo deste comportamento de equalização acarretado pela segunda onda. Note-se que a única região realmente díspar no número de casos e óbitos é o Nordeste, historicamente desprivilegiada economicamente, enquanto as outras se mantêm em patamares similares. O centro-oeste é um caso particularmente interessante, visto que possui infraestrutura acima da média e baixos níveis de concentração demográfica.

*Tabela 1*

Região	Casos/100.000 hab.	Óbitos/100.000 hab.
Sudeste	5.652	182
Sul	8.779	181
Nordeste	5.464	132
Centro-Oeste	8.818	206
Norte	7.694	188

*Fonte: SUS, Ministério da Saúde*

Os motivos para isso, para além das novas cepas mais agressivas – no Brasil, em abril, havia mais de 92 variantes identificadas (CNN, Fiocruz) – não são claros, mas existe uma discussão a ser feita sobre o atraso das medidas mais agressivas (fechamento do comércio e das escolas, por exemplo), feitas pela convicção, talvez, de que o pior já tivesse passado e que estivéssemos equipados para uma nova alta dos cargos. Entretanto, o resultado foi inverso e muitos lugares se viram obrigados a uma maior restrição de circulação do que havia acontecido na primeira onda, com toques de recolher (Acre, Amazonas, Ceará, Mato Grosso do Sul, Paraná, Piauí, Bahia, Paraíba e cidades isoladas em outros 7 estados (BBC)) , determinação de limites para a locomoção (Manaus (Globo)) e *lockdowns* propriamente ditos (Vide Araraquara e tentativas no DF (BBC)).

### 3. ANÁLISE DA LITERATURA PRÉVIA

#### 3.1 Literatura em doenças infecciosas e relações socioeconômicas

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2011), a maioria das doenças são influenciadas diretamente pelas condições que determinam a posição social de um indivíduo na sociedade, as quais são influenciadas por fatores como contexto político, econômico, cultural ambiental e entre outros. O conjunto dessas condições pode ser chamado de “Determinantes Sociais da Saúde”, os quais são os principais responsáveis pelas discrepâncias sistemáticas nas condições de saúde de diferentes grupos sociais (OMS, 2011).

Existe uma extensa literatura analisando essas relações. Dahlgren e Whitehead (1991) oferece um dos primeiros esquemas para caracterizar a maneira em que a saúde pode ser socialmente determinada para o indivíduo. O modelo de Dahlgren e Whitehead é formado por 5 camadas: sendo a primeira os fatores hereditários, idade e sexo; a segunda, estilo de vida dos indivíduos; a terceira, as redes sociais e comunitária; a quarta, as condições de vida e trabalho e a quinta, as condições socioeconômicas e culturais.

A quarta camada – que leva em conta as condições de vida do indivíduo, incluindo o seu trabalho – costuma ser a mais relevante no modelo, em razão de incluir variáveis como ambiente de trabalho, desemprego, acesso a água e saneamento básico, serviços sociais de saúde habitação, educação e produção agrícola de alimentos. Tais variáveis são relevantes, pois ressaltam os fatores que geram um aumento na vulnerabilidade e exposição à doenças. Entretanto, a quinta camada do modelo de Dahlgren e Whitehead possui grande relevância na análise, pois é representada pelas condições socioeconômicas e culturais, também conhecidas como macro determinantes da saúde dos indivíduos, as quais possuem influência em todas as demais camadas do modelo.

Relações socioeconômicas para doenças infecciosas foram encontradas em uma miríade de doenças e infecções, como febre amarela (Aldighieri et al, 2017), leptospirose (Zanzi et al, 2014), rubéola (Aytac et al, 2005), hepatite A e B (Hrvniaková et al, 2009; Papaevangelou et al, 2006), meningite (Williams et al,

2004), toxoplasmose (Tomasoni et al, 2010) e STDs (Gras et al, 2001). Em todos estes casos, nota-se a predominância das doenças em comunidades e regiões de baixo poder econômico e com pior acesso a infraestrutura de saúde e apoio, como regiões com forte presença de imigrantes (caso da toxoplasmose, STDs e hepatite B), classes com estigma social, como os romani na Europa (caso da hepatite A) e regiões deprimidas economicamente (leptospirose, rubéola e meningite).

Doenças aereamente transmissíveis não são uma exceção: analisando o número de hospitalizações decorrentes da gripe comum para o estado estadunidense de Tennessee, Chandrasekhar et al (2015) acham que possuir seguro de saúde, estar empregado e possuir graduação completa são todos regressores com coeficientes negativos, com RII entre 0,4 e 0,7: isto é, indivíduos com essas características tinham um risco entre 0,4x e 0,7x daqueles sem essas características. De acordo com os mesmos autores, a incidência de hospitalizações também era maior em regiões com maior frequência de pessoas abaixo da linha da pobreza.

Expandindo para todos os EUA, Hadler et al (2016) reportam dados similares: em regiões de “alta pobreza” (mais de 20% das pessoas abaixo da linha federal de pobreza), o risco de hospitalização após correção por idade era quase duas vezes maior do que em regiões de baixa pobreza (menos de 5% das pessoas abaixo da linha federal de pobreza). Estudos fora dos EUA também encontraram resultados similares: Otieno et al (2014) acham correlações positivas entre status econômico e vacinação contra influenza (e, como decorrência, negativos com hospitalizações) para crianças no Quênia, apesar de questões logísticas se mostrarem mais significantes (Distância até os postos de vacinação, por exemplo).

Entretanto, cabe mencionar que resultados opostos também foram encontrados: analisando apenas casos de gripe, Verma et al (2011) acham que, na província canadense de Quebec, bairros e regiões urbanas com piores condições materiais apresentam menos casos em média do que regiões com melhores condições (as condições sendo definidas a partir de três fatores: empregabilidade, renda e educação). Entretanto, quando expandido o horizonte

para infecções em vez de apenas casos severos e fatalidades, existe o viés adicional de *reporting*: pessoas com piores condições econômicas podem não ter condições financeiras, informações a respeito ou acesso a clínicas em caso de contaminação.

Estes resultados também são ecoados em outras doenças aereamente transmissíveis: no caso da tuberculose, fatores socioeconômicos estão associados à incidência, mortalidade e abandono de tratamento (San Pedro e Magalhães, 2013).

Para incidência, Tekkel et al (2002) encontram que, após ajustes por idade, indivíduos estonianos com rendimento não monetário não fixo têm 12,3x mais chances de contraírem tuberculose, enquanto indivíduos com histórico prisional têm 12,4x mais chances (para comparação, contato prévio com pacientes de tuberculose implica em 7,7x mais chances). Similarmente, Muniyandi et al (2007) verificam que, para a Índia, indivíduos abaixo da linha internacional de pobreza têm risco 1,6x maior e aqueles em habitações precárias, um risco 2,5x maior.

A história é similar para os demais fatores: Cheng et al (2005) acha que, na China, analfabetos possuem um risco de atrasar o tratamento 1,9x maior do que pessoas alfabetizadas, enquanto Albuquerque et al (2007) acha resultados similares para o Brasil (risco 1,7x maior). Da mesma forma, indivíduos empregados correm 0,23x o risco daqueles desempregados de morrer por tuberculose no Brasil (Pelaquin et al, 2007) e aqueles com menos de três anos de estudo têm 3,3x mais risco de mortalidade do que aqueles com mais de três anos no México (Nájera-Ortiz et al, 2008).

Estes achados se mantêm em nível populacional: Cantwell et al (1997) acha, para os estados americanos, que a proporção de pessoas recebendo auxílio governamental (*food stamps*, seguro-desemprego e outros auxílios associados ao nível de renda) é significante a 1%, com 1,2x mais casos de tuberculose em pessoas neste perfil. Nishiura et al (2003) também acham resultados de magnitudes similares quando analisando esta mesma variável no Japão. Similarmente, PIB per capita apresenta coeficientes negativos e significantes a 5% para as províncias chinesas (Liu JJ, 2005) e para a Suíça

(Janssens et al, 2008). Na mesma linha de raciocínio, aumento de IDH e aumento de PIB per capita apresentam coeficientes negativos e significativos a 1% para uma amostra de 139 países (Dye et al, 2009), indicando a existência de relações entre condições socioeconômicas e doenças infecciosas.

Estas relações podem ser justificadas a partir de alguns argumentos centrais: (1) Acesso a infraestrutura, exposição a fatores de risco e substâncias tóxicas, (2) Acesso a informação e busca por tratamento e medidas preventivas. Boa parte das medidas socioeconômicas apresentadas também possuem correlação com o acesso à infraestrutura: indivíduos com pior condição socioeconômica costumam possuir também menor acesso a saneamento básico e infraestrutura mais precária (Munivandi et al), resultando também em uma maior exposição a substâncias tóxicas, tanto involuntariamente (esgoto e subprodutos de trabalhos de pior remuneração, como asbestos (Wunsch, 2007)) quanto voluntariamente, como tabaco, alcoolismo e drogas (Wunsch, 2007, Gyarmathi et al, 2007). Isto resulta, logicamente, em uma maior exposição a elementos de risco e elementos que comprometem a imunidade do indivíduo (Hoes et al, 2018) e, assim, danificam a habilidade de combater doenças contagiosas.

O segundo grande grupo de explicações se refere ao nível de conhecimento do indivíduo: apresentamos acima como níveis inferiores de educação apresentam maiores níveis de letalidade e de atraso no tratamento. Isto pode ser explicado pela falta de conhecimento acerca do risco, pela falta de conhecimento acerca do tratamento ou por razões mais dogmáticas e religiosas. Estes motivos também influem na falta de tratamento e medidas preventivas como vacina: Otieno et al (2014) acha nível de educação negativamente correlacionado com vacinação contra influenza, por exemplo. Entre indivíduos de menor grau de escolaridade, existe, mais do que desconfiança, um desconhecimento da eficiência e da importância destas medidas para prevenção e tratamento.

Explicamos acima a importância de fatores socioeconômicos na transmissão e letalidade de doenças infecciosas sazonais e perenes, mas como entender estes fatores em cenários pandêmicos, onde há um forte fator espacial,

na medida que o agente transmissor já não está presente no território? Como sugerem Riley et al (2015), modelos que levam em conta a condição e transmissão espacial se tornam cada vez mais importantes para a modelagem do contágio via eventos de epidemias e pandemias, na medida em que representam o padrão de propagação da doença e permitem a análise em nível populacional. Neste sentido, apresentamos a seguir a literatura referente sobre determinantes socioeconômicos em dois eventos com transmissão internacional: Gripe Espanhola (1918) e H1N1 (2011) – a opção por não incluir SARS e MERS nestas pandemias se dá pelo caráter relativamente regional destas doenças, não havendo uma propagação em massa como é o caso com a Gripe Espanhola, H1N1 e SARS-CoV-2.

A respeito da gripe espanhola de 1918, a literatura é abundante e tradicional: o primeiro artigo referente a esse tópico é de Pearl (1921) que, analisando o status econômico de uma amostra de 100.000 pessoas, acha correlações negativas entre renda e mortalidade pela gripe espanhola entre indivíduos da mesma idade e raça. Estudos mais recentes mantiveram as conclusões de Pearl: Rane et al (2016), usando uma base de dados histórica, obtém relações positivas e significantes com taxa de analfabetismo (a mortalidade aumentava 32,2% para cada 10% de aumento na taxa de analfabetismo) para Chicago. O número de casos também se mostrou significantemente e positivamente associado com densidade populacional (em nível de bairro), desemprego e analfabetismo, assim como mostrou a existência de autocorrelação espacial, isto é, a existência de *clustering* espacial.

Estas conclusões se sustentam em nível nacional: de forma anedótica, a Índia teve uma mortalidade 40x maior do que a Dinamarca (Mamelund et al, 2019). Em nível subnacional, estas conclusões também possuem suporte: a Noruega apresentou uma letalidade maior entre operários do que entre outras classes sociais, havendo também uma clara divisão de classe na Suécia, com indivíduos em atividades consideradas de baixo valor agregado ("unskilled") apresentando um risco 25% maior de contração e letalidade do que aqueles em atividades de maior exigência educacional (Bengtsson et al, 2018).

Assim, apesar da crença na época de que a gripe espanhola não havia diferenciado entre ricos e pobres (Sydenstricker, 1931), estudos encontram *gaps* explicados por variáveis socioeconômicas. A justificativa para tanto normalmente se encontra associada às condições de habitação, com muitos indivíduos ocupando espaços pequenos e apertados, com baixa ventilação, ao baixo acesso a saúde e conhecimento dos riscos da doença e vantagens da vacinação (quando disponível), problemas nutricionais e de higiene, assim como condições de saúde pré-existentes devido às más condições de trabalho e incapacidade de se distanciar de espaços de trabalho lotados por motivos financeiros (Mamelund, 2006 e Mamelund, 2017).

Entretanto, este retrato não se mostra tão claro em pandemias mais recentes. Na crise decorrente da SARS original em 2002, Wong (2010) não acha relações relevantes em Hong Kong para condições de habitação (quantidade de pessoas por moradia, distância do centro da cidade) ou educação, mas ao nível de 5%, renda se mostra significante e negativa.

Por fim, analisando a pandemia de H1N1, obtemos uma dissimilaridade interessante entre nível populacional e nível individual: embora indivíduos de pior condição financeira tenham sido mais afetados em termos relativos (Manabe et al, 2012), em nível populacional, não se mantém essa relação. Analisando a expansão da doença no Paraná, Codeço et al (2014) acham que IDH possui uma correlação positiva e significativa com casos e Xiao et al (2011) chegam à mesma conclusão para a China.

A explicação lógica é que cidades de maior IDH são polos de maior comunicação e com transporte mais intensivo, todos fatores que contribuem para a propagação de doenças e contribuíram significativamente no caso de H1N1 (Fang et al, 2012.; Freedman e Leder, 2010). Ademais, cidades com maior IDH tendem a ser mais populosas e com maior densidade demográfica, todos fatores que são significativos ao analisar os casos de H1N1 (Fang et al, 2012; Codeço et al, 2014, Xiao et al, 2011).

A existência de conclusões similares nestes estudos indica que há uma mudança relevante de ótica de estudo para doenças epidêmicas em relação às doenças infecciosas. Enquanto para doenças infecciosas no geral melhor

infraestrutura e melhor organização econômica são medidas que ajudam no combate à incidência e à mortalidade, em doenças epidêmicas elas contribuem como fatores de propagação da doença, por conta da maior densidade demográfica, maior população absoluta e maior conectividade com outras regiões. Isso se dá porque estes centros acabam se tornando polos transmissores: em doenças infecciosas, os agentes causadores já existem e estão ativos em todas as regionalidades, com eventuais aumentos de casos se dando por efeitos climáticos (como é o caso da gripe comum). Porém, de forma geral, trata-se de eventos que existem ao longo do ano. Já doenças epidêmicas surgem e se deslocam ao longo dos territórios, implicando em “centros de contágio” que costumam possuir maior relevância pela conectividade das regiões. Como se trata usualmente de variantes novas, a infraestrutura de melhor porte possui uso limitado, pois esta não é capaz de encontrar tratamentos eficazes, muitas vezes colapsando inteiramente, como aconteceu na pandemia de SARS-Cov-2. Nesse sentido, na próxima seção trazemos os fatores encontrados na literatura que possuem associações significativas com a transmissão e a letalidade do novo coronavírus, tanto variáveis ambientais quanto socioeconômicas.

