

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
ENGENHARIA DE TRANSPORTES

JOÃO VICTOR TEIXEIRA SILVA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL NA
DISSEMINAÇÃO INICIAL DA COVID-19 NO BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BELO HORIZONTE
2021

JOÃO VICTOR TEIXEIRA SILVA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL NA
DISSEMINAÇÃO INICIAL DA COVID-19 NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Anna Carolina Corrêa Pereira

BELO HORIZONTE
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ANEXO IV - ATA DE DEFESA

“Análise da Influência do Transporte Aéreo Internacional na Disseminação Inicial da Covid-19 no Brasil”

João Victor Teixeira Silva

Trabalho de conclusão de curso submetido à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Transportes, APROVADO como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Transportes.

ORIENTADORA

Profa. Dra. Anna Carolina Corrêa Pereira

Prof. M.Sc. André Leite Guerra

Profa. M.Sc. Tainá Pôssas Abreu

Aprovada na 26ª Reunião do Colegiado do curso de graduação em Engenharia de Transportes



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO,
ADMINISTRAÇÃO E CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

ATA Nº 45/2021 - DET (11.55.11)

Emitido em 14/04/2021

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 15/04/2021 12:43)

ANDRE LEITE GUERRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3081703

(Assinado digitalmente em 15/04/2021 15:47)

TAINA POSSAS ABREU
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3996313

(Assinado digitalmente em 14/04/2021 22:02)

ANNA CAROLINA CORREA PEREIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
CAVG (11.51.02)
Matrícula: 2993105

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: 45, ano: 2021, tipo: ATA, data de emissão: 14/04/2021 e o código de verificação: af99f5f1bf

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, aos meus pais, que tanto batalharam para me prover uma educação de qualidade em todos os níveis de ensino. Aos meus amigos, que me trouxeram momentos de descontração, principalmente quando a demanda de trabalho era muito alta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Anna Carolina Corrêa Pereira, que me auxiliou com paciência e carinho durante o processo de elaboração do trabalho.

Aos meus colegas de sala, com quem acabei cursando poucas matérias juntos, mas com quem mantive a proximidade e amizade durante todos esses anos.

E, claro, também aos meus pais, que me garantiram condições e tempo para estudar e produzir tanto durante meus anos acadêmicos.

RESUMO

SILVA, João Victor. **Análise da influência do transporte aéreo internacional na disseminação inicial da Covid-19 no Brasil.** 2021. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2021.

Sabe-se que os primeiros casos da Covid-19 no Brasil foram notificados nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro e, além disso, nessas cidades se localizam os dois principais aeroportos internacionais brasileiros: Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro (Guarulhos), em São Paulo; e Aeroporto Internacional Tom Jobim (Galeão), no Rio de Janeiro. Este trabalho visa investigar a influência exercida pelo transporte aéreo internacional na chegada e disseminação inicial do Coronavírus no Brasil. Com a descrição e detalhamento das variáveis envolvidas na pesquisa, são apresentadas análises gráficas e mapas temáticos para prover uma análise visual e, por fim, é realizada análise estatística a fim de legitimar as análises visuais propostas. No decorrer das pesquisas, é apontado que alguns países europeus que já possuíam concentração elevada de casos no final de fevereiro de 2020 eram alguns dos países que mais enviavam passageiros aos aeroportos de Guarulhos e Galeão. Além disso, suspeita-se que a instalação inicial da Covid-19 nas grandes cidades brasileiras ocorreu a partir nos bairros cujos habitantes têm maior potencial econômico, possivelmente em função da maior frequência de viagens internacionais observada nessas regiões.

Palavras-chave: Aviação. Coronavírus. Covid-19. Pandemia. Planejamento urbano. Renda. Transporte aéreo. Viagens.

ABSTRACT

SILVA, João Victor. **Analysis of the influence of international air transportation in the initial spread of Covid-19 in Brazil.** 2021. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2021.

It is known that the first Covid-19 cases in Brazil were reported in the cities of São Paulo and Rio de Janeiro and it is also known that Brazil's main international airports are International Airport Governador André Franco Montoro (Guarulhos Airport), in São Paulo and International Airport Tom Jobim (Galeão Airport), in Rio de Janeiro. This study aims to search and investigate the influence between the international air transport for Brazil and the first cases of Covid-19 identified in the country. With the diagnosis and proper description of the variables involved in this research, some graphical analyzes and thematic maps are presented to provide a visual evaluation. And lastly, a statistical analysis is carried out in order to confirm the visual overview. During the research, it is noticed that some European countries, as well as United States, that already had a high concentration of Covid-19 cases by the end of February 2020, were exactly the countries that most sent passengers to Guarulhos and Galeão. In addition, it is suspected that the first Covid-19 cases confirmed in large Brazilian cities as São Paulo and Rio de Janeiro took place in the neighborhoods whose inhabitants have the greatest economic income. That is probably due to the higher amount of international air passengers who lives in those regions.