### **3.2 Literatura em SARS-Cov-2**

Desde o início da propagação internacional da doença no início de 2020, inúmeros estudos foram feitos buscando buscar variáveis correlatas e explicativas para a contaminação e fatalidades causadas pela doença. Dividiremos a revisão da literatura em três grandes grupos: variáveis ambientais, demográficas e socioeconômicas.

A família dos coronavírus costuma ser extremamente dependente de temperatura e umidade para estabilidade e propagação, com as melhores condições sendo temperatura ao redor dos 4°C e umidade não extrema, entre 20 e 80%; acima de 20°C, há uma rápida inativação do material gênico do vírus e sua “morte” (Casanova et al, 2010). SARS-COV-2 não é uma exceção: a 4°C, o vírus encontra suas melhores condições de estabilidade, com uma queda de apenas 0,7 log-unidades de concentração de antígeno infeccioso em 14 dias,

continuando se propagando. Para comparação, a 22 °C o antígeno infeccioso permanece sete dias e a 37 °C, um dia (Chin et al, 2020). De forma geral, o threshold para abaixo do qual o R<sub>0</sub> do novo coronavírus começa a aumentar significantemente é tido como 10 °C (Sehra et al, 2020). Em termos de umidade, SARS-CoV-2 também se comporta de forma similar aos demais coronavírus: a uma temperatura de 24 °C, a meia vida do vírus passa de 15h; quando a umidade relativa está a 20% de umidade, para 7,5h; quando a umidade relativa passa a ser 80%, com declínio linear da meia vida durante esse intervalo de umidade (Biryukov et al, 2020). Assim, determinamos que o vírus prefere condições climáticas frias e secas.

Não obstante, em análises da transmissão e letalidade, os resultados quanto à temperatura, umidade e pluviosidade – que pode ser tido como uma proxy para a umidade, já que regiões mais chuvosas são mais úmidas por natureza – mostram uma realidade muita próxima ao cenário mostrado em laboratório. Numa análise de 416 divisões subnacionais em um modelo painel com 15 lags, Palialol et al (2020) obtém um coeficiente geral negativo para temperatura de 0,086 [CI<sub>95%</sub>: 0,008–0,164] e resultados não significativos para pluviosidade e umidade, mas os resultados diferem significantemente entre climas frios e quentes, úmidos e áridos. Em climas frios (temperatura <15°C), um aumento de temperatura em 1 °C era associado a uma redução de 0,082 no número de casos, mas em climas quentes (temperatura >15°C), o resultado não era significativo. Em climas áridos úmidos (umidade específica mensal <0,91%), o aumento de temperatura em 1 °C era associado a uma redução de 0,063 no número de casos, enquanto em climas úmidos (umidade específica mensal >0,91%), o resultado não era significativo.

Condições e respostas similares aos de Palialol et al são encontradas por Sehra et al (2020) e Chaudhary et al (2020) condizendo com as condições ideais para o vírus. Por outro lado, Menebo (2020), analisando a contaminação por covid em Oslo (Noruega) durante o período entre fevereiro e maio de 2020, acha relações positivas entre temperatura normal e contágio (0,293) e negativas entre pluviosidade e contágio. Apesar da aparente discrepância na relação entre temperatura Menebo (2020) e os demais *papers* mencionados, cabe lembrar

que, no período utilizado, a temperatura normal máxima registrada em Oslo foi 7,4°C e a menor, -2,1°C. Ou seja, a ideia de um limiar em cerca de 10°C mantém seu mérito, na medida que Oslo sofre do “problema” inverso das regiões quentes: a temperatura é baixa demais para o ponto de estabilidade de SARS-Cov-2. Este ponto é fortalecido pela análise de Zhu e Xie (2020), que encontram relação positiva entre aumento de temperatura a temperaturas médias abaixo de 3°C. A hipótese do limiar também recebe suporte de estudos como Şahin (2020), Felipe et al. (2020) e Ma et al. (2020). Apesar disso, existem resultados que se distanciam da ideia de um threshold firme, como Tosepu et al (2020), que encontrou uma correlação de Spearman positiva e significante a 1% para Jakarta entre temperatura média (entre 26 e 28°C) e contágio por Covid.

A seriedade da infecção de SARS-Cov-2 também é fortemente dependente de variáveis demográficas dos indivíduos, em particular, idade e a existência de comorbidades: hipertensão, obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, câncer e doenças crônicas no pulmão, fígado e rins (Stefan et al, 2020). Isto se dá pela associação e correlação desses fatores com o enfraquecimento e comprometimento das capacidades cardíacas e pulmonares, as principais causas de óbito entre pacientes de covid-19 (Pneumonia, ataques cardíacos) (Stefan et al, 2020). Analisando registros de casos, hospitalizações e mortes, esta conexão é perceptível: enquanto apenas 25% dos pacientes acometidos por covid-19 têm comorbidades, 60-90% dos casos de hospitalizações possuem problemas pré-existentes (Wiersinga et al, 2020). No caso da idade, enquanto 31% dos pacientes possuíam mais que 65 anos, 45% das hospitalizações eram nessa faixa etária (CDC, 2020).

Em análises mais rigorosa, Bonanad et al (2020), considerando 612 mil pacientes de covid na China, EUA, Itália, Reino Unido e Espanha, encontra que todos os grupos etários estão em maior risco de fatalidades em relação ao grupo etário imediatamente anterior e, entre pacientes com mais de 80 anos, o risco era 6 vezes maior em comparação (OR: 6.25, CI<sub>95%</sub> 5.38-7.25; P <.001)<sup>3</sup> com a

---

<sup>3</sup> Odds Ratio: medida que busca definir a probabilidade de evento x na face de evento y – se maior que 1 implica no evento x ser mais provável.

CI<sub>95%</sub> indica o intervalo de confiança a 95%

população em geral. Dados similares também são encontrados por Ho et al (2020) para a Grã-Bretanha – pessoas com mais de 75 anos tinham risco 13 vezes maior do que aquelas com menos de 65 anos ( $CI_{95\%} 9.13\text{--}17.85$ ) – e por Guan et al (2020) – OR: 6,61,  $CI_{95\%} 5.38\text{--}7.25$  – e Tian et al (2020) – OR: 5,16,  $CI_{95\%} 2,55\text{--}10,46$  – para a China para aqueles com mais de 65 anos.

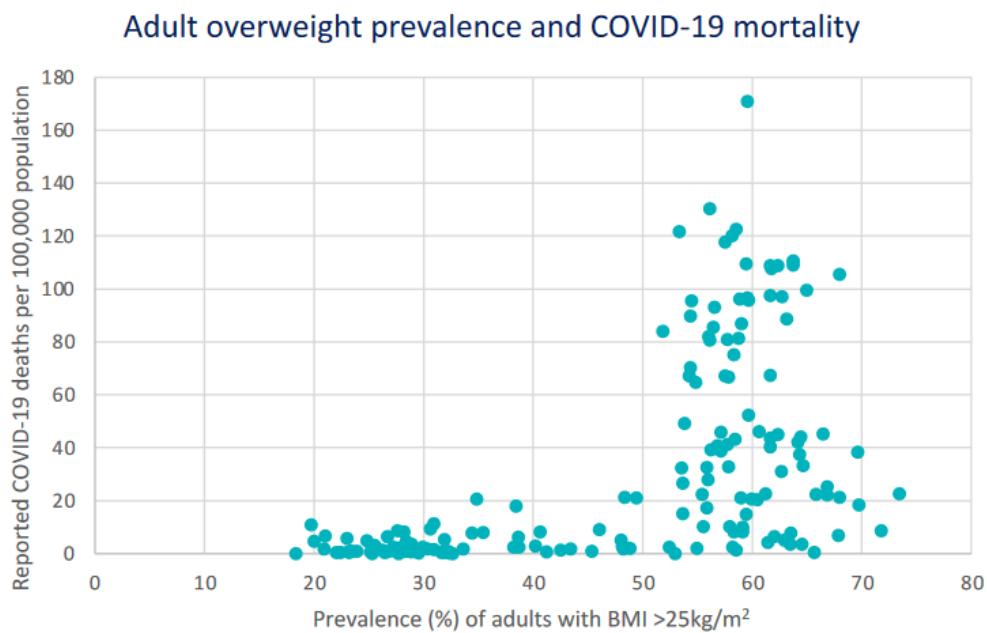
Este cenário se mantém em análises que envolvem medidas populacionais de idade (idade média, proporção de idosos na população): analisando mortes por milhão e a idade média da população de 45 países, Valev (2020) acha correlação significativa a  $p<0,0001$  para a proporção de idosos e mortes, assim como Bauer et al (2021) para 15 países europeus e EUA. Entretanto, vale mencionar que o resultado inverso também foi encontrado: analisando 22 estados brasileiros, Barbosa et al (2020) acham correlação negativa e significativa a  $p<0,02$  tanto para idade média quanto para proporção de idosos com mortes. Entretanto, cabe ressaltar que o estudo só considerava o período inicial da pandemia (até 25 de maio), no qual o norte do país era o principal afetado, área com idade e proporção de idosos menor que o resto do país. Também na contramão, Gardiner et al (2021) encontra uma regressão inconclusiva (intervalo de confiança para o regressor abrange números negativos e positivos) entre proporção de idosos e mortes para 30 países, em sua maioria europeus.

Quanto às comorbidades, focaremos nossa revisão em obesidade (por conta das regressões que serão utilizadas nesse trabalho), mas existe um relativo consenso que diabetes, hipertensão e doenças cardiovasculares aumentam significativamente o risco de morte, com  $OR>1$  (Zheng et al, 2020). Em obesidade, existe, entretanto, uma segregação interessante entre risco de hospitalização e risco de mortalidade: enquanto há um relativo consenso que obesidade aumenta o risco de hospitalização em níveis de significância  $p<0,1$ , para mortalidade muitos estudos acabam com resultados inconclusivos (Stefan et al, 2020).

Uma meta análise feita por Popkin et al (2020) encontrou 19 estudos analisando a relação entre hospitalizações por covid-19 e obesidade, com todos apresentando  $OR >1$  e um *pooled* OR (OR conjunto) de 2,1 ( $CI_{95\%} 1.7\text{--}2.6$ ;  $p <$

0.0001). Já na relação entre obesidade e mortes por covid-19, embora o *pooled* OR ainda era maior que 1 (1,48, com  $CI_{95}$  1,22–1,8;  $p < 0.001$ ), dentre os 35 estudos localizados, 4 apresentavam intervalos de confiança de OR inteiramente menores que 1 (logo, obesidade diminui o risco de morte), 15 apresentavam intervalos de confiança que incorporavam intervalos de confiança de OR tanto menores que 1 quanto maiores que 1 (logo, não são conclusivos) e os demais 16 incorporavam possuíam intervalos de OR unicamente maior que 1 (obesidade aumenta risco de morte).

Analizando com medidas populacionais de obesidade (% da população com obesidade), o cenário não é necessariamente mais claro. O comportamento do número de mortos por 100.000 habitantes quando comparado com a taxa de sobrepeso aparenta apresentar um limiar em cerca de 50%: acima disso, a mortalidade começa a impactar significativamente o número de mortos, com um



aumento de quase 1000% (World Obesity Federation, 2021), como ilustrado na figura abaixo.

Entretanto, o trend claro é de aumento da mortalidade com a prevalência de obesidade no país, ponto de vista reforçado por estudos como o de Gardiner (2021) - coeficiente de obesidade de uma regressão multivariada é positivo e significante a 1%.

A análise com variáveis socioeconômicas, entretanto, seja para casos seja para mortes por covid-19, apresenta disparidades comparáveis com as da obesidade. O foco inicial da pandemia em países desenvolvidos (Europa, EUA) e a baixa representatividade da África e de outros países subdesenvolvidos implicaram em resultados de análises em nível nacional e global de relações positivas entre variáveis socioeconômicas e casos e mortes. O grande problema disto é entender se realmente as condições em países mais desenvolvidos são realmente mais conducentes à propagação da doença (por exemplo, maior densidade demográfica, maior locomoção e conexão de pessoas e regiões) ou se há algum viés relacionado aos dados nestes países: o problema de *underreporting* é considerável mesmo em países desenvolvidos e em países subdesenvolvidos tende a ser pior, devido ao esforço logístico e financeiro necessário para testes em massa contra a doença.

Estas relações positivas podem ser vistas em múltiplos estudos: Valev (2020) encontra correlações positivas entre casos e IDH, PIB per capita, expectativa de vida e relações não significativas para densidade demográfica e índice de gini, enquanto Cifuentes-Laura (2020) acha coeficientes de regressão positivos para PIB per capita e não significativos para densidade demográfica e expectativa de vida ao analisar os países da América Latina. Eigenstuhler (2021), por outro lado, encontra relações não significativas para IDH, PIB per capita e negativos e significantes para densidade demográfica ao analisar uma amostra de 110 países, assim como acontece na amostra de 45 países para Gardiner et al (2021), com PIB per capita não significativo. Os resultados não intuitivos também se avistam em estudos intrapaís. No entanto, Liu et al (2020) encontram relações positivas para IDH entre as diferentes sub-regiões italianas, Fonseca et al (2021) encontra relações positivas nas microrregiões sergipanas e Maciel et al (2020) para os municípios cearenses.

A implicação aparenta ser a importância das conexões e a inserção no mercado global de transportes: como indicam Maciel et al e Fonseca et al, existem clusters formados nas capitais, os centros gravitacionais principais de cada estado. Isto é reforçado em análises que usam amostras com *pulls* gravitacionais parecidos, como o de Dayrell et al (2020) – que usam as capitais

brasileiras como amostra. O resultado são correlações negativas com IDHm e positivas com taxa de mortalidade infantil e, como o de Otoni et al (2021), relações negativas e significantes para IDH com base em estratos de acesso à saúde primária nas maiores cidades do país, ambos resultados mais intuitivos.

## 4. METODOLOGIA

Nesta seção, trataremos da metodologia adotada para a realização do estudo em questão, com atenção especial aos dados coletados, motivação por trás dos dados escolhidos e processos de análise, que se dá principalmente por métodos quantitativos.

### 4.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa, nesta subseção, é classificada em relação à natureza, à forma de abordagem, aos fins e aos meios de investigação: através das definições de Moresi (2003), entendemos este estudo como uma pesquisa aplicada, quantitativa, explicativa, experimental e um estudo de caso.

Seguindo as definições de Moresi (2003), trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, na medida que envolve verdades e interesses locais, com problemas específicos: os resultados obtidos se referem apenas ao Brasil e apenas à SARS-Cov-2, havendo restrições quanto a sua representatividade em nível geográfico mundial e em nível epidemiológico global, seja para outros coronavírus ou para doenças aereamente transmissíveis no geral.

Já sua abordagem é sobretudo quantitativa: buscamos ao longo deste estudo trazer em medidas numéricas a condição socioeconômica, ambiental e imunológica das cidades brasileiras, assim como da sua situação na pandemia e trazer respostas quantitativas para as relações causais e correlacionais entre as diferentes variáveis de interesse. É inegável que há elementos qualitativos, especialmente na discussão de políticas públicas, mas este não é o ponto focal.

Os fins deste estudo são majoritariamente explicativos, embora haja elementos descritivos: temos como objetivo explicar os principais fatores que foram responsáveis pela propagação da pandemia nas cidades brasileiras e entender a significância destes na disseminação da doença e na letalidade desta, em nível populacional. Isso abrange também, obrigatoriamente, a exposição de características da pandemia e populacional, mas o foco é explicativo.

Por fim, quanto aos meios de investigação, entendemos esta pesquisa como parte de dois grandes blocos: experimental e estudo de caso. Experimental

pelas manipulações entre as variáveis com que buscamos explicar a transmissão e letalidade de SARS-COV-2 (as variáveis independentes) e a própria transmissão e letalidade de SARS-COV-2 (as variáveis dependentes). Por outro lado, se trata de um estudo de caso, na medida que constitui um estudo restrito unicamente ao Brasil.

#### **4.2 Variáveis escolhidas e levantamento de dados**

Esta pesquisa tem por interesse três grandes grupos de variáveis: (1) Ambiental – referindo-se a condições de clima e pluviosidade da cidade, mensuradas por temperatura e pluviosidade média em 2020 (2) Socioeconômico – referindo-se às condições de acesso a saúde e renda, assim como a prevalência dos fatores de risco na população (obesidade, idade avançada), mensuradas por densidade demográfica, IDH, porcentagem da população com seguro de saúde, taxa de envelhecimento e taxa de sobrepeso e (3) Circunstâncias espaciais – dado o caráter de contágio da doença, é natural que cidades sejam afetadas conforme cidades próximas apresentem também casos da doença.

Os dados escolhidos foram obtidos de databases disponíveis publicamente: dados climáticos de temperatura e precipitação média por hora foram obtidos a partir da INMET (Instituto Nacional de Meteorologia); IDHM de 2010 e IDHm Saúde (ambos medidos de 0 a 1), porcentagem da população com mais de 60 anos e porcentagem da população com seguro privado de saúde em 2019 foram obtidos da PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, mas estes dados são fornecidos à PNUD através da fundação João Pinheiro). A taxa de sobrepeso foi mensurada a partir de uma proxy, a porcentagem de adultos com sobrepeso em 2019 dentro do grupo atendido pelo SUS em cada cidade, com dados coletados a partir do SISVAN.

Por fim, os dados relacionados a mortes e casos de Covid foram levantados a partir do DATASUS, sendo usada uma medida relativa à população: casos por 10.000 habitantes e mortos por 10.000 habitantes. Para a construção do *grid* geográfico, foram usadas as medidas de latitude e longitude disponibilizadas pelo IBGE de cada um dos municípios utilizados na base.

Estes dados foram coletados para 649 municípios brasileiros, incluindo todos aqueles com mais de 100.000 habitantes (a partir dos dados estimados pelo IBGE em 2020) e outros 323 municípios menores: a escolha por todos os municípios maiores que 100.000 habitantes se dá pela sua relevância dentro do ambiente regional, assim como a presença de infraestrutura de saúde e uma maior autonomia de gestão, o que implica em dados e níveis de testagem mais confiáveis. Não foram usados todos os municípios brasileiros por dois fatores: municípios demasiado pequenos não possuem infraestrutura adequada de testagem e saúde, podendo enviesar a amostra e, ademais, muitos não possuem dados climáticos anuais divulgados, o que compromete a confiabilidade das informações ambientais. Assim, usamos apenas os municípios com dados climáticos registrados para 2020, com maiores informações sendo fornecidas no capítulo 4.4.

### **4.3 Hipóteses iniciais**

As hipóteses para a relação de cada uma das variáveis explicativas com o número de casos por 10.000 habitantes e de mortes por 100.000 habitantes se dá através da análise da literatura conhecida de transmissão e letalidade para o indivíduo:

- Temperatura: muitas associações foram feitas entre temperaturas mais frias e maior tempo de sobrevivência do vírus no ambiente, o que pode indicar uma correlação entre temperaturas mais frias e maior número de casos (entretanto, não deve implicar mortes). Mas, considerando que quase a integridade do território brasileiro está em climas mais quentes (tropicais e equatoriais), não é claro se há variabilidade de temperatura (o vírus aparenta reduzir o nível de contágio após 10 °C (Sehra et al, 2020), muito baixa para a maioria do Brasil) o suficiente para acharmos uma resposta conclusiva.
- Pluviosidade: Trata-se de outro fator de controle ambiental para o coronavírus e o tempo de vida deste no ambiente. É um fator relevante em outras doenças aereamente transmissíveis, como a

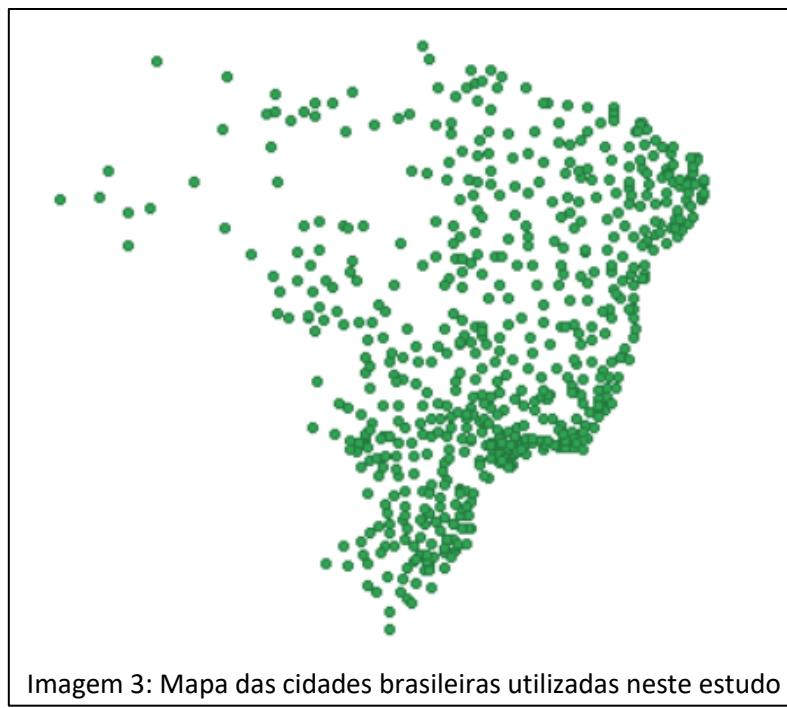
gripe, mas não esperamos relações relevantes para casos ou mortes por SARS-Cov-2.

- Densidade demográfica: relação positiva e significante com casos, dada a forte relação entre aglomerações e contágio pelo novo coronavírus. É de se esperar que as aglomerações intrínsecas às cidades, as quais não podem ser evitadas, tenham um efeito positivo para casos, mas não para a letalidade da doença
- IDH: nesta, a relação inicial esperada é menos clara: pelos próprios dados estaduais e regionais, não se percebe uma relação clara entre IDH e casos e mortes por SARS-Cov-2, mas em nível municipal esperamos uma relação positiva: cidades de maior IDH normalmente também são as cidades com maior aglomerações e maior contato pessoa-a-pessoa. A ideia desta variável é checar se as melhores condições socioeconômicas foram capazes de restringir o contágio (em cujo caso, seria negativo o estimador)
- Porcentagem da população com seguro de saúde: espera-se que seja correlacionado negativamente com mortes (e insignificante com casos, visto que não há associação lógica entre possuir seguro de saúde e contrair o novo coronavírus), considerando a relação de seguro privado de saúde com melhor qualidade do sistema prestado. Entretanto, por conta do *overload* do sistema de saúde brasileiro, é muito possível que esta variável seja não significante também para mortes, já que os hospitais particulares também estiveram sobrecarregados.
- Taxa de sobrepeso: dado os problemas adicionais causados por comorbidades e as associações feitas entre sobrepeso e a letalidade da doença para o indivíduo, espera-se que haja uma associação positiva entre sobrepeso na população e o número de mortes na mesma. Entretanto, não esperamos significância para casos, visto que não há correlação lógica entre pesos e contração de doenças aereamente transmissíveis.

- Porcentagem da população com mais de 60 anos: dados os problemas adicionais causados por comorbidades e as associações feitas entre idade avançada e a letalidade da doença para o indivíduo, espera-se que haja uma associação positiva entre a idade avançada na população e o número de mortes na mesma. Entretanto, não esperamos significância para casos, visto que não há correlação lógica entre idade e contração de doenças aereamente transmissíveis.
- Efeitos espaciais: esperamos uma forte relação positiva entre as condições dos municípios vizinhos e o número de casos no município, pela própria forma de contágio da doença e, naturalmente, pela própria ausência de restrição à locomoção de indivíduos no Brasil. Espera-se que a relevância do número de infectados nas cidades próximas impacte também o número de infectados da cidade em questão

#### 4.4 Análise descritiva dos dados

Conforme descrito anteriormente, foram utilizadas 649 cidades brasileiras para compor a amostra utilizada neste estudo.



Pela própria natureza da urbanização das cidades brasileiras e da concentração ao longo do litoral e nas regiões Sudeste e Sul – por exemplo, Amapá possui 16 municípios e Roraima possui 15, enquanto São Paulo possui 645 municípios – a nossa amostra possui uma maior concentração nestas regiões do país. A seguir, mostramos a divisão dos municípios por estado e macrorregião brasileira:

Estado/Região	Número de Municípios	% Amostra	%Brasil
<b>Região Norte</b>	<b>81</b>	<b>12%</b>	<b>8%</b>
Acre	6	1%	0%
Amapá	2	0%	0%
Amazonas	17	3%	1%
Pará	32	5%	3%
Rondônia	3	0%	1%
Roraima	1	0%	0%
Tocantins	20	3%	2%
<b>Região Nordeste</b>	<b>152</b>	<b>23%</b>	<b>32%</b>
Alagoas	7	1%	2%
Bahia	51	8%	7%
Ceará	17	3%	3%
Maranhão	17	3%	4%
Paraíba	8	1%	4%
Pernambuco	19	3%	3%
Piauí	19	3%	4%
Rio Grande do Norte	6	1%	3%
Sergipe	8	1%	1%
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>106</b>	<b>16%</b>	<b>8%</b>
Distrito Federal	1	0%	0%
Goiás	29	4%	4%
Mato Grosso	38	6%	3%
Mato Grosso do Sul	38	6%	1%
<b>Região Sudeste</b>	<b>201</b>	<b>31%</b>	<b>30%</b>
Espírito Santo	15	2%	1%
Minas Gerais	70	11%	15%
São Paulo	81	12%	12%
Rio de Janeiro	35	5%	2%
<b>Região Sul</b>	<b>109</b>	<b>17%</b>	<b>21%</b>
Paraná	32	5%	7%
Santa Catarina	30	5%	5%
Rio Grande do Sul	47	7%	9%

Tabela 3: Representatividade dos estados e regiões na amostra e no Brasil. Autoria Própria

Note-se que, apesar de uma menor representatividade no Norte e Centro-Oeste em termos de número de municípios, estes estão adequadamente representados frente a sua significância em nível nacional. Existe alguma sub-representação dos estados nordestinos como um todo, mas em nível estadual essa diferença não é significativa: o cumulativo ao longo de nove estados se torna representativo. Entretanto, dadas as condições similares socioeconômicas e de clima no Nordeste, isto não é um impedimento para a análise (ressaltando que a maioria das cidades estão no litoral ou próximo desta, com pouquíssimos centros urbanos no Sertão semi-árido).

O mesmo pode ser dito para o Centro-Oeste, cuja representação acima do esperado se dá em decorrência da relevância socioeconômica, com uma economia muito mais voltada para agricultura e dispersa em pequenos núcleos urbanos economicamente relevantes: vide o exemplo de Lucas do Rio Verde, importante centro produtor de soja com apenas 68 mil pessoas. Assim, acreditamos que a amostra dê pesos adequados à representatividade da distribuição populacional no território nacional.

Por fim, ainda no tópico das cidades escolhidas: a média das cidades é de 181.465 habitantes, com o 1º quartil sendo de 22.082 habitantes, o 3º quartil de 160.807. O menor município na amostra tem 1650 habitantes, enquanto o maior, São Paulo, tem 12,2 milhões de habitantes. A seguir, apresentamos estes mesmos números para as demais variáveis:

	Seguro_Saúde	IDHM2010	Tx_Envelhecimento	Densidade_Demográfica	Temperatura
Menor	0,06%	0,5	1,46	0,3	14,14
Maior	61,77%	0,862	14,05	13945,2	31,33
1º quartil	3,89%	0,651	5,48	9,9	21,11
3º quartil	23,06%	0,749	8,67	197,5	26,06
Média	15,13%	0,70	7,08	509,16	23,40

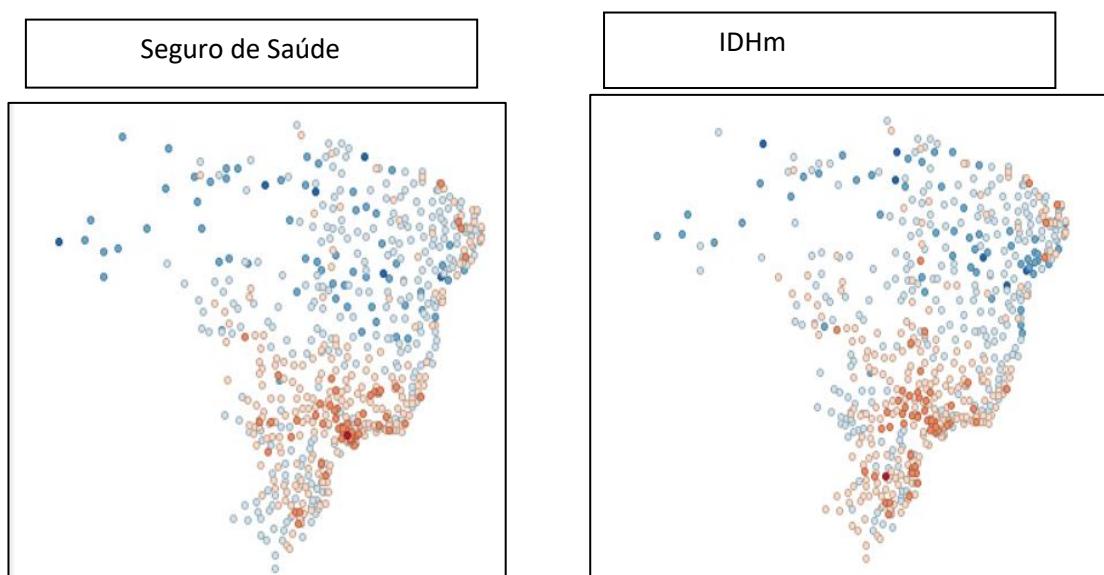
	Tx_Sobrepeso	Pluviosidade	CasosCovid	MortesCovid
Menor	26,0%	0	1,26	0
Maior	81,2%	0,76	142,67	2,21
1º quartil	60,9%	0,12	21,81	0,42
3º quartil	69,7%	0,20	48,98	1,02
Média	64,9%	0,16	38,04	0,75

Tabela 4: medidas de média das variáveis utilizadas (Autoria Própria)

A tabela acima mostra as medidas de *scatter* das variáveis utilizadas nessa pesquisa. Alguns achados são particularmente representativos: seguro de saúde possui uma variabilidade muito grande dentre as cidades da amostra, com o menor valor sendo 0,06% e o maior sendo 61,2%, com a média de apenas 15,13%. Por outro lado, temperatura mal flutua, variando em 15º C ao longo da amostra, mas 50% desta se concentra em apenas 5º C. Assim, apresenta o problema previamente comentado: mesmo os valores nos percentis mais baixos da amostra ainda são considerados “quentes” para o padrão mundial e, portanto, para a sobrevivência do vírus.