Keywords: Aviation. Coronavirus. Covid-19. Pandemic. Urban planning. Financial income. Air transport. International tourism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da pandemia	17
Figura 2 – Número de infectados por percentuais de circulação em dias decorridos da exposição inicial.....	17
Figura 3 – Regiões afetadas	18
Figura 4 –Casos confirmados da Covid-19 por estado até o dia 28/03/2020.....	19
Figura 5 – Casos acumulados de Covid-19 por estado	20
Figura 6 – Renda por região no município de São Paulo	23
Figura 7 – Percentual de domicílios da cidade de São Paulo que não dispõe das seguintes características investigadas pelo IBGE	24
Figura 8 – Mapa de renda média per capita por bairro, em reais, na cidade do Rio de Janeiro	25
Figura 9 – Percentual de domicílios da cidade do Rio de Janeiro que não dispõe das seguintes características investigadas pelo IBGE.....	26
Figura 10 – Volumes de embarque (A) e desembarque (B) de passageiros internacionais nos aeroportos brasileiros, 2019, em percentual.....	28
Figura 11 – Conectividade internacional do aeroporto de Guarulhos (SP)	28
Figura 12 – Conectividade doméstica e internacional do aeroporto do Galeão (RJ)	29
Figura 13 – Fluxograma de execução da pesquisa.....	31
Figura 14 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 1.....	39
Figura 15 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 2.....	40
Figura 16 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 3.....	41
Figura 17 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 4.....	41
Figura 18 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 5.....	42
Figura 19 – Evolução dos casos de SRAG em São Paulo, antes da pandemia (janeiro/2020)	45
Figura 20 – Evolução dos casos de SRAG em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19	46
Figura 21 – Evolução dos casos de Covid-19 em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19	47
Figura 22 – Comparação: casos Covid-19 versus SRAG em São Paulo (S1 a S5).....	47
Figura 23 – Concentração de casos da SRAG por mil habitantes, por semana de análise ..	49

Figura 24 – Distritos com maior concentração de casos de SRAG ao final da semana 5	50
Figura 25 – Evolução dos casos de Covid-19 no Rio de Janeiro, após a confirmação do primeiro caso no país	52
Figura 26 – Concentração de casos da Covid-19 por mil habitantes, por semana de análise	53
Figura 27 – Bairros com maior concentração de casos de Covid-19 no Rio de Janeiro ao final da semana 5	54
Figura 28 – Série histórica de passageiros internacionais no aeroporto de Guarulhos, 2015 a 2020	55
Figura 29 – Série histórica de passageiros internacionais no aeroporto do Galeão, 2015 a 2020	56
Figura 30 – Concentração de casos da Covid-19 no mundo versus Rotas aéreas internacionais com destino Guarulhos, ao final da semana 5	57
Figura 31 – Países com maiores concentrações de casos da Covid-19 versus Rotas aéreas internacionais com destino Guarulhos, no fim da semana 5	58
Figura 32 – Concentração de casos da Covid-19 no mundo X Rotas aéreas internacionais com destino Galeão, ao final da semana 5	59
Figura 33 – Países com maiores concentrações de casos da Covid-19 versus Rotas aéreas internacionais com destino Galeão, no fim da semana 5	60
Figura 34 – Regiões de São Paulo versus Renda domiciliar média por distrito	63
Figura 35 – Regiões do Rio de Janeiro versus Renda domiciliar média	64
Figura 36 – Distritos de São Paulo por potencial econômico (eixo x) e concentração de SRAG (eixo y), ao final da semana 5	66
Figura 37 – Bairros do Rio de Janeiro por potencial econômico (eixo x) e concentração de Covid-19 (eixo y), ao final da semana 5	67
Figura 38 – Gráficos de dispersão dos distritos de São Paulo pela concentração de SRAG e renda familiar média entre a S1 e S5	72
Figura 39 – Gráficos de dispersão dos bairros do Rio de Janeiro pela concentração de SRAG e renda familiar média entre a S2 e S5	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Domicílios da cidade de São Paulo por categoria de infraestrutura pública	23
Tabela 2 - Domicílios da cidade do Rio de Janeiro por categoria de infraestrutura pública ..	26
Tabela 3 – Divisão do período de análise.....	32
Tabela 4 – Proporção de passageiros internacionais em função da renda.....	36
Tabela 5 – Países do mundo com maiores concentrações de Covid-19 ao fim da semana 5	43
Tabela 6 – Casos de SRAG em São Paulo, antes da pandemia (janeiro/2020)	44
Tabela 7 – Casos de SRAG em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19	45
Tabela 8 – Casos de Covid-19 em São Paulo por semana	46
Tabela 9 – Casos de Covid-19 no Rio de Janeiro, após a confirmação do primeiro caso no país	51
Tabela 10 – Origens internacionais com maiores volumes de passageiros e maior incidência da Covid-19, final da semana 5	58
Tabela 11 – Origens internacionais com maiores volumes de passageiros e maior incidência da Covid-19, ao final da semana 5	60
Tabela 12 – Volume estimado de passageiros infectados com destino Guarulhos	61
Tabela 13 – Volume estimado de passageiros infectados com destino Galeão	62
Tabela 14 – Classes de rendimentos definidas para a elaboração do estudo	65
Tabela 15 – Teste de correlação de Pearson entre passageiros internacionais e infectados pela Covid-19 em São Paulo, S1 a S5	68
Tabela 16 – Teste de correlação de Pearson entre passageiros internacionais e infectados pela Covid-19 no Rio de Janeiro, S1 a S5.....	69
Tabela 17 – Rotas que não exibiram correlação estatística	69
Tabela 18 – Teste de correlação de Pearson entre infectados pela SRAG em São Paulo e renda média domiciliar, S1 a S5	70
Tabela 19 – Teste de correlação de Pearson entre infectados pela Covid-19 no Rio de Janeiro e renda média domiciliar, S1 a S5	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Delimitação do tema	13
1.2	Problema de pesquisa	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Justificativa e relevância.....	15
2	A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS.....	16
2.1	Coronavírus no mundo.....	17
2.2	Coronavírus no Brasil.....	19
3	ANÁLISE DEMOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA	20
3.1	São Paulo	22
3.2	Rio de Janeiro.....	24
4	REVISÃO DO TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL	27
4.1	Aeroportos brasileiros.....	27
5	MÉTODOS	29
5.1	Dados da Covid-19 no mundo	31
5.2	Dados da Covid-19 em São Paulo	33
5.3	Dados da Covid-19 no Rio de Janeiro	34
5.4	Coleta e análise de dados do transporte aéreo internacional.....	34
5.4.1	Contraposição de cenários: antes e durante a pandemia.....	35
5.4.2	Definição das rotas aéreas de risco	35
5.4.3	Definição do perfil do viajante internacional brasileiro	35
5.5	Renda média dos municípios	36
5.6	Aplicação do modelo estatístico de Pearson	38
6	RESULTADOS.....	38
6.1	A fase de importação da Covid-19	39
6.1.1	São Paulo	44
6.1.2	Rio de Janeiro	51
6.2	Estudo do transporte aéreo internacional	54
6.2.1	Aeroporto de Guarulhos (São Paulo)	56
6.2.2	Aeroporto do Galeão (Rio de Janeiro).....	59
6.2.3	Estimativa de passageiros infectados	61
6.3	Renda média domiciliar dos municípios	62
6.3.1	São Paulo	62
6.3.2	Rio de Janeiro	63
6.4	Definição do perfil do viajante internacional	64
7	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	65
7.1	Análise estatística: Casos nos países alvo versus Casos no Brasil.....	67
7.2	Análise estatística: Renda versus Casos.....	69