O caso mais severo de variabilidade dentro da amostra, entretanto, é da densidade demográfica: o menor valor da amostra é de 0,3 hab/km<sup>2</sup>, com o maior valor próximo a 14.000 hab/km<sup>2</sup>. Neste caso, esta flutuação decorre das condições regionais nas quais as cidades estão inseridas, com cidades no centro-oeste e norte possuindo vastas áreas rurais sem habitantes, enquanto algumas cidades em SP, como Santo André, sequer possuem áreas rurais.

Similarmente, existem outras variáveis com perfis regionais claros: temperatura e pluviosidade são os exemplos óbvios, na medida que dependem diretamente da geografia local, com o norte e centro-oeste quentes e chuvosos, nordeste quente e árido, sudeste e sul mais frios. Mas, este perfil se encontra também nas demais variáveis socioeconômicas analisadas e também nas variáveis explicadas. Portanto, para entender o comportamento regional destas variáveis socioeconômicas, apresentamos os mapas abaixo:



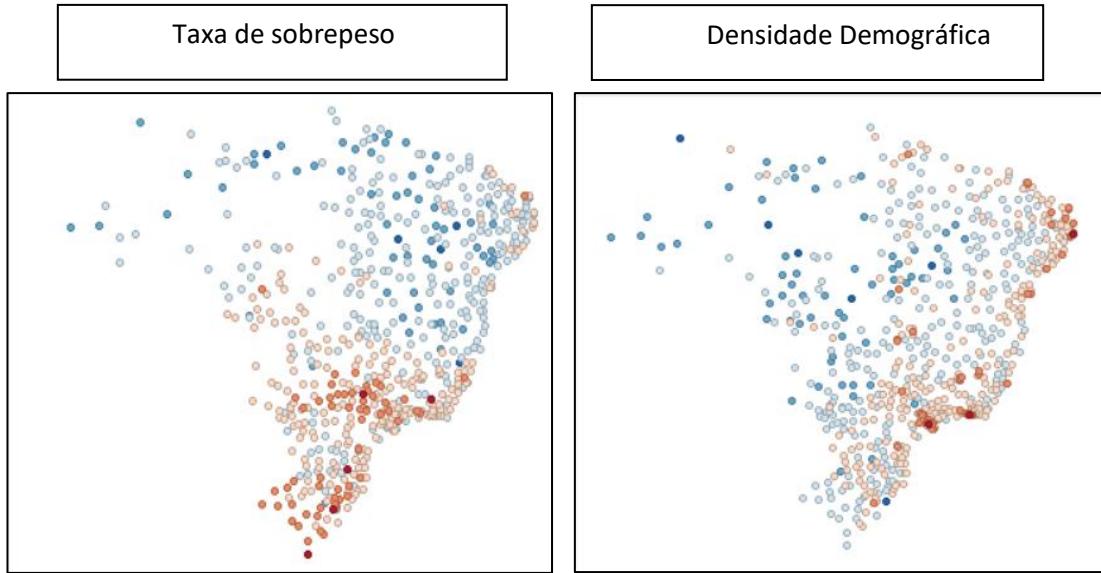


Figura 3: Mapas mostrando a distribuição geográfica das variáveis explicativas. Autoria Própria

Note-se que os quatro mapas mostrados acima exibem comportamentos similares do ponto de vista regional: o Sudeste se mostra como um ponto de concentração dos valores nos percentis mais altos destas amostras, com o Norte e o sertão nordestino sempre nos percentis mais baixos. Mas dentro de cada uma destas, existe uma variabilidade interessante.

A predominância de seguro de saúde se expande ao longo do centro-oeste, sendo fortemente presente também no litoral nordestino, em especial as capitais estaduais localizadas no litoral (Recife, Salvador, Fortaleza, por exemplo). Isto aponta, como já seria esperado, para uma correlação forte com renda e a capacidade de consumo do indivíduo (tome como exemplo o ponto vermelho em Manaus, único no estado), mas também a presença de uma infraestrutura privada satisfatória de saúde: muitas cidades pequenas e afastadas não têm um sistema de saúde além do SUS, tornando o seguro de saúde de pouca valia.

Entretanto, comparando o mapa de seguro de saúde com o de IDH, percebe-se também fortes similaridades entre os dois. A associação do IDH em regiões é notória, com o centro-oeste se beneficiando fortemente da renda trazida pela agricultura e o sudeste e sul tradicionalmente consolidados no setor econômico, com fortes repasses de FDI (Foreign Direct Investment), enquanto os bolsões longe do alcance das capitais no Norte e Nordeste possuem sérios

gargalos de infraestrutura, logística e saúde, assim como uma população baseada em renda de subsistência.

A obesidade segue o mesmo panorama das outras duas variáveis, pelos motivos já comentados anteriormente. É importante comentar que, apesar da obesidade ser medida nos indivíduos usuários do SUS (e, portanto, de renda média inferior ao cidadão geral), a relação aqui não é entre obesidade e renda, mas sim obesidade e acesso a recursos e condições que tenham como consequência comidas de pior teor nutricional e mais ricas em gorduras, que tendem a ser mais baratas. Os grandes centros não só oferecem mais opções de redes *fast food*, como também mais opções de empregabilidade que não envolvam trabalho manual. É interessante comentar que o Sul se vê muito mais afetado (mais “vermelho”) do que nos dois mapas anteriores.

A única variável que destoa mais fortemente é a densidade demográfica: esta é indicativa do quadro econômico e da ocupação do território brasileiro, estando concentrada ao longo do litoral, com os valores de menor percentil ocupando as regiões da Amazônia legal, o sertão nordestino e o extremo sul do Rio Grande do Sul (região de pequenas lavouras, de forte caráter rural). É interessante notar que há pontos vermelhos, de maior densidade demográfica localizados imediatamente aos dois lados (Leste e Oeste) do sertão nordestino, mas nenhum nele, apontando a dificuldade de estabelecer-se nessa região.

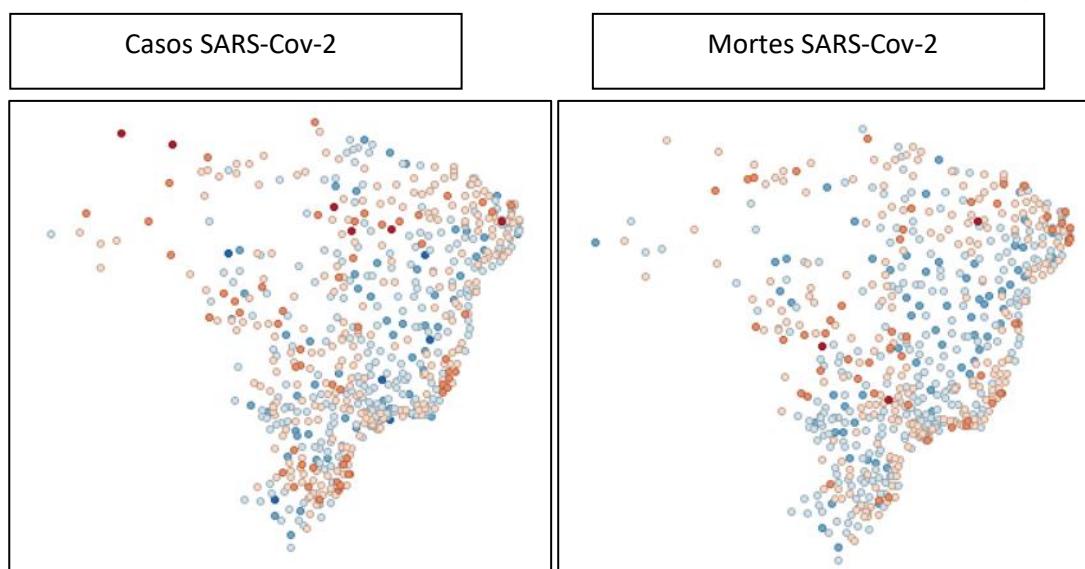


Figura 4: Mapas mostrando a distribuição geográfica das variáveis explicadas. Autoria Própria

Os mapas acima, na figura 4, apontam a distribuição geográfica dos casos e fatalidades por 10.000 habitantes pela pandemia de coronavírus. Note que não se vê mais a clara segregação espacial que tínhamos antes. O que vemos agora são *clusters* de casos sem uma clara associação geográfica com nenhum dos quatro mapas antes amostrados. O centro do Brasil, o sertão nordestino e o norte de minas foram pouco afetados, mas se vê clusters ao longo do litoral, no extremo norte do país (Roraima, Amazonas, Amapá), no Tocantins e no Mato Grosso, todas regiões com diferentes características climáticas, sociais e econômicas. Assim, numa análise inicial, não é possível perceber padrões explicativos claros.

#### 4.5 Métodos

Para testarmos de fato a presença de links causais, rodamos duas regressões de *spatial lag* com *queen contiguity* (isto é, a matriz  $W$  se refere a cidades em todas as direções, similar ao movimento de um rainha no xadrez), a saber:

$$\begin{aligned} \text{Casos} = \rho W \text{Casos} + \beta_0 + \beta_1 \text{IDH} + \beta_2 \text{Pluviosidade} + \beta_3 \text{Densidade_Demográfica} \\ + \beta_4 \text{Temperatura} + \varepsilon \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Mortes} = \rho W \text{Mortes} + \beta_0 + \beta_1 \text{Casos} + \beta_2 \text{IDH_Saúde} + \beta_3 \text{Taxa_Obesidade} \\ + \beta_4 \%_{\text{idosos}} + \beta_5 \text{Seguro_Saúde} + \beta_6 \text{Densidade_Demográfica} + \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

Em que  $W$  corresponde à matriz de ponderação espacial.

A preferência por um modelo de *spatial lag* se dá pela necessidade de incorporar a análise espacial nos resultados: como comentamos anteriormente, o próprio estilo de transmissão da doença significa que regiões infectadas próximas à região de interesse têm impacto na transmissão da doença para esta região. Isto se nota inclusive pelo mapa trazido na página anterior: note-se como existem *clusters* de casos, onde mesmo duas regiões muito similares têm níveis significantemente diferentes de casos (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, por exemplo). Como tal, estes fatores são potencialmente explicativos importantes para a compreensão do cenário de pandemia. Logo, preferimos o modelo de

*spatial lag* frente ao modelo de *spatial error*, já que este traz o elemento espacial no erro enquanto aquela o traz como um regressor.

Mas afinal, o que é um modelo de *spatial lag*? O explicaremos adiante:

Como explica Fischer e Wang (2011), modelos de regressões espaciais são essencialmente expansões do modelo básico de regressão:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

Aonde  $Y$  é a variável explicada,  $X$  a matriz das variáveis explicativas e  $\beta$  os coeficientes, com os erros independentes e identicamente distribuídos  $\varepsilon$ .

O modelo básico de *spatial lag*, que é o que é utilizado neste trabalho, é um modelo autorregressivo espacial (SAR, em inglês), que permite que observações da variável explicada  $y$  na área  $i$  sejam dependentes de observações de  $y$  nas regiões vizinhas  $j$ , para  $j$  diferente de  $i$ . Este modelo pode ser definido como:

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \varepsilon_i \quad (4)$$

Note-se que neste modelo os erros  $\varepsilon_i$  também precisam ser independentes e identicamente distribuídos e a segunda parte da equação é a mesma de  $X\beta$  da equação (3). Mas como entender a primeira parte?  $\rho$  é o escalar a ser estimado para entender a dependência das observações vizinhas,  $W_{ij}$  é o elemento  $i, j$  de uma matriz espacial simétrica  $n \times n$   $W$  (Fischer e Wang, 2011).  $W$  pode ser entendido como uma expressão formal da relação de dependência espacial na variável explicada (Anselin, 1988) e o jeito mais simples desta formalização é,

- $W_{ij} = 0$ , se a distância entre  $i$  e  $j$  for maior do que a distância crítica definida (Anselin, 2002)
- $W_{ij} = 1$ , se a distância  $i$  e  $j$  for menor ou igual que a distância crítica definida (Anselin, 2002)
- $W_{ii} = 0$ , por convenção (Anselin, 2002)

Assim, de forma matricial, podemos escrever a equação (4), como:

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon \quad (5)$$

Isto implica que, com uma matriz  $W$  padronizada pelas linhas da matriz (tal que  $\sum_{j=1}^n W_{ij} = 1$  para todo  $i$ ), estamos incluindo a média dos vizinhos  $j$  de  $i$  como um regressor adicional na equação e, assim, chamamos  $Wy$  de variável espacialmente defasada (Fischer e Wang, 2011).

## 5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Regressão de casos de SARS-Cov-2

Finalmente, com a regressão estimada a partir da equação (1), obtivemos os resultados apresentados a seguir a partir dos dados acumulados até junho de 2021 da nossa amostra de 650 municípios:

Variável	Coeficiente	p-value
W_CasosCovid	0.99*** (0.00)	0.00
CONSTANT	-5.21*** (1.71)	0.00
IDHM2010	4.95*** (1.74)	0.00
Densidade demográfica	0.00 (0.00)	0.41
Temperatura	0.09*** (0.03)	0.01
Pluviosidade	0.07 (0.1)	0.45
Observações	649	
R-Quadrado	0.99	
Log likelihood	-1641.28	
Akaike info criterion	3294.56	
Schwarz criterion	3321.41	

\*\*\*  $p<0,01$ ; \*\*  $p<0,05$

Tabela 5: coeficientes da regressão (Autoria Própria)

Alguns valores dentre as medidas de qualidade são particularmente expressivos: o  $R^2$  da regressão, que pode ser entendido como a medida de ajuste das variáveis explicativas à variável explicada é de 0,99, extremamente elevado, já que o máximo possível é 1. Em outras palavras, 99% da variação nos valores de casos de coronavírus por 10.000 habitantes entre as cidades pode ser entendida a partir das variáveis explicadas utilizadas. Além disso, não encontramos indícios de heterogeneidade de erros após feitos os testes de Breusch-Pagan e de Likelihood Ratio.

Os resultados indicam que rejeitamos pluviosidade e densidade demográfica a qualquer nível de significância como explicadores da quantidade de casos de SARS-Cov-2 nos municípios brasileiros, tendo em vista o baixo

valor-Z em módulo, indicando que não podemos rejeitar a hipótese que os coeficientes equivalham a 0, ou seja, não explicam a variável dependente. As demais variáveis explicativas são todas significantes ao nível de 5%.

O resultado de pluviosidade, como já discutimos anteriormente, não é surpreendente, visto que não há relatos claros de níveis de precipitação interferindo no contágio (Palialol et al., 2020). Este resultado, portanto, é suportado por literatura prévia (Palialol et al, 2020; Sehra et al, 2020; Chowdhary et al, 2020), apesar de haver também resultados contrários: Menebo (2020) acha uma relação significante e negativa para pluviosidade na cidade de Oslo, mas comenta que a relação parece mais ser associada à reação das pessoas a dias chuvosos (menos aglomerações) do que inherentemente ao nível de chuva.

A densidade demográfica, por outro lado, apresenta um resultado diferente das hipóteses iniciais do projeto. Entretanto, o resultado não é de todo inimaginável: no caso particular do Brasil, cidades no norte e centro-oeste possuem extensas áreas rurais com baixíssimas populações e altas densidades demográficas. Nestas cidades, a população se concentra em uma parte pequena da cidade, com a densidade demográfica do município não sendo uma representação fiel das aglomerações presentes. Num esforço para descontar este efeito, consideramos os efeitos da densidade demográfica urbana (população urbana dividido pela área urbanizada da cidade), com base nos dados disponibilizados pelo IBGE para as cidades com mais de 100.000 habitantes. Isto reduziu nossa base amostral para cerca de 250 municípios, mas os resultados não diferiram significativamente (coeficiente variava em 0,00005), portanto não traremos uma nova tabela aqui.

Cabe comentar que resultados similares aos nossos para densidade demográfica foram obtidos anteriormente por Eigenstuhler et al (2021). Apesar disso, medidas de aglomeração populacional têm sido consistentemente estimadores significantes e positivos na literatura (Sy et al, 2020; Rubin et al, 2020) em outros países, como os EUA.

No que tange às outras variáveis, a temperatura média apresenta um impacto positivo e significativo, o que, apesar de contrariar o que seria intuitivo, não é um resultado inédito – resultados positivos e significantes foram

encontrados anteriormente para diversas localidades, incluindo Oslo, Kuala Lumpur, Japão, São Paulo, Veneza e Lombardia (Chowdhary et al, 2020, Merebo et al, 2020; He et al, 2021), regiões, em sua maioria, com temperaturas médias acima de 10 °C, o threshold para abaixo do qual o R<sub>0</sub> do novo coronavírus começa a aumentar显著mente (Sehra et al, 2020).

Como discutido anteriormente, a baixa variabilidade de temperatura dentro do território brasileiro, com poucas regiões sendo consideradas “frias” no patamar global. Estas foram fortemente afetadas pela pandemia, como mostra o caso do Sul brasileiro, a segunda região com mais casos por 10.000 habitantes, atrás apenas do Centro-Oeste (SUS). Assim, o resultado não se mostra surpreendente. Ademais, climas ensolarados tendem a aumentar o incentivo para o indivíduo sair de casa e ir para eventos sociais, que aumentam o risco de contágio (Chowdhary et al, 2020).

Similarmente, a relação positiva e significativa entre casos e IDH não é de todo inesperado ou surpreendente: paralelos entre níveis melhores de renda, infraestrutura e economia e impactos mais fortes em termos de transmissão comunitária de SARS-Cov-2 foram traçados previamente (Gardiner et al, 2021; Liu et al, 2020; Troumbis, 2021, Abdul-Fadl e Sarhan, 2020) tanto em nível nacional e internacional. Apesar da associação intuitiva ser de uma infraestrutura mais adequada representar melhores condições para combater o avanço da doença, existem fatores que vêm de forma correlata ao IDH que podem explicar o porquê da relação ser positiva.

Regiões de maior IDH tendem a possuir maior conectividade com outras regiões, facilitando o contágio *across borders*, assim como maior densidade de aglomerações. No Brasil, tendem a ser cidades maiores, com partes relevantes da população em condição de sub-moradia. Todos estes fatores contribuem para uma expansão mais rápida da doença nestes centros, assim como o fato da infraestrutura maior significar maior capacidade de testagem, podendo haver algum viés no sentido de que cidades de menor IDH não foram capazes de testar a população a um nível adequado (comumente entendido como índice de positividade dos testes abaixo de 5%, de acordo com The Lancet, 2020) para possuir números confiáveis.

Entretanto, considerando a extensa literatura indicando uma relação positiva entre IDH e transmissão, a hipótese de problemas com testagem parece menos crível. Por fim, devemos lembrar também que, no Brasil especificamente, a infraestrutura presente foi incapaz de lidar com a avalanche de casos em todas as macrorregiões brasileiras ao longo da primeira e segunda onda, com a infraestrutura mais desenvolvida em termos econômicos e sociais de representatividade menor que o esperado. Pelo contrário, a maior disponibilidade de opções de entretenimento nas cidades com maior IDH pode ser um incentivo ao cidadão para sair de casa e participar de eventos sociais públicos, o que aumentam o risco de contaminação.

Por fim, como já era esperado, a variável espacialmente defasada apresentou um coeficiente significativo e positivo, acusando que a relação entre comunicação entre regiões próximas e propagação da pandemia é robusta. Este resultado, portanto, corrobora a teoria inicial sobre a positividade da relação entre IDH e número de casos, já que cidades com maior IDH possuem mais conexões e mais comunicação intermunicipal.

De forma geral, a regressão feita originalmente denota a importância de políticas governamentais restritivas quanto à comunicação e à locomoção, na medida que dois dos principais fatores de correlação positiva são indicadores de contato intermunicipal e transporte de indivíduos entre regiões. Este tipo de informação é apoiado por casos ilustrativos do combate à pandemia ao redor do mundo: lockdowns impostos e a proibição do transporte intermunicipal foram medidas tomadas em países que conseguiram combater satisfatoriamente a pandemia, tais como Nova Zelândia, Austrália, Coréia do Sul e Vietnã (Tabari et al, 2020), enquanto não foram adotadas ou adotadas já no pico de contágio em países que apresentaram consequências humanitárias mais severas, como Itália, EUA, Brasil e Índia (2<sup>a</sup> onda) (Tabari et al, 2020).

Também notamos que o comportamento dessa pandemia em nível municipal acusado pelos resultados acima se mantém similar à literatura de outras pandemias no século XXI, em especial a pandemia de H1N1 de 2010-2011, na medida que esta também possui significativa autocorrelação espacial e coeficientes positivos e significativos com IDH (Fang et al, 2012; Codeço et al,

2014, Xiao et al, 2011), indicando que a expressividade nos tempos contemporâneos da comunicação inter-regional é uma vulnerabilidade representativa em casos de epidemia .

## 5.2 Regressão de mortes por SARS-Cov-2

Abaixo apresentamos a regressão estimada pela equação (2), assim como alguns valores e testes gerais sobre a qualidade da regressão:

Variável	Coeficiente	P-Value
W_MortesCovid	0.48*** (0.13)	0
CONSTANT	2.15** (1.02)	0.04
Seguro_Saúde	0 (0.00)	0.13
CasosCovid	0.01*** (0.00)	0
%Idosos	2.84** (1.45)	0.05
Tx_Sobrepeso	0.01 (2.10)	1
IDHm_Saúde	-3.05** (1.28)	0.02
Densidade_Demográfica	0 (0.00)	0
Observações	649	
R-Quadrado	0.43	
Log likelihood	-32.87	
Akaike info criterion	81.74	
Schwarz criterion	105.27	

\*\*\*  $p<0,01$ ; \*\*  $p<0,05$

Tabela 6: coeficientes da regressão (Autoria Própria)

Nesta regressão para mortes causadas por Covid-19, o  $R^2$  não é tão alto, mas ainda apresenta um valor alto o suficiente para considerarmos a representatividade da regressão, cuja significância pode ser inferida pelos valores relativamente baixos dos critérios Akaike (81,74) e Schwarz (105,27). Novamente, não encontramos indícios de heterogeneidade de erros após feitos os testes de Breusch-Pagan e de Likelihood Ratio.

Os resultados obtidos indicam a rejeição da taxa de sobrepeso e, a 10% de significância, da presença de seguro de saúde como fatores explicativos para a mortalidade pela transmissão de Sars-Cov-2.

A rejeição da significância da presença de seguro saúde é justificada pela superlotação de leitos tanto públicos quanto privados durante os picos da pandemia (Noronha e Ferreira, 2020; ANS, 2021), com os problemas no suprimento de insumos e fornecimento de leitos sendo generalizados (O Globo, Folha de São Paulo). Dessa forma, negam-se as vantagens – atendimento mais rápido e de mais qualidade - usualmente tidas nas redes particulares de saúde, na medida que estas eram acometidas pelos mesmos problemas, tendo que, inclusive solicitar apoio aos leitos públicos em São Paulo e Manaus durante momentos da segunda onda (O Globo).

Apesar disso, cabe comentar que as classes sociais economicamente desfavorecidas foram desproporcionalmente afetadas (Bahia et al, 2021): como a explicação não aparenta estar na “qualidade” da saúde necessariamente, outros fatores significativos são a capacidade de distanciamento social (motivadas, por exemplo, pela maior lotação das habitações e indisponibilidade de *home office*) e a possibilidades de diagnóstico. Este último ponto pode ser ilustrado pelo percentual de pessoas que fizeram um teste de detecção de Covid: mais de 30% da população com mais de quatro salários mínimos fez um teste, enquanto esta taxa é de cerca de 15% para aqueles entre 1 e 2 salários mínimos (Bahia et al, 2021; PNAD, 2021).

Por outro lado, a rejeição do perfil de obesidade como fator explicativo já é mais surpreendente. Obesidade é tradicionalmente enquadrada como uma das comorbidades que são fatores de risco para Covid, junto com diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer e doenças crônicas (Stefan et al, 2021). Entretanto, existe uma dicotomia interessante entre seriedade da doença (hospitalização, intubação) e letalidade de Covid considerando sobrepeso mesmo em nível individual.

Enquanto existe um relativo consenso que pessoas obesas são mais prováveis a ser hospitalizadas e intubadas do que pessoas com IMC (índice de massa corporal) considerado normal (Popkin et al, 2020), em letalidade se

encontram resultados variados, desde obesidade apresentando um risco menor e significante de morte (Goyal et al, 2020, Kim et al, 2020), risco não significante (Trecarichi et al, 2020, Hajfatjalian et al, 2020, Gu et al, 2020, Petrilli et al, 2020) a um risco maior e significante (Giannouchos et al, 2020, Rossi et al, 2020, Hu et al, 2020). Em meta-análises como a de Popkin et al (2020), apesar do OR conjunto ser maior que 1, parcela considerável dos estudos selecionados apresentava a conclusão que obesidade era não significante, na medida que possuíam intervalos de confiança a 95% com valores tanto menores que 1 para OR quanto maiores que 1.

Por fim, em nível populacional, o comportamento do número de mortos por 100.000 habitantes, quando comparado com a taxa de sobrepeso, apresenta um limiar em cerca de 50%: acima disso, a mortalidade começa a impactar significativamente o número de mortos, com um aumento de quase 1000% (World Obesity Federation, 2021), como ilustrado na figura abaixo.

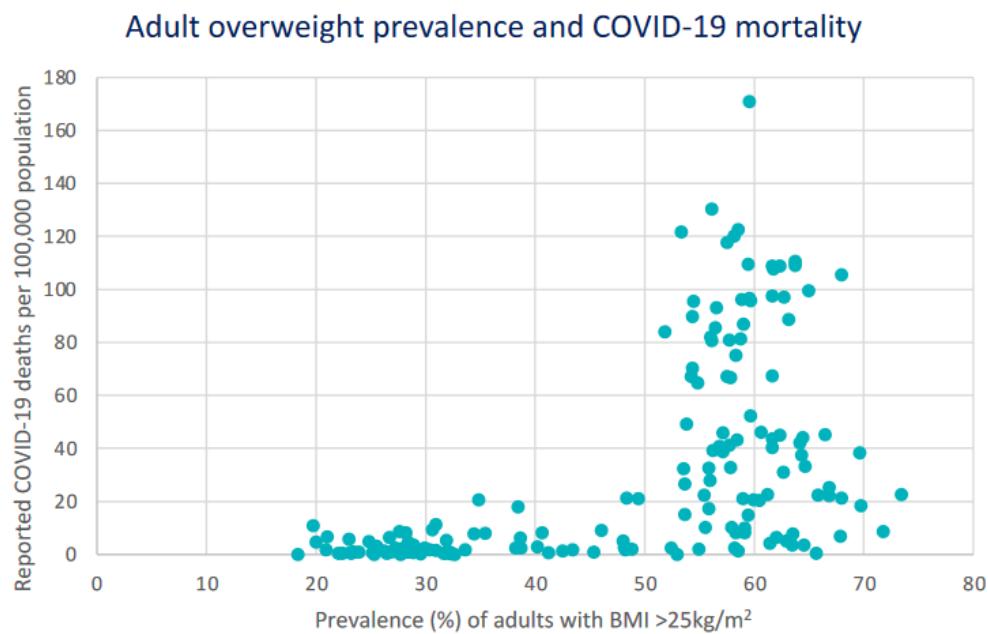


Figura 4: gráfico de dispersão denotando o limiar em 50% da população com sobrepeso.

Fonte: COVID-19 and Obesity The 2021 Atlas

As demais variáveis (idade da população, IDHm Saúde, coeficientes espaciais e número de casos) apresentam resultados intuitivos e em linha com os esperados, com exceção de densidade demográfica, sobre a qual foram feitos os comentários na seção acima. Também é importante ressaltar que a inclusão do número de casos de Covid-19 como regressor para mortes por COVID-19 foi

feita unicamente para evitar viés por exclusão de variável relevante na análise dos demais regressores, na medida que a associação entre casos e mortes é evidente.

Um comentário importante também se refere à escolha de IDHm Saúde em vez do IDHm agregado para a regressão de mortes. Como referido anteriormente, a ideia de incluir o IDH como variável explicativa para casos de Covid-19 era checar se as melhores condições socioeconômicas foram capazes de restringir o contágio (por exemplo, melhor taxas de escolaridade podem levar a maior aderência às restrições e normas de prevenção), mas a inclusão do nível educacional e de renda não era necessária para mortes, visto que estas variáveis não melhoraram as chances de sobrevivência inherentemente, mas sim através da melhor qualidade de saúde, a qual é captada no indicador específico de saúde.

Na regressão de mortes, IDHm saúde apresenta um coeficiente negativo e significativo, comportando-se de forma intuitiva neste sentido, com a melhor qualidade de vida/saúde da população traduzindo-se em menor número de fatalidades. Este resultado apresenta suporte na literatura prévia, como na análise das capitais brasileiras feito por Dayrell et al (2020) para o IDHm como um todo e na análise dos países da América Latina feito por Cifuentes-Faura (2021) para a expectativa de vida, o indicador no qual se baseia o IDHm. Entretanto, cabe relembrar que, especialmente para análises prévias e em nível de países e estados ou províncias, parcela considerável da literatura acha coeficientes positivos tanto para IDH quanto para expectativa de vida, como apontado na seção anterior.

A proporção de idosos na população contribuir positivamente para a letalidade da pandemia é menos controversa que as variáveis mencionadas anteriormente, tanto em nível individual (Goldstein e Lee, 2020; Howard et al, 2020), onde a probabilidade de morte aumenta exponencialmente com a idade – aqueles com mais de 85 anos de idade possuem 630x mais mortes por 100.000 habitantes do que aqueles entre 18 e 29 anos (CDC, 2020) – quanto em nível populacional (Valev, 2020). Similarmente, a significância e positividade da variável espacialmente defasada eram esperadas, funcionando como um

controle para viés de exclusão, com outras análises obtendo as mesmas magnitudes, como o estudo de Barbosa et al para o Ceará.