8	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é focado nas áreas do transporte aéreo e planejamento urbano à luz da Covid-19. Esta doença é causada por um vírus da família *Coronaviridae* que tem como canal de transmissão principal as vias respiratórias humanas. O vírus SARS-CoV-2 foi descoberto no final de 2019 e em 2020 já afetava quase todos os países do mundo, o que culminou numa pandemia que afetou fortemente os setores do comércio e serviços, como o transporte aéreo.

A proposta desta pesquisa foi identificar uma possível relação entre a movimentação aérea de passageiros e o avanço territorial do contágio e, por isso, rastreou-se o vírus durante o início de sua disseminação nas capitais São Paulo e Rio de Janeiro, enquanto ainda ocorria a fase da contaminação importada. Parte-se do pressuposto de que, ao longo dessa fase, a disseminação do vírus tenha ocorrido de forma ordenada a partir de regiões com habitantes de níveis socioeconômicos elevados nas duas cidades e, posteriormente, se espalhando pelo território nacional.

A correlação entre o transporte aéreo e o planejamento urbano se dá, pois: (i) o transporte aéreo pode ser um dos principais canais de transmissão de um vírus como o observado em 2020, (ii) os terminais aeroportuários reúnem, em geral, grande quantidade de pessoas com origens e destinos diversos, (iii) o planejamento urbano ordena o espaço urbano e (iv) esse planejamento pode ser ajustado para atender aos interesses referentes à segurança sanitária da população.

O trabalho trata de uma abordagem analítica de alguns parâmetros relevantes ao tema e da elaboração de uma tendência considerando o comportamento padrão observado nas primeiras cidades brasileiras infectadas. Essa análise permitirá um planejamento orientado partindo dessa tendência, o que é de interesse dos agentes públicos, do setor aéreo e da população.

1.1 Delimitação do tema

Como o intuito foi de rastrear os casos de contaminação notificados no início de sua disseminação nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, a pesquisa se limitou a uma pequena janela temporal, enquanto ainda ocorria a fase de contaminação importada. Também foi necessário considerar como critério o acesso ao transporte aéreo com base em parâmetros socioeconômicos. Apesar da crescente democratização do transporte aéreo observada no Brasil nas últimas décadas, o acesso das classes socioeconômicas mais baixas ainda é limitado (CERVI, 2017).

A área de estudo é restrita às duas capitais brasileiras São Paulo e Rio de Janeiro, uma vez que são as duas maiores cidades do país em população e por onde chegaram os primeiros casos da doença no Brasil (CANDIDO et al., 2020). Além disso, segundo a Agência Nacional da Aviação Civil – ANAC (2019), São Paulo detém os dois aeroportos mais movimentados do país em número de passageiros totais – Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro (GRU) e Aeroporto de São Paulo/Congonhas – Deputado Freitas Nobre (CGH) – e o Rio de Janeiro tem o Aeroporto Internacional Tom Jobim – Galeão (GIG), que foi o quarto no ranking de volume de passageiros em 2019. A terceira posição foi ocupada pelo Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek.

1.2 Problema de pesquisa

Sabe-se que a pandemia chegou tardiamente ao Brasil, se comparado aos países do Hemisfério Norte. Mesmo assim, em poucos dias, após a chegada do Coronavírus no país, as contaminações dispararam.

Estudos indicam que, na cidade de São Paulo, os bairros que tinham maior quantidade de casos confirmados no início da pandemia eram os bairros de classe média e alta, como o Morumbi. Por outro lado, bairros de classes econômicas inferiores, como Brasilândia, não possuíam tantos casos, mas apresentavam taxa de óbitos consideravelmente superior (AGUIAR, 2020).

Esses fatores ratificam a importação de casos da Covid-19 para o Brasil principalmente por meio das classes médias e altas, o que instiga a investigar qual foi a influência do transporte aéreo na disseminação inicial do Coronavírus no Brasil e como essa contaminação comportou-se ao chegar nas primeiras cidades brasileiras.