### **5.3 Políticas governamentais**

Por fim, consideramos nessa seção as políticas adotadas pelo governo e os diferentes graus de eficiência que estes alcançaram no combate a pandemia. Múltiplos estudos foram feitos para ranquear e definir as políticas em seu grau de eficiência e resposta, a maior parte levando em consideração os índices de política da OxCGRT (Oxford Covid-19 Government Response Tracker). A partir de 23 indicadores diferentes, a OxCGRT avalia quatro índices diferentes de política governamental, todos expressos de 0 a 100 e calculados como uma média simples dos indicadores que compõem cada índice e normalizados no intervalo 0-100 (OxCGRT, 2021): (1) Índice geral de resposta governamental, (2) Índice de contenção e saúde (combinação de scores para medidas restritivas e políticas de testagem e *contact tracing*), (3) Índice de rigorosidade (quão rigoroso eram as restrições de movimento impostas), (4) Índice de apoio econômico (apoio financeiro a população/empresas)

A prevenção de Covid-19 é baseada primordialmente em fatores associados fundamentalmente ao comportamento humano, que podem ser motivados ou desmotivados via políticas governamentais. Medidas como uso de máscaras, distanciamento social e higiene pessoal sabidamente possuem altíssima eficiência em diminuir o contágio por Covid-19, com reduções de 22% em Ontário por exemplo (Güner et al, 2021, Chu et al, 2021). Mas e a interferência governamental? Ainda com o exemplo canadense, o mandato de máscaras obrigatórias aumentou o uso delas em 27% (Güner et al, 2021), implicando na importância do governo para o cumprimento das recomendações médicas.

Apesar da base ser o comportamento humano, existem outras medidas que são dependentes primordialmente do governo: o fornecimento de centros rápidos de testagem e de *contact tracing* foram fundamentais em países como a Coreia para conter o avanço da pandemia (Peck, 2020). Outro exemplo de medidas dependentes do governo são os *lockdowns* e a restrição a movimento,

que se mostraram eficientes no combate ao avanço do número de casos e mortes nos locais de aplicação, apesar de possuírem um alto custo econômico (Alfano et al, 2020; Kharroubi et al, 2020; Ghosal et al; 2020).

Os resultados apresentados anteriormente se referem sobretudo a análises univariadas da medida contra a velocidade de propagação da doença. Em termos de uma análise conjunta, Haug et al (2020) buscaram mensurar a eficiência das intervenções governamentais em 226 países a partir de quatro métodos diferentes: análise via caso-controle, regressão de série temporal LASSO, *random forests* e *transformers*. Por sua vez, estas estão subdivididas em 46 subtemas ao todo. Os resultados apontam que as medidas mais eficientes foram o cancelamento de pequenas reuniões, o fechamento de atendimento presencial em instituições educacionais, a restrição de fronteiras, o aumento do suprimento de equipamento de proteção individual e a imposição de restrições de movimentos individuais. Do outro lado, as menos eficientes foram restrições ao transporte público, alertas contra viagem a certas localidades, comunicação ativa com profissionais de saúde, intervenções do exército e forças armadas e *lockdown* em escala nacional.

Similarmente, Wibbens et al (2021) analisa os dados disponíveis na base de dados da OxCGRT (países do mundo e subdivisões nacionais para alguns, como EUA e Brasil) através de um modelo bayesiano com lag (para que mudanças na política em uma semana t só tenham seu impacto mensurado a partir da semana t+1). Encontraram que as medidas de maior impacto são cancelamento de eventos públicos e pequenas reuniões, restrições a movimento interno, implementação de bloqueios para viagem (na prática, controle de fronteiras) e coordenação de campanhas de informação, com fechamento de centros de ensino e trabalho sendo de maior eficácia se adotados em um nível acentuado: fechamento de todos os centros de ensino, independente do nível, e de todos os pontos de trabalho não essenciais. Do outro lado, as medidas menos eficientes foram restrições ao transporte público, políticas de testagem e *contact tracing*. Entretanto, cabe mencionar que os dois últimos podem conter viés no sentido da implementação efetiva destas políticas.

Em linhas parecidas, Brauner et al (2021), analisando dados de 41 países por meio também de um modelo bayesiano com lag, encontram que as medidas mais eficazes são restrição a pequenas reuniões, fechamento de estabelecimentos de alta exposição e fechamento de instituições de ensino, enquanto lockdowns ou restrição de reuniões com limites muito altos foram consideravelmente menos eficientes.

Percebemos, assim, um padrão claro no que tange às medidas mais eficientes: invariavelmente, denota-se a importância de restrições a pequenas reuniões e fechamentos das instituições de ensino, assim como limitações fronteiriças e de movimento pessoal, com importância menor em medidas *soft*, como campanhas de testagem, ou demasiado penosas, como lockdowns ou intervenções das forças armadas. Mas, neste contexto, aonde se insere o Brasil?

Dentre as três medidas chaves mencionadas, o Brasil adotou apenas uma, o fechamento das instituições de ensino, com todos os níveis sendo fechados apenas em momentos particularmente críticos. Restrições a pequenas reuniões e de fronteiras não foram implantadas nem nos auge das ondas, enquanto a restrição a movimento foi adotada localmente no pico da segunda onda em algumas cidades, como Manaus e Araraquara.

No contexto internacional, entretanto, apesar da leveza das restrições adotadas no Brasil em comparação com o “ideal”, as medidas brasileiras não se distanciam da média, com o Brasil estando dentro de um desvio padrão da média mundial para todos os índices calculados por OxCGRT:

	Rigorosidade	Resposta Governamental	Contenção e Saúde	Apoio Econômico
Brasil	59.52	51.09	56.61	12.5
Média Mundo	59.10	54.38	56.53	39.37
Média OCDE	58.02	57.91	56.80	65.73
Maior Mundo	84.52	87.55	85.77	100.00
Menor Mundo	16.67	10.83	12.38	0.00
Desvio Padrão	13.800	11.75	12.29	28.66

Tabela 9: Índices OxCGRT para o Brasil e medidas para o mundo e OCDE. Autoria Própria

Note-se que o Brasil não só está dentro da média do mundo como também dos países que compõem a OCDE, com exceção de apoio financeiro à população. Como explicar então o fracasso do Brasil na contenção da

pandemia? É importante notar que os índices medem apenas as políticas em vigor no país, não levando em conta sua aplicação, obediência ou fiscalização. Nesse sentido, é possível que a falta de apoio financeiro tenha dificultado ao brasileiro ficar em casa ou seguir adequadamente todas as normas impostas, mas também é preciso considerar o descompasso entre os poderes e entre as diferentes esferas de poder na federação.

Como aponta Abrucio et al (2020), durante os primeiros meses da pandemia e especialmente no pico da primeira onda, havia sérios desentendimentos e atritos entre governadores e o presidente Bolsonaro que eram discutidos publicamente, levando a uma estagnação perigosa, com insumos bloqueados e falta de equipamentos, além de uma disputa judicial no STF sobre a jurisdição e o limite do poder dos governadores e do próprio presidente. No meio de tudo isso, havia uma inércia na ação do próprio presidente, forçando os governadores a agirem em seu interesse. As ações unilaterais de São Paulo e dos estados nordestinos, por exemplo, acabaram criando uma competição por insumos internacionais entre os próprios estados, dissipando a união necessária em momentos de crise.

A isto somava-se ainda, como aponta Barberia et al (2020), a resistência do presidente em seguir as recomendações médicas internacionais e afirmações públicas contrárias, criando resistência em parte da população a seguir as medidas indicadas. Ademais, havia também a questão das trocas de ministros de Saúde: a troca de Luiz Mandetta para Nelson Teich e para Eduardo Pazuello (e, posteriormente, para Marcelo Queiroga) na busca de alguém que tivesse uma visão sobre a pandemia mais alinhada à sua, o que fragilizou a atuação unificada do país na compra de insumos e na definição de políticas nacionais, gerando a inércia previamente mencionada.

Por fim, há um terceiro fator importante a se considerar: a infraestrutura de saúde pública pré-existente no país. O Brasil foi acometido por colapsos seguidos do sistema emergencial de saúde em múltiplos momentos e localidades na primeira e segunda onda em decorrência da falta de leitos e, como mostra Noronha et al (2020), este era um problema inevitável em alguns estados, mesmo nos melhores cenários. A questão foi a morosidade de atuação e as

lacunas de coordenação entre as respostas do governo (Costa et al, 2020), que impediram uma expansão mais rápida de leitos habilitados e de hospitais de campanha e levou a um longo embate jurídico pelo uso de leitos da rede privada de saúde, que poderia ter sido encerrado com uma atuação mais decisiva do governo federal.

Assim, a situação do Coronavírus no Brasil, apesar das políticas em linha com países que possuíram respostas muito melhores, foi acometida por esta faceta política decisiva: os problemas prévios de infraestrutura, aliados à morosidade do governo federal, o caos interno com a troca de ministros e os embates entre os poderes federais e estaduais levaram a uma falta de união e resposta consolidada nacional no país, resultando em falta de insumos, equipamentos e leitos durante os piores momentos da pandemia, levando a consideráveis perdas humanas e econômicas neste período.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, buscamos compreender as variáveis ambientais e socioeconômicas significativas para casos de SARS-CoV-2 assim como mortes decorrentes de infecções desta. Através de duas regressões econométricas de *spatial lag*, analisamos uma amostra de 650 municípios brasileiros para casos e mortes em função das seguintes variáveis: casos em função de temperatura, pluviosidade, IDHm, Densidade Demográfica e o coeficiente espacial; mortes em função de casos, IDHm de saúde, densidade demográfica, porcentagem de idosos na população, porcentagem de pessoas com sobrepeso (IMC >25) na população, porcentagem da população com seguro de saúde e o coeficiente espacial.

Para a regressão com casos, encontramos que, a 1% de significância, são significativos Temperatura (coeficiente positivo em 0.09), IDHm (coeficiente positivo em 4,95) e o termo de *lag* espacial, com pluviosidade e densidade demográfica sendo não significativos. Os resultados encontram respaldo na literatura, ainda que sejam contraintuitivos em boa parte.

O coeficiente positivo em temperatura é explicado pelo comportamento do vírus em altas temperaturas. Apesar do vírus preferir temperaturas mais baixas, acima de 10°C, ele se torna inativo em velocidades muito rápidas, com a temperatura de equilíbrio sendo em torno de 4°C. Como todas as cidades da nossa amostra estavam consideravelmente acima do patamar de 10 °C (média de 23°C), esta preferência não se manifesta.

O coeficiente positivo de IDHm é extremamente comum na literatura e possivelmente reflexo das cidades com maior IDH abrangerem também maiores aglomerações de indivíduos e maior relacionamento e conectividade com outras regiões (facilitando migração de casos), o que é evidenciado na formação de clusters de casos e mortes por 100.000 habitantes nas principais cidades do país e na região sul-sudeste. A relevância do termo de *lag* espacial é esperada no contexto de pandemias, visto que a propagação entre regiões costuma ser principalmente entre regiões vizinhas.

A não significância de pluviosidade encontra respaldo na literatura em climas quentes como o brasileiro, na medida que, apesar do vírus ser mais ativo

em climas áridos, a diferença de umidade não compensa a sobrevivência mais curta em climas quentes a ponto de ser um diferencial importante. Já a densidade demográfica é mais complexa de ser explicada. Uma possível explicação são as extensas áreas rurais no Norte e Centro-Oeste, enviesando os valores amostrais. Alternativamente, é possível que a densidade demográfica populacional não reflita as aglomerações mais perigosas.

Para a regressão com mortes, encontramos que, com 5% de significância, são significativos os casos de Coronavírus (coeficiente positivo em 0,48), IDHm saúde (coeficiente negativo em -3,05), a porcentagem de idosos na população (coeficiente positivo em 2,84) e o termo de *lag* espacial. A taxa de sobrepeso e a presença de seguro saúde foram variáveis não significativas, enquanto a densidade demográfica teve um coeficiente 0.

Os resultados aqui são em boa parte intuitivos. O coeficiente negativo do IDHm saúde – escolhido em vez do IDHm agregado na medida que renda e educação não impactam imunidade e taxa de mortalidade – pode ser entendido como resultado da qualidade e quantidade de atendimento médico disponível, enquanto o coeficiente positivo dos idosos é função da imunidade mais comprometida, especialmente com forte correlação com a existência de comorbidades, esta sendo inclusive o motivo do enquadramento deles como grupo de risco.

Os casos de Coronavírus foram inclusos unicamente para evitar viés de exclusão, enquanto a significância do termo de *lag* é evidente em um cenário de pandemia. A não significância da presença de seguro de saúde pode ser entendida como função da infraestrutura despreparada do país, com lotação de hospitais tanto públicos quanto privados e problemas logísticos com falta de insumos e equipamentos em ambas as redes. Já o resultado da taxa de sobrepeso é menos claro, mas encontra amplo respaldo na literatura: a melhor hipótese é que obesidade em si não é um fator de risco, mas obesidade possui forte correlação (e causalidade) com comorbidades pré-existentes.

Tendo em vista as variáveis explicativas de maior relevância para a situação pandêmica no Brasil, buscamos contextualizá-las no ambiente das políticas governamentais e do quadro geral de política brasileira. A literatura

existente encontra como as medidas de maior eficácia no combate à propagação de Covid-19 as restrições a pequenas reuniões e fechamentos das instituições de ensino, assim como limitações fronteiriças e de movimento pessoal, enquanto medidas muito agressivas, como lockdowns nacionais e interferência militar, ou muito recomendatórias, como campanhas de testagem, são menos eficientes. O Brasil, apesar de ter seguido apenas uma das três medidas mais eficientes, teve desempenho próximo a média mundial e da OCDE nos índices de resposta da OxCGRT, com exceção do critério de apoio financeiro fornecido à população e ao setor econômico. Nesse sentido, o grande problema enfrentado pelo país aparenta ter sido no campo político.

A infraestrutura de saúde do país não se encontrava preparada para uma pandemia desta proporção, com a crise sendo intensificada pelos embates entre os poderes nacionais e estaduais, pela troca constante de ministros de saúde e pela relutância do presidente em adotar as recomendações mundiais, resultando em uma resposta nacional fragmentada, com cada estado buscando resolver seus problemas de maneira individual. Este fato, aliado à morosidade do governo em agir e por sinalizações contraditórias deste, resultou no fracasso na implementação das políticas previstas, como hospitais de campanha e uso de leitos da rede privada de saúde, e em uma competição entre estados por insumos e equipamentos, levando à falta generalizada destes e acometendo ainda mais o sistema de saúde. Em consequência, a resposta desarticulada e, por vezes, contraditórias do executivo brasileiro resultou em um fracasso com sérias consequências econômicas e sociais para o país.

## **6.1 Limitações da pesquisa**

A grande limitação desta pesquisa se refere aos dados disponibilizados para casos e mortes por covid no país. *Underreporting* é um problema que foi enfrentado por países com infraestrutura consideravelmente maior de testagem, especialmente considerando-se a morosidade do governo em adotar testagem em massa no início da pandemia. Ademais, a pesquisa se refere a uma amostra unicamente brasileira, tendo aplicabilidade limitada no contexto internacional, apesar de resultados em linha com a literatura existente mundial.