A suspeita é de que a disseminação inicial da Covid-19 ocorra, em geral, por dois estágios ou fluxos complementares: o primeiro é a importação do vírus para os bairros com maior poder aquisitivo, trazido principalmente pelas classes médias e altas por meio das viagens internacionais. O segundo é referente às pessoas de classes com menor poder aquisitivo que trabalham nesses bairros abastados, contraem a doença e, eventualmente, a disseminam ao longo dos seus percursos diários pela cidade (AGUIAR, 2020). O propósito deste trabalho é investigar e prover material de pesquisa e análises suficientes para avaliar a ocorrência do primeiro estágio, bem como sua intensidade e relevância para São Paulo e Rio de Janeiro.

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste estudo é de identificar a influência do transporte aéreo na chegada dos primeiros casos de Covid-19 no Brasil e correlacionar esse modo de transporte às regiões com as primeiras incidências da doença. Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- I. Identificar a localização dos primeiros casos de infecção da Covid-19 nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.
- II. Identificar as rotas aéreas de risco e levantar o número de voos e de passageiros nos aeroportos de Guarulhos e Galeão.
- III. Analisar como se distribui espacialmente a população das duas cidades quanto ao rendimento familiar mensal.
- IV. Avaliar a relação entre as primeiras infecções da Covid-19 e a variáveis como atividade aeroportuária, regiões onde incidiram os primeiros casos e os níveis socioeconômicos dessas regiões.
- V. Aplicar modelo estatístico que relacione as variáveis estudadas nos objetivos I, II e III.

1.4 Justificativa e relevância

A recente pandemia iniciada em 2020 tem trazido lições para a sociedade, comércio e prestação de serviços em todo o mundo. Os grandes setores da economia têm buscado novas práticas contra uma eventual doença endêmica que pode surgir iminentemente. A relevância teórica deste estudo será pautada nas áreas de planejamento e operação de transportes, que deverão subsidiar o planejamento dos agentes públicos voltados para a segurança sanitária dos seus usuários, agregando maior eficiência no combate a esse tipo de doença.

Esta pesquisa, portanto, ao investigar a influência do transporte aéreo internacional na chegada da Covid-19 ao Brasil e o ordenamento espacial da doença, poderá subsidiar novas medidas de contenção para um possível vírus como o que vem sendo enfrentado desde 2020. Com o adequado embasamento científico, medidas pontuais podem ser mais eficientes para mitigar a contaminação e também menos danosas à economia e à sociedade.

2 A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS

Nos primeiros meses de 2020, o mundo foi surpreendido com o aparecimento e rápida disseminação da doença conhecida como Covid-19 ou *coronavirus disease 2019*. De acordo com Lima (2020), a doença é causada por um novo tipo de vírus da família *Coronaviridae*. O SARS-CoV-2 provoca a doença da síndrome respiratória aguda grave (SARS, em inglês) e ficou conhecido como Covid-19 em uma referência ao ano de seu descobrimento.

O contágio do vírus ocorre pelas mucosas do corpo humano: olhos, nariz e boca (FIOCRUZ, 2020). Ele pode ser transmitido por meio de secreções contaminadas como gotículas de saliva que circulam pelo ar ao falar, espirrar e tossir. Aperto de mãos e contato com objetos e superfícies contaminadas também podem ser canais de transmissão do vírus (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

As contaminações são divididas em três fases: primeira fase ou fase importada, secundária e terciária (XU et al., 2020). De acordo com os autores, a contaminação a nível importado ocorre de pessoas que estiveram em regiões já acometidas pelo vírus, se infectaram, e infectaram outras pessoas em outro local. O artigo trata especificamente de pessoas que estiveram na primeira cidade atingida, Wuhan, e transmitiram para outros que não estiveram nessa cidade. A contaminação secundária atinge justamente esse grupo que não esteve em regiões infectadas, mas que teve contato com pessoas acometidas pela contaminação importada. E o grupo terciário são as pessoas que se infectaram indiretamente, ou seja, não estiveram presentes em regiões infectadas e nem tiveram contato com casos importados, mas foram contaminadas pelo grupo secundário ou pelo ambiente. Durante a terceira fase, chamada também de fase comunitária, a curva de casos cresce exponencialmente, pois neste ponto já não é mais possível determinar a fonte da transmissão (NETTO et al., 2020). A Figura 1 traz um diagrama das fases de contaminação.

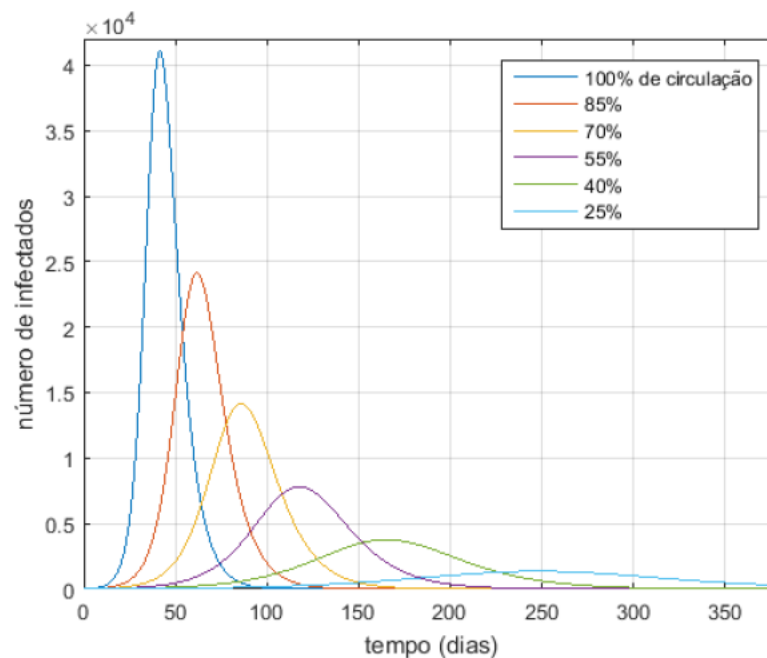
O estudo empírico de Gomes e Monteiro (2020) aponta que a taxa de infecção reduziu em função do tempo por causa do isolamento social observado nas primeiras cidades atingidas, como em Wuhan, na China. Ou seja, conclui-se que a restrição do contato social é eficaz e eficiente para frear a contaminação do vírus, como mostra a Figura 2.

Figura 1 – Fases da pandemia



Fonte: NETTO et al., 2020.

Figura 2 – Número de infectados por percentuais de circulação em dias decorridos da exposição inicial



Fonte: Gomes e Monteiro (2020)

2.1 Coronavírus no mundo

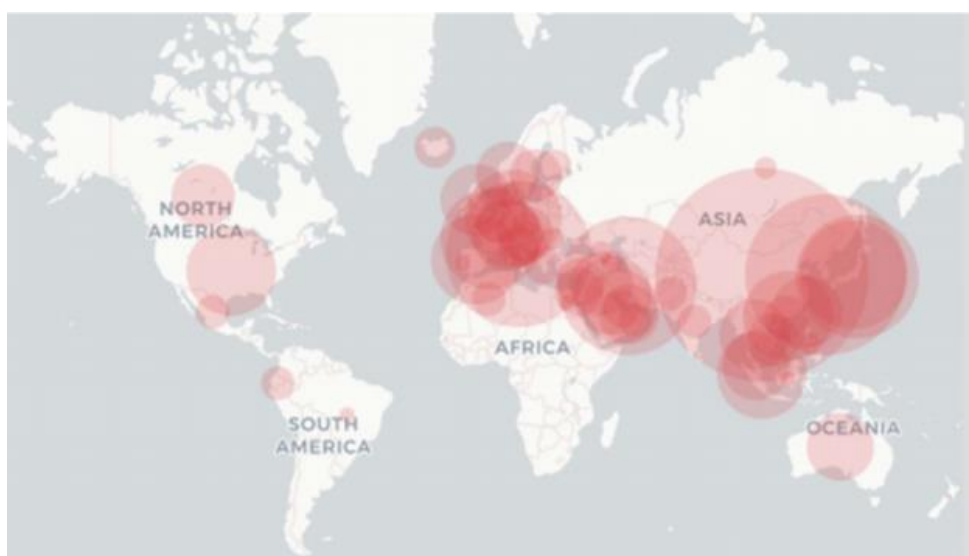
Os quatro primeiros casos no mundo foram notificados em 29 de dezembro de 2019 na província de Wuhan (LI et al., 2020), mas acredita-se que as primeiras infecções tenham ocorrido no início de dezembro do mesmo ano. A partir da segunda metade de janeiro de 2020, os casos dispararam pelo mundo (PEDROSA, 2020). Em

18 de janeiro, eram 80 casos ao total, ainda restritos ao continente asiático. No final do mês já eram mais de 9.000 casos confirmados, inclusive em outros continentes.

Em 30 de janeiro de 2020, o diretor geral da Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto da doença como Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII). Em 11 de março, com mais de 110 mil casos detectados em 114 países, a OMS caracterizou o surto de Covid-19 como pandemia (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020).

Os países mais afetados nesse período inicial foram os dos continentes asiático e europeu, provavelmente em função da sua centralidade na malha de transporte aéreo mundial e alto volume populacional (RIBEIRO et al., 2020). A Figura 3 demonstra as regiões mais afetadas com dados acumulados até o dia 3 de março de 2020 – quanto maior o círculo, maior é a intensidade da doença naquela região.

Figura 3 – Regiões afetadas



Fonte: Binti Hamzah et al. (2020)

Ribeiro et al. (2020) levantam a dificuldade em explicar a intensidade e velocidade da disseminação entre países e continentes, principalmente em função de índices populacionais, socioeconômicos e até culturais. Não houve uma relação proporcional quanto aos hábitos de higiene pessoal, por exemplo. O autor explica que, dentre os países com maior hábito de higiene pessoal (índice medido por meio da quantidade de vezes por dia que os habitantes lavam as mãos), alguns foram fortemente afetados e outros tiveram menor intensidade de casos.

2.2 Coronavírus no Brasil

Como mostram Cavalcante et al. (2020), o primeiro caso no Brasil foi confirmado no dia 26 de fevereiro de 2020. Era o caso importado de um homem, residente em São Paulo, que vinha da Itália e desembarcou em São Paulo. No dia 5 de março de 2020 foi confirmado o primeiro caso no estado do Rio de Janeiro: uma mulher residente no município de Barra Mansa (a 137 quilômetros da capital do estado) que também vinha da Itália e desembarcou no aeroporto do Galeão (AGUIAR, 2020). No dia 7 de março, o Painel Rio Covid-19 criado pela Prefeitura do Rio de Janeiro (2020) indicou que já havia quatro casos confirmados na cidade.