## **6.2 Recomendações para estudos futuros**

Estudos futuros interessantes podem ser conduzidos seguindo duas avenidas principais: (1) usar as mesmas variáveis em análises em nível municipal para outros países a fim de avaliar comparabilidade e padrões em comum em diferentes regiões e (2) adotar regressões com elementos de lag não só espacial, mas também temporal. Esta última medida permitiria avaliar a evolução da pandemia no mesmo território ao longo do tempo, podendo também levar a uma avaliação das políticas adotadas para o combate da doença durante o período avaliado.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. LI X, Zai J, ZHAO Q, Nie Q, LI Y, Foley BT, Chaillon A. "Evolutionary history, potential intermediate animal host, and cross-species analyses of SARS-CoV-2". *Journal of Medical Virology*. 92 (6): 602–611, June 2020.
2. CHAUDHRY, Rabail; DRANITSARIS, George; MUBASHIR, Talha. "A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes." *E-Clinical Medicine, The Lancet*. VOLUME 25, August 2020.
3. ANDERSEN KG, RAMBAUT A, LIPKIN WI, HOLMES EC, Garry RF (April 2020). "The proximal origin of SARS-CoV-2". *Nature Medicine*. 26 (4): 450–452, April 2020.
4. VAN DORP, L, ACMAN M, Richard D, SHAW LP, FORD, CE, ORMOND, L, et al. "Emergence of genomic diversity and recurrent mutations in SARS-CoV-2". *Infection, Genetics and Evolution*. 83: 104351, September 2020.
5. "COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)". ArcGIS. *Johns Hopkins University*.
6. World Health Organization: "Novel Coronavirus(2019-nCoV): Situation Report – 10" (PDF). *WHO*, January 2020.
7. QIN, Amy; LI, Cao. "China Pushes for Quiet Burials as Coronavirus Death Toll Is Questioned". *The New York Times*, New York, 3 abr. 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/04/03/world/asia/coronavirus-china-grief-deaths.html?auth=login-email&login=email>. Acesso em: 26 jun. 2021.
8. PILLER, Charles; SERVICK, Kelly. "Two elite medical journals retract coronavirus papers over data integrity questions." *The Science Magazine*, Junho. 2020. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/news/2020/06/two-elite-medical-journals-retract-coronavirus-papers-over-data-integrity-questions>. Acesso em: 26 jun. 2021
9. BRASIL. Lei nº 13.979, de 06 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus. Diário Oficial da União, 07 de fevereiro de 2020.
10. PORTERFIELD, Carlie. "Brazil's Bolsonaro Slights Social Distancing As Coronavirus Deaths Hit 1,000". *Forbes*, Abril. 2020. Disponível em:

<https://www.forbes.com/sites/carlieporterfield/2020/04/10/brazils-bolsonaro-slights-social-distancing-as-coronavirus-deaths-hit-1000/?sh=3ebe09d41376>. Acesso em: 17 mai. 2021

11. MAGENTA, Mateus. “Coronavírus: como desigualdade entre ricos e pobres ajuda a explicar alta de casos de covid-19 em Manaus”. *BBC*, Outubro, 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-54472139>. Acesso 16 mai.2021
12. LUPION, Bruno. “Como o novo coronavírus acentua as desigualdades no Brasil”. *DW*, Abril. 2020. Disponível em: [www.dw.com/pt-br/como-o-novo-coronav%C3%A1rus-acentua-as-desigualdades-no-brasil/a-53256164](http://www.dw.com/pt-br/como-o-novo-coronav%C3%A1rus-acentua-as-desigualdades-no-brasil/a-53256164). Acesso em: 18. Mai. 2021
13. FERRANTE, Lucas; STEINMITZ, Wilhelm, DUCZMAL, luiz, TEIXEIRA, Rodrigo, PEREIRA, Henrique, LEÃO Jeremias. “Nota técnica de avaliação e diretrizes para tomada de decisão frente à pandemia da COVID-19 em Manaus.” *MPAM*, Maio de 2020
14. CARVALHO, Laura; XAVIER, Laura, PIRES, Luiza. “COVID-19 e Desigualdade no Brasil”. *CEBES*, Abril. 2020. <http://cebes.org.br/2020/04/covid-19-e-desigualdade-no-brasil/>. Acesso em 17 mai.2021
15. TENENTE, Luiza. “Números mostram que Brasil ainda faz ‘brutalmente’ menos testes para coronavírus do que deveria”. *Globo*, Junho 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/06/12/numeros-mostram-que-brasil-ainda-faz-brutalmente-menos-testes-para-coronavirus-do-que-deveria-estamos-no-escuro-diz-especialista.ghtml>. Acesso: 18 mai.2021
16. COLAVITTI, FERNANDA. “Mais de 90 variantes da Covid-19 foram identificadas no Brasil”. *CNN*, Abril 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/2021/04/10/identificamos-mais-de-92-variantes-da-covid-no-brasil-diz-pesquisador>. Acesso em: 21 mai.2021
17. BBC. “Why China’s claims of success raise eyebrows”. *BBC*, Abril de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-52194356>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
18. WHADAMS, Nick; JACOBS, Jennifer e Bloomberg. “China intentionally under-reported total coronavirus cases and deaths, U.S. intelligence says.” *Fortune*, Abril

de 2020. Disponível em: <https://fortune.com/2020/04/01/china-coronavirus-cases-deaths-total-under-report-cover-up-covid-19/>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

19. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria Nº 188, de 3 de fevereiro de 2020. Declara Emergência em Saúde Pública de importância Nacional (ESPIN) em decorrência da Infecção Humana pelo novo Coronavírus (2019-nCoV). Diário Oficial da União, Brasília – DF, 4 de fevereiro de 2020, Seção 01.

20. ARCANJO, Daniela. “Relembre os embates entre Bolsonaro e Mandetta na crise do coronavírus.” *Folha de SP*, Abril de 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/poder/2020/04/relembre-os-embates-entre-bolsonaro-e-mandetta-na-crise-do-coronavirus.shtml>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

21. O GLOBO. “Conflito entre Bolsonaro e governadores se acirra com crise do coronavírus.” *O Globo*, Março de 2020, atualizado em abril de 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/conflito-entre-bolsonaro-governadores-se-acirra-com-crise-do-coronavirus-1-24319742>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

22. ADJUTO, Daniel. “19 governadores rebatem Bolsonaro: ‘má informação’ e ‘promoção de conflito’.” *CNN*, Março de 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/politica/19-governadores-rebatem-bolsonaro-ma-informacao-e-promocao-do-conflito/>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

23. BBC Brasil. “Como desigualdade entre ricos e pobres ajuda a explicar alta de casos de covid-19 em Manaus.” *Época Negócios*, Outubro de 2020. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2020/10/como-desigualdade-entre-ricos-e-pobres-ajuda-explicar-alta-de-casos-de-covid-19-em-manaus.html>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

24. MENDONÇA, HELOÍSA. “Pandemia expõe ‘necropolítica à brasileira’ e uma certa elite que não vê além do próprio umbigo”. *El País*, Maio de 2020. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/economia/2020-05-08/pandemia-expoe-necropolitica-a-brasileira-e-uma-certa-elite-que-nao-ve-alem-do-umbigo.html>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

25. CONGRESSO EM FOCO, UOL. “Painel COVID-19: Boletins informativos e casos de coronavírus por municípios atualizado diariamente.” *UOL*, atualização diária.

Disponível em: <https://congressoemfoco.uol.com.br/covid19/>. Acesso em 14 de outubro de 2021.

26. MINISTÉRIO DA SAÚDE. “Coronavírus Brasil: Painel COVID-19” *Ministério da Saúde*, atualização diária. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em 14 de outubro de 2021.
27. BARIFOUSE, Rafael. “COVID-19: quase 47 milhões de brasileiros estão sob toques de recolher.” *BBC*, Fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-56205089>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
28. ALEGRETTI, Laís. “Araraquara x Bauru: dois retratos do Brasil com e sem lockdown contra a covid-19.” *BBC*, Abril de 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-56640000>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
29. LIU, Jie; XIE, Wanli; WANG, Yanting; XIONG, Yue; CHEN, Shiqiang; HAN, Jingjing; WU, Qingping. “A comparative overview of COVID-19, MERS and SARS: review article.” *Int. J. Surg.*, publicação online, Julho de 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7382925/>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
30. PETERSEN, Eskild et. alii. “Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics.” Personal View, *The Lancet*, Volume 20, Agosto de 2020.
31. OUR WORLD IN DATA. “Wich countries do COVID-19 contact tracking?” *Our World in Data*, atualização diária. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/covid-contact-tracing>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
32. ABDI, M. “Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Iran: Actions and problems.” *Infect Control Hosp Epidemiol*, publicação online, Março de 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7137533/>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
33. CYRANOSKI, David. “What China’s coronavirus response can teach the rest of the world.” *Nature*, Março de 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00741-x>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

34. SHUXIAN, Z; WANG, Z; CHANG, R; WANG, H; CHEN, X; XIAOYUE, X; et al. "COVID-19 containment: China provides important lessons for global response." *Front Med*, Abril de 2020.

35. W, Chen; Q, Wang; YQ, Li; HL, Yu; YY, Xia et al. "Early containment strategies and core measures for prevention and control of novel coronavirus pneumonia in China". *Chinese Journal of preventive medicine*, Março de 2020.

36. ABOUZZOHOUR, Yasmina. "One year of COVID-19 in the Middle East and North Africa: The Fate of the 'best performers'". *Brookings*, Março de 2021. Disponível em: <https://www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2021/03/22/one-year-of-covid-19-in-the-middle-east-and-north-africa-the-fate-of-the-best-performers/>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

37. SOY, Anne. "Lack of COVID-19 tests undermines Africa's 'succes'". *BBC*, Maio de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-africa-52801190>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

38. ANSELIN, L. *Spatial Weights*. University of Illinois, Urbana-Champaign, 1999 – 2002.

39. ANSELIN, L. *Spatial Econometrics: methods and models*. Dordrecht Kluwe, 1988.

40. MENEBO, M. M. "Temperature and precipitation associate with Covid-19 new daily cases: A correlation study between weather and Covid-19 pandemic in Oslo, Norway." *Science of total environment, University of South-Eastern Norway*, Outubro de 2020.

41. SEHRA, S. T. et al. "Maximum Daily Temperature, Precipitation, Ultra-Violet Light and Rates of Transmission of SARS-Cov-2 in the United States Shiv", *Clinical Infectious Diseases*, 2020.

42. CHAUDHARY, A. P. et. alii. "Effect of temperature and precipitation on the daily new cases and daily new death in seven cities around the globe." *Cold Spring Harbor Laboratory*, Outubro de 2020.

43. RUBIN, David et. alii. "Association of social distancing, population density, and temperature with the instantaneous reproduction number of SARS-CoV-2 in Counties across the United States." *Original investigation, infectuos diseases*, Março de 2020.

44. THERESE, Karla S.Y.; Laura F. White; NICHOLS, Brooke E. (2021) "Population density and basic reproductive number of COVID-19 across United States counties." *PLOS ONE* 16(4), Abril de 2021.

45. TROUMBIS, A.Y. "Testing the socioeconomic determinants of COVID-19 pandemic hypothesis with aggregated Human Development Index." *J Epidemiol Community Health*, Abril de 2021.

46. LIU, Kai; HE, Mu; ZHUANG, Zian; HE, Daihai; LI Huaichen. "Unexpected positive correlation between human development index and risk of infections and deaths of COVID-19 in Italy." *One Health*, Outubro de 2020.

47. ABUL-FADL, Azza; SARHAN, Ayah. "Using Human Development Indices to Identify Indicators to Monitor the Corona Virus Pandemic." *Journal of Current Viruses and Treatment Methodologies*, Abril de 2020.

48. PARANIZ TABARI, Msc.; MITRA AMINI, Md.; MOHSEN MOGHADAMI, Md. E MAHSA MOOSAVI, Msc. "International public health responses to COVID-19 Outbreak: A rapid review." *Iranian Journal of Medical Sciences*, Maio de 2020.

49. HAMRICK, PN.; ALDIGHIERI, S.; MACHADO, G. et al. "Geographic patterns and environmental factors associated with human yellow fever presence in the Americas." *PLOS Neglected Tropical Diseases*, Novembro de 2017.

50. MUÑOZ-ZANZI, C.; MASON, MR.; ENCINA C.; ASTROZA A.; ROMERO A. "Leptospira contamination in household and environmental water in rural communities in southern Chile." *Int J Environ Res Public Health*, Novembro de 2014

51. AYTAC, N; YUCEL, AB; YAPICIOGLU, H; KIBAR, F; KARAOMERLIOGLU, O; AKBABA, M. "Rubella seroprevalence in children in Dogankent, a rural area of Adana province in Turkey, January-February 2005". *Euro Surveill*. Dezembro de 2009.

52. HRIVNIAKOVÁ, L; SLÁCIKOVÁ, M; KOLCUNOVÁ, S. "Hepatitis: A outbreak in a Roma village in eastern Slovakia, August-November 2008". *Euro Surveill*, Janeiro de 2009.

53. PAPAEVANGELOU, V; HADJICHRISTODOULOU, C; CASSASSIMOS, D; THEODORIDOU, M. (2006). "Adherence to the screening program for HBV infection in pregnant women delivering in Greece". *BMC Infect Dis.*, Maio de 2006.

54. WILLIAMS, CJ; WILLOCKS, LJ; LAKE, IR; HUNTER, PR. "Geographic correlation between deprivation and risk of meningococcal disease: an ecological study." *BMC Public Health*, Julho de 2004.

55. GRAS, MJ; VAN BENTHEM, BH; COUTINHO, RA; VAN DEN HOEK, A. "Determinants of high-risk sexual behavior among immigrant groups in Amsterdam: implications for interventions." *J Acquir Immune Defic Syndr*, Outubro de 2001.

56. TOMASONI, LR; SOSTA, E; BELTRAME, A; RORATO, G; BIGONI, S; FRUSCA, T. et al. "Antenatal Screening for Mother to Child Infections in Immigrants and Residents: The Case of Toxoplasmosis in Northern Italy." *J Immigr Minor Health*, Dezembro de 2010.

57. SLOAN, C; CHANDRASEKHAR, R; MITCHEL, EF; SCHAFFNER, W; LINDEGREN, M. "Socioeconomic Disparities and Influenza Hospitalizations, Tennessee, USA". *Emerg Infect Dis*, Setembro de 2015.

58. HADLER, JL; YOUSEY-HINDES, K; PÉREZ, A; ANDERSON, EJ. et alii. "Influenza-Related Hospitalizations and Poverty Levels - United States, 2010-2012." *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. Fevereiro de 2016

59. CHARLAND, KM; BROWNSTEIN JS, VERMA, A; BRIEN, S; BUCKERIDGE, DL. "Socio-Economic Disparities in the Burden of Seasonal Influenza: The Effect of Social and Material Deprivation on Rates of Influenza Infection." *PLoS ONE*, Fevereiro de 2011.

60. Nancy A. Otieno, Bryan O. Nyawanda et. alii. "Demographic, socio-economic and geographic determinants of seasonal influenza vaccine uptake in rural western Kenya, 2011." *Vaccine*, Novembro de 2014.

61. RILEY, Steven; EAMES, Ken; ISHAM, Valerie; MOLISSON, Denis; TRAPMAN, Pieter. "Five challenges for spatial epidemic models." *Elsevier Epidemics*, Julho de 2014.

62. GYARMATHY, VA; NEAIGUS, A; UJHELVI, E. "Vulnerability to drug-related infections and co-infections among injecting drug users in Budapest, Hungary." *Eur J Public Health*. Junho de 2009.

63. HOES, J et. alii. "Socioeconomic status is associated with antibody levels against vaccine preventable diseases in the Netherlands." *Front. Public Health*, Julho de 2018.