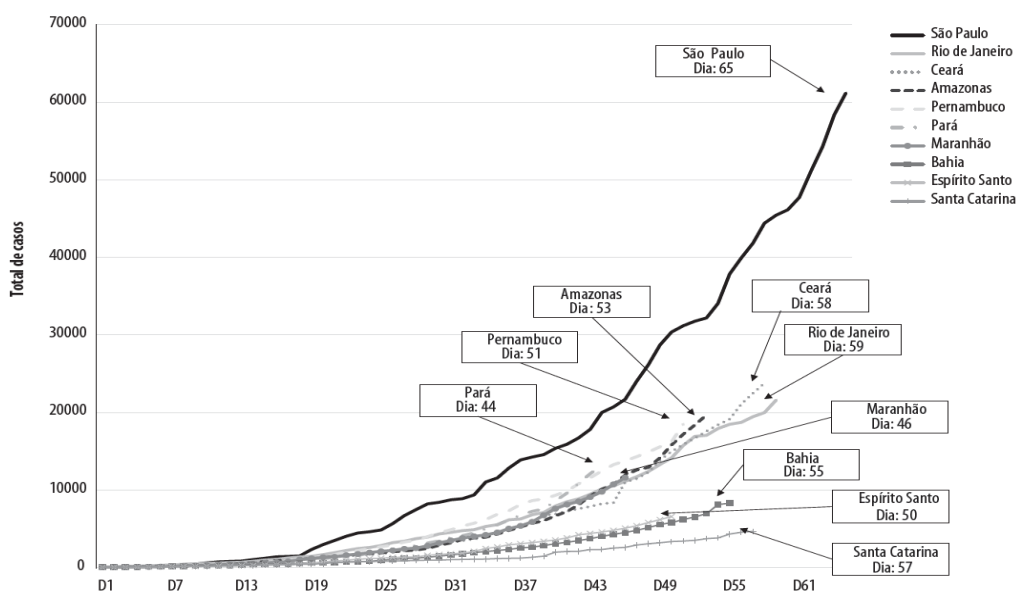
No dia 28 de março, pouco mais de um mês após o primeiro caso confirmado, o País já contabilizava notificações em todos os estados (Figura 4). Na data, as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro já possuíam 1.149 e 489 casos confirmados respectivamente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). A escala de cores varia proporcionalmente da cor mais clara (menor concentração de casos) para cores mais escuras (maior concentração).

Figura 4 –Casos confirmados da Covid-19 por estado até o dia 28/03/2020



Fonte: Ministério da Saúde (2020)

A Figura 5 representa as taxas de crescimento da doença por estado, com dados até 16 de maio de 2020. Estão representados os 10 estados com maiores números de casos notificados na época (CAVALCANTE et al., 2020). Nota-se que as tendências adquirem um ritmo exponencial, independente das taxas de cada estado.

Figura 5 – Casos acumulados de Covid-19 por estado

Fonte: Cavalcante et al. (2020)

Apesar de ter atingido inicialmente as capitais do Sudeste, a pandemia de Covid-19 atingiu mais fortemente os estados do Norte e Nordeste (Figura 5), que são algumas das regiões mais pobres do país (KERR et al., 2020). Essa relação está fortemente ligada às características socioeconômicas e demográficas nas quais vivem parte da população dessas regiões.

3 ANÁLISE DEMOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA

Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (2019) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística apontam que cerca de 24,7% da população brasileira ainda vive em condições de pobreza (com até R\$ 436,00 por mês) e 6,5% vivem com até R\$ 151,00 por mês, ou seja, em condições de extrema pobreza.

Como define Monteiro (2003), a pobreza é uma condição humana na qual não há plena satisfação das necessidades básicas humanas, como a de alimentação. Dentre essas necessidades básicas, este tópico visa trazer o espectro demográfico e da saúde.

A moradia é necessidade básica não a fim de prover apenas conforto, mas deve ser adequada para garantir também a segurança e higiene dos seus moradores. O entorno da residência também é relevante: deve ter boa infraestrutura pública, o

acesso ao transporte e deve prover a segurança adequada aos seus habitantes. Pessoas com baixa renda geralmente experimentam condições precárias em todos os âmbitos da sua rotina: suas moradias e o entorno não são adequados, sua alimentação tem má qualidade, suas condições de higiene são precárias e sua capacidade de praticar o isolamento social é limitada. Muitas vezes, há disponibilidade limitada de dispositivos de higiene como banheiros, rede de esgoto e até o próprio fornecimento de água e energia (CALMON, 2020).

Segundo o IBGE (2021), a moradia adequada deve contar com rede geral de abastecimento de água, rede geral de esgoto e coleta de lixo. A moradia semiadequada falta pelo menos um desses serviços e a moradia inadequada não possui nenhum deles. A infraestrutura pública ideal abrange as seguintes características: altas incidências de identificação do logradouro, iluminação pública, pavimentação, calçada, meio-fio, bueiro, rampa para cadeirante e arborização e baixas incidências de esgoto a céu aberto e lixo acumulado nos logradouros.

Em geral, as casas cujos habitantes têm baixo rendimento são pequenas, com suas dependências divididas para muitas pessoas, o que dificulta muito a prática do isolamento entre elas. O entorno dessas casas muitas vezes são regiões íngremes e estruturalmente instáveis, com construções frágeis e que não seguem regulamentações. É comum observar casas muito próximas umas das outras, com janelas frente a frente e dividindo o mesmo portão de entrada. Essas características, juntamente a outras condições como nível de incentivo governamental, temperatura média na região, cultura e acesso à informação, são os motivos que explicam a grande incidência e velocidade na disseminação da Covid-19 por esses estados (CALMON, 2020).

Um estudo do Sebrae/RJ (2009) mostrou que o estado de São Paulo tem a segunda maior renda domiciliar per capita do país, atrás apenas do Distrito Federal. O estado do Rio de Janeiro ocupa a quarta posição. Apesar disso, a pobreza no Brasil – em especial nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro – não se resume apenas a desigualdades de renda, mas também está intrinsecamente ligada aos termos espaciais, apresentando forte separação e heterogeneidade (TORRES et al., 2003)

Essa condição de heterogeneidade traz ainda outro ponto importante. Em geral, a parcela mais pobre das cidades brasileiras muitas vezes tem empregos e subempregos do setor terciário nas regiões com alto poder aquisitivo. Esse setor abrange a prestação de serviços em geral, que são funções geralmente ocupadas por

uma parcela da população sem mão de obra qualificada. Em razão disso, muitas pessoas percorrem distâncias elevadas para atravessar suas cidades todos os dias indo de sua casa ao trabalho e vice-versa. Em grande parte dos casos, essas pessoas contam com o transporte público para realizar seus deslocamentos (VILLAÇA, 2011).

As cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, que serão analisadas neste estudo, destacam-se por alguns fatores:

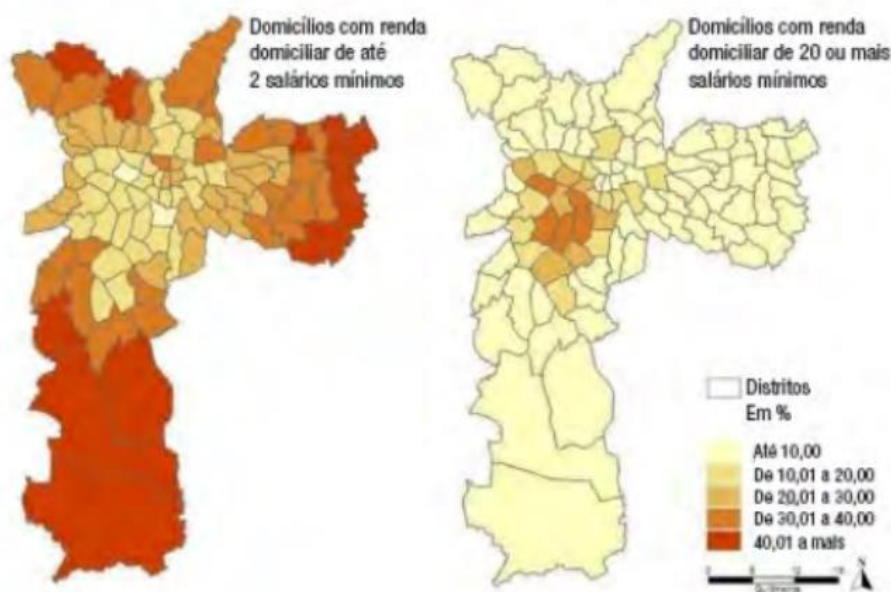
- I. São as duas maiores cidades do país em número de habitantes, o que resulta em fluxos mais intensos e alta densidade demográfica (IBGE, 2020);
- II. As cidades atuaram como porta de entrada da doença e foram algumas das primeiras cidades infectadas (AGUIAR, 2020);
- III. Os aeroportos internacionais de Guarulhos (São Paulo) e do Galeão (Rio de Janeiro) figuram entre os cinco maiores aeroportos do país em volume de passageiros totais e são os dois maiores aeroportos internacionais do Brasil (ANAC, 2019).

3.1 São Paulo

O município de São Paulo possui cerca de 12.176.866 habitantes (IBGE, 2018) e é a cidade mais populosa do país. Seu território abrange uma área de 1.521,11 km², o que resulta numa densidade demográfica de 8.005,25 hab/km².

Em 2018, 45,8% da população possuía emprego formal ou informal (população ocupada). O salário médio mensal dos trabalhadores era de 4,3 salários mínimos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2018). Duas classes de renda familiar por região são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Renda por região no município de São Paulo



Fonte: IBGE (2010)

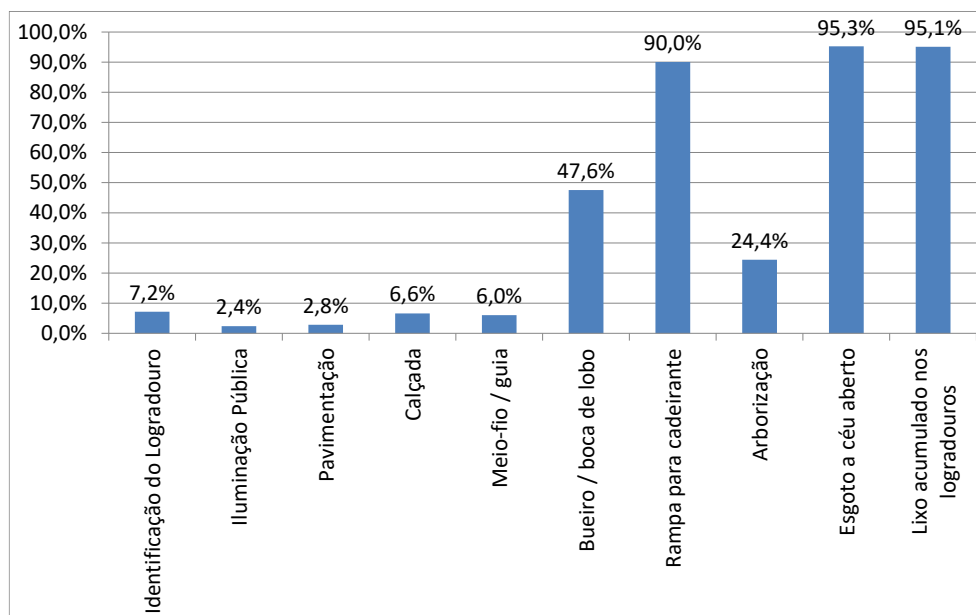
No que diz respeito às condições de moradia, dos 3.365.859 domicílios particulares no município de São Paulo, 93,96% (3.162.571) são moradias adequadas, 6,01% (202.347) são moradias semiadequadas e 0,03% (941) são moradias inadequadas. Sobre as características do entorno, 7,2% não possuem identificação de logradouro, 47,6% não dispõe de bueiro/boca de lobo, 6,6% não possuem calçada e 6% não possuem sequer meio-fio/guia (IBGE, 2010). Todas as variáveis avaliadas pelo IBGE estão representadas na Tabela 1 e na Figura 7.