64. SAN PEDRO, Alexandre; DE OLIVEIRA, Rosely Magalhães. "Tuberculosis and Socioeconomic indicators: systematic review of the literature." *Rev. Panam. Salud Publica*, Abril de 2013.

65. WUNSCH, Guillaume. "Confounding and control." *Demographic Research*, Fevereiro de 2007.

66. DYE, C; LONNROTH, K; JARAMILLO, E; WILLIAM, BG; RAVIGLIONE, M. "Trends in tuberculosis incidence and their determinants in 134 countries." *Bull World Health Organ*, Setembro de 2009.

67. PELAQUIN, MHH; SILVA RS; RIBEIRO, AS. "Fatores associados ao óbito por tuberculose na zona leste da cidade de São Paulo, 2001." *J Bras Pneumol*, Junho de 2007.

68. TEKKEL, M; RAHU, M; LOIT, HM; BABURIM A. "Risk factors for pulmonary tuberculosis in Estonia." *Int J Tuberc Lung Dis*, Outubro de 2002.

69. DE ALBUQUERQUE, MF; XIMENES, RA et. alii. "Factors associated with treatment failure, dropout, and death in a cohort of tuberculosis patients in Recife, Pernambuco State, Brazil." *Cad Saude Publica*, Julho de 2007.

70. MUNIYANDI, M; RAMACHANDRAN, R et alii. "The prevalence of tuberculosis in different socioeconomic strata: a community survey from South India." *Int J Tuberc Lung Dis*, Setembro de 2007.

71. CHENG, G; TOLHURST, R; LI, RZ; MENG, QY; TANG, S. "Factors affecting delays in tuberculosis diagnosis in rural China: a case study in four counties in Shandong Province." *Trans R Soc Trop Med Hyg*, Maio de 2005.

72. NÁJERA-ORTIZ, JC; SÁNCHEZ-PÉREZ HJ; OCHOA DÍAZ, H; ARANA-CEDEÑO, M et. alii. "Demographic, health service and socioeconomic factors associated with pulmonary tuberculosis mortality in Los Altos Region of Chiapas, Mexico." *Int J Epidemiol*, Agosto de 2008.

73. JANSSENS, JP; RIEDER, HL. "An ecologic analysis of incidence of tuberculosis and per capita gross domestic product." *Eur Respir J*, 2008.

74. LIU, JJ; YAO, HY; LIU, EY. "Analysis of factors affecting the epidemiology of tuberculosis in China." *Int J Tuberc Lung Dis*, Abril de 2005.

75. CANTWELL, MF; MCKENNA, MT; MCRAY, E; ONORATO, IM. "Tuberculosis and race/ethnicity in the United States: impact of socioeconomic status." *Am J Respir Crit Care Med*, Abril de 1997.

76. NISHIURA, H. "Socioeconomic factors for tuberculosis in Tokyo, Japan—unemployment, overcrowding, poverty and migrants." *Kekkaku*, Junho de 2003.

77. GRANTZ, Kira H; RANE, Madhura S et. alii. "Disparities in influenza mortality and transmission related to sociodemographic factors within Chicago in the pandemic of 1918." *Proc Natl Acad Sci U S A*, Novembro de 2016.

78. PEAL, R. *Health Reports (1896-1970)*. Sage Publications, 1921.

79. BENGSSON, T; DRIBE, M; ERIKSSON, B. "Social Class and Excess Mortality in Sweden during the 1918 influenza pandemic." *American Journal of Epidemiology*, Julho de 2018.

80. MAMELUND, SE; SHELLEY-EGAN, C; ROGEBERG, O. "The association between socioeconomic status and pandemic influenza: protocol for a systematic review and meta-analysis." *Systematic Reviews*, 2019.

81. SYDENSTRICKER, E. "The incidence of influenza among persons of different economic status during the epidemic of 1918." *Public Health Rep*, 1931.

82. MAMELUND, SE. "Social inequality – a forgotten factor in pandemic influenza preparedness." *J Nor Med Assoc*, Abril de 2017.

83. MAMELUND, SE. "A socially neutral disease? Individual social class, household wealth and mortality from Spanish influenza in two socially contrasting parishes in Kristiania 1918–19." *Soc Sci Med*, Fevereiro de 2006.

84. BUCCHIANERI, GW. "Is SARS a poor man's disease? Socioeconomic status and risk factors for SARS transmission." *University of Pennsylvania*, Julho de 2010.

85. XIAO, H; TIAN, HY et. alii. "Spatio-temporal process and the influencing factors on influenza A (H1N1) pandemic in Changsha." *Zhonghua Liu Zing Bing Xue Za Zhi*, Junho de 2011.

86. FANG, LQ; WANG, LP et. alii. "Distribution and risk factors of 2009 pandemic influenza A (H1N1) in mainland China." *Am J Epidemiol*, Maio de 2012.

87. DA COSTA, Ana Carolina C.; CODEÇO, Cláudia Torres et. alii. "Spatiotemporal diffusion of influenza A (H1N1): Starting point and risk factors." *PLOS ONE*, Setembro de 2018

88. GLOBO SP. “Lotados, hospitais da rede privada de São Paulo solicitam leitos públicos; ‘algo inédito’, diz secretário municipal de Saúde.” *Globo*, Março de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/03/16/lotados-hospitais-da-rede-privada-de-sao-paulo-solicitam-leitos-publicos-algo-inedito-diz-secretario-municipal-da-saude.ghtml>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

89. MANZANO, Fábio; DA SILVA, Camila Rodrigues. “Mortes na fila por um leito de UTI, falta de insumos e funerárias sem férias: os sinais do colapso na saúde brasileira.” *Globo*, Março de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/03/20/mortes-na-fila-por-um-leito-de-uti-falta-de-insumos-e-funerarias-sem-ferias-os-sinais-do-colapso-na-saude-brasileira.ghtml>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

90. NORONHA, Kenya VMS; GUEDES, GR et. alii. “Pandemia por COVID-19 em Brasil: análisis de la demanda y oferta de camas hospitalarias, así como equipamientos de ventilación asistida, según diferentes escenarios.” *Caderno de saúde pública*, Junho de 2020.

91. Agência Nacional de Saúde Suplementar. “BOLETIM COVID – SAÚDE SUPLEMENTAR.” ANS, Janeiro de 2021.

92. WERNECK, GL; BAHIA, L; MOREIRA, Jéssica PL; SCHEFFER, M. “Mortes evitáveis por COVID-19 no Brasil.” *IDEc*, junho de 2021.

93. PRESTES, M. “Com novo pico da COVID-19, hospitais de Manaus têm superlotação, macas nos corredores e falta de distanciamento.” *Folha de SP*, Janeiro de 2021.

94. GOYAL, P; CHOI, JJ; PINHEIRO, LC et alii. “Clinical characteristics of Covid-19 in New York City.” *N Engl J Med*, junho 2020.

95. TRECARICHI, EM; MAZZITELLI, M; SERAPIDE, F et alii. “Characteristics, outcome and predictors of in-hospital mortality in an elderly population from a SARS-CoV-2 outbreak in a long-term care facility.” *medRxiv*, Julho de 2020.

96. HU, L; CHEN, S; FU, Y et alii. “Risk factors associated with clinical outcomes in 323 COVID-19 hospitalized patients in Wuhan, China.” *Clin Infect Dis*, Novembro de 2020.

97. ROSSI, A; GOTTM, L; DONADELLO, K et alii. “Obesity as a risk factor for unfavourable outcomes in critically ill patients affected by Covid-19 related

respiratory failure: clinical relevance and potential pathophysiological mechanism”, *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, Novembro de 2020.

98. KIM, L; GARG S; HALLOREN, A et alii. “Interim analysis of risk factors for severe outcomes among a cohort of hospitalized adults identified through the U.S. Coronavirus Disease 2019” *Clin Infect Dis*, Maio de 2021.

99. HAJIFATHALIAN, K; KUMAR, S; NEWBERRY, C et alii. “Obesity is associated with worse outcomes in COVID-19: analysis of early data from New York City.” *Obesity (Silver Spring)*, Junho de 2020.

100. GU, T; MACK, JA; SALVATORE, M et alii. “COVID-19 outcomes, risk factors and associations by race: a comprehensive analysis using electronic health records data in Michigan Medicine.” *National Institutes of Health*, Junho de 2020.

101. PETRILLI, CM; JONES, SA; YANG J; et alii. “Factors associated with hospitalization and critical illness among 4,103 patients with COVID-19 disease in New York City.” *Portal regional da BVS*, 2020.

102. GIANNOUCHOS, T; SUSSMAN, R; MIER, JM; POULAS, K; FARSAKINOS, K. “Characteristics and risk factors for COVID-19 diagnosis and adverse outcomes in Mexico: an analysis of 89,756 laboratory-confirmed COVID-19 cases.” *Eur. Respir J*, Março de 2021.

103. BARBOSA, IR; GALVÃO, Maria HR et. alii. “Incidence of and mortality from COVID-19 in the older Brazilian population and its relationship with contextual indicators: an ecological study.” *Revista Bras. Geriatr. Gerontol.*, 2020.

104. VALEV, D. “Relationships of total COVID-19 cases and deaths with ten demographic, economic and social indicators.” *Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences*, Dezembro de 2020.

105. DAYRELL, A; ANDRADE, Amanda CS et. alii. “Observando por meio da lupa da COVID-19: um exame das disparidades nas capitais brasileiras”, 2020.

106. GOLDSTEIN, J; LEE, RD. “Demographic perspectives on the mortality of COVID-19 and other epidemics.” *Department of Demography, University of California, Berkeley*, Julho de 2020.

107. COVID-19 hospitalization and death by age. Centers for Disease Control and Prevention. Published February 11, 2020. Updated August 18, 2020. Disponível em:<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/covid-data/investigations->

[discovery/hospitalization-death-by-age.html](https://covid19resourcecenter.org/discovery/hospitalization-death-by-age.html). Acessado em: 14 de outubro de 2021.

108. KOH, HK; GELLER, AC; VANDERWEELE, TJ. "Deaths from COVID-19." *Covid-19 Resource Center*, Dezembro de 2020.
109. TOSEPU, R; GUNAWAN, J et. alii. "Correlation Between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia." *Sci Total Environ*, Julho de 2020.
110. SAHIN, M. "Impact of Weather on COVID-19 pandemic in Turkey". *Sci Total Environ*, Agosto de 2020.
111. ZHU, Y; XIE, J. "Association between ambient temperature and COVID-19 infection in 122 cities from China." *Sci. Total Environ*, Julho de 2020.
112. The Lancet. "Supplementary appendix." In. CHIN, AWH; CHU, JTS; PERERA, MRA. "Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions." *Lancet Microbe*, Abril de 2020.
113. BIRYUKOV, J; BOYDSTON, JA et. alii. "Increasing Temperature and Relative Humidity Accelerates Inactivation of SARS-CoV-2 on Surfaces." *mSphere*, Julho de 2020.
114. FELIPE, M. et al. "Association between climate variables and global transmission oF SARS-CoV-2", *Science of the Total Environment. Elsevier B.V.*, Abril de 2020.
115. MA, Y. et al. "Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China", *Science of the Total Environment. Elsevier B.V.*, Julho de 2020.
116. TIAN, S; HU, N; LOU, J; et alii. "Characteristics of COVID-19 infection in Beijing." *J Infect*, Abril de 2020.
117. GUAN, WJ; NI, ZY; HU, Y; et alii. "Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China." *N Engl J Med*, Abril de 2020.
118. HO, Frederick K; ROCHA, Fanny P et. alii. "Is older age associated with COVID-19 mortality in the absence of other risk factors? General population cohort study of 470,034 participants." *PLOS ONE*, Novembro de 2020.
119. BONANAD, Clara; GARCÍA-BLAS, Sergio et. alii. "The effect of Age on mortality in patients with COVID-19: a meta-analysis with 611,583 subjects." *JAMDA*, 2020.

120. ZHENG, Zhaohai; PENG, Fang et. alii. "Risk factors of critical & mortal COVID-19 cases: a systematic literature review and meta-analysis." *Journal of infection*, Agosto de 2020.

121. BARBOSA, Isabelle R; GALVÃO, Maria HR et. alii. "Incidence of and mortality from COVID-19 in the older Brazilian population and its relationship with contextual indicators: an ecological study." *Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.*, 2020.

122. GUEDES, Marcello Barbosa OG; ASSIS, Sanderson JC et. alii. "COVID-19 in Brazilian cities: Impact of social determinants, coverage and quality of primary health care." *PLOS ONE*, Setembro de 2017.

123. ALFANO, V; ERCOLANO, S. "The efficacy of lockdown against COVID-19: A Cross-Country 20 Panel Analysis." *Applied Health Economics and Health Policy*, Agosto de 2020.

124. KHARROUBI, Samer; FATIMA, Saleh. "Are lockdown measures effective against COVID-19?" *Frontiers in Public Health*, Outubro de 2020.

125. GHOSAL, S; BHATTACHARYYA, R; MAJUMDER, M. "Impact of complete lockdown on total 1 infection and death rates: A hierarchical cluster analysis." *Diabetes & Metabolic 2 Syndrome: Clinical Research & Reviews*, Julho de 2020.

126. GÜNER, Hatice R; HASANOGLU, Imran; AKTAS, Firdevs. "Evaluating the efficiency of public policy measures against COVID-19." *Turk J Med Sci*, Agosto de 2015.

127. HAUG, Nils; GEYRHOFER, Lukas et. alii. "Ranking the effectiveness of worldwide COVID-19 government interventions." *Nature Human Behavior*, Novembro de 2020.

128. WIBBENS, Phebo D; KOO, Wesley Wu-Yi; MCGAHAN, Anita M. "Which COVID policies are most effective? A Bayesian analysis of COVID-19 by jurisdiction." *PLOS ONE*, Dezembro de 2020.

129. BRAUNER, Jan M; MINDERMANN, Sören et. alii. "Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19." *Science*, Fevereiro de 2021.

130. COSTA, Danielle Conte RC; BAHIA, Ligia. "Oferta pública e privada de leitos e acesso aos cuidados à saúde na pandemia de COVID-19 no Brasil." *Saúde debate*, Dezembro de 2020.

131. NORONHA, Kenya Valeria MS; FERREIRA, Monique F et. alii. "Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação segundo diferentes cenários." *Cadernos de Saúde Pública*, 2020.
132. MACIEL, Jacques AC; CASTRO-SILVA, Igor I; FARIA, Mariana R. "Initial analysis of the spatial correlation between the incidence of COVID-19 and human development in the municipalities of the state of Ceará in Brazil." 2020
133. PECK, KR. "Early diagnosis and rapid isolation: response to COVID-19 outbreak in Korea." *Clinical Microbiology and Infection*, Julho de 2020.
134. World Health Organization: WHO's response to COVID-19. WHO, Junho 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/29-06-2020-covidtimeline>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.
135. BRASIL. Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/Lei/L13979.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/Lei/L13979.htm). Acesso em: 15 de outubro de 2021
136. Secretarias Estaduais de Saúde do Brasil. COVID-19 no Brasil. Disponível em: [https://qsprod.saude.gov.br/extensions/covid-19\\_html/covid-19\\_html.html](https://qsprod.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html). Acesso em: 15 de outubro de 2021
137. PALIALOL, Bruno; PEREDA, Paula; AZZONI, Carlos. "Does weather influence Covid-19 transmission?" *Regional Science Policy and Practice*, Volume 12, Edição 6, pg 981-1004. Outubro de 2020.