Tabela 1 - Domicílios da cidade de São Paulo por categoria de infraestrutura pública

	Existe	Não Existe	S/ Declaração
Identificação do Logradouro	3.096.758	241.181	27.920
Iluminação Pública	3.258.313	79.626	27.920
Pavimentação	3.243.609	94.330	27.920
Calçada	3.116.388	221.545	27.926
Meio-fio / guia	3.135.469	202.464	27.926
Bueiro / boca de lobo	1.737.267	1.600.672	27.920
Rampa para cadeirante	307.203	3.030.730	27.926
Arborização	2.516.425	821.514	27.920
Esgoto a céu aberto	131.258	3.206.675	27.926
Lixo acumulado nos logradouros	137.306	3.200.627	27.926

Fonte: IBGE, 2010

Figura 7 – Percentual de domicílios da cidade de São Paulo que não dispõe das seguintes características investigadas pelo IBGE



Fonte: IBGE, 2010

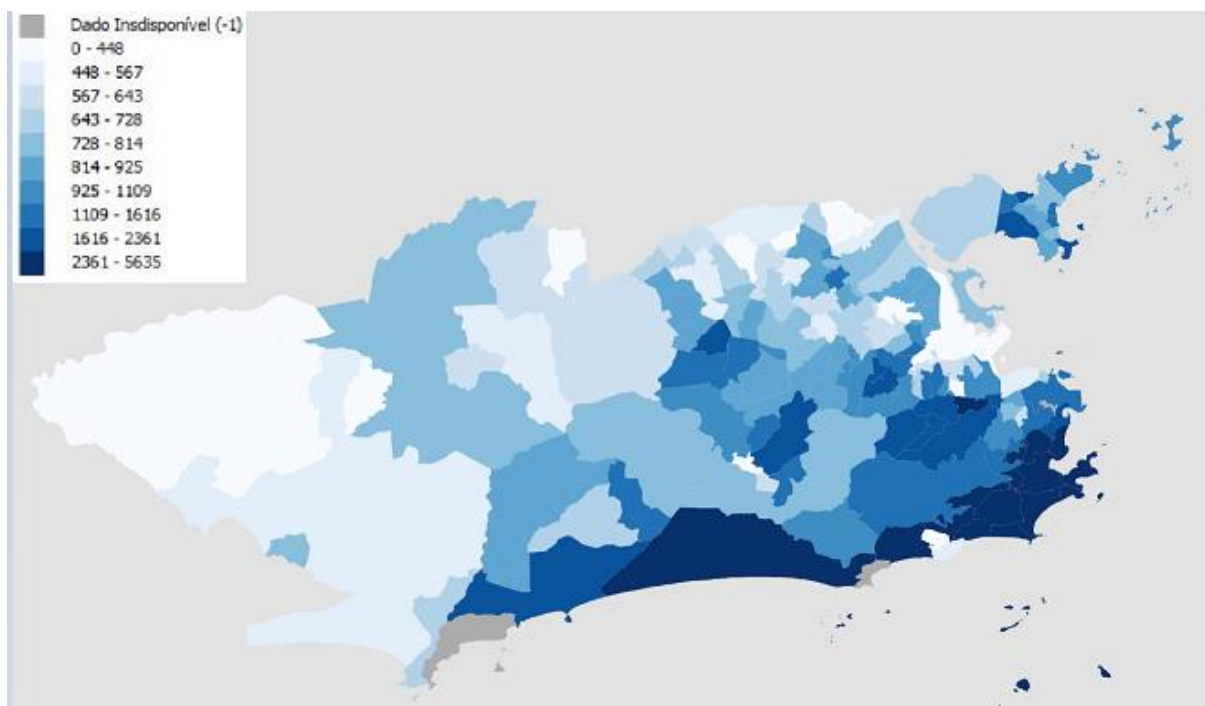
Apesar dos indicadores que demonstram a grande maioria de domicílios adequados, o mapa temático (Figura 6) indica que há diversas regiões na cidade cuja renda familiar média é inferior a 2 salários mínimos (IBGE, 2010).

3.2 Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro possui cerca de 6.688.927 habitantes (IBGE, 2018) e é a segunda cidade mais populosa do país. Seu território abrange uma área de 1.200,33 km², o que resulta numa densidade demográfica de 5.572,57 hab/km².

Em 2018, 37,7% da população possuía emprego formal ou informal (população ocupada). O salário médio mensal dos trabalhadores formais era de 4,2 salários mínimos. Dados de 2010 do Censo Demográfico (IBGE) indicam que 31,4% da população do Rio de Janeiro possuía renda per capita média de até meio salário mínimo por mês. A renda *per capita* média por região é apresentada na Figura 8.

Figura 8 – Mapa de renda média per capita por bairro, em reais, na cidade do Rio de Janeiro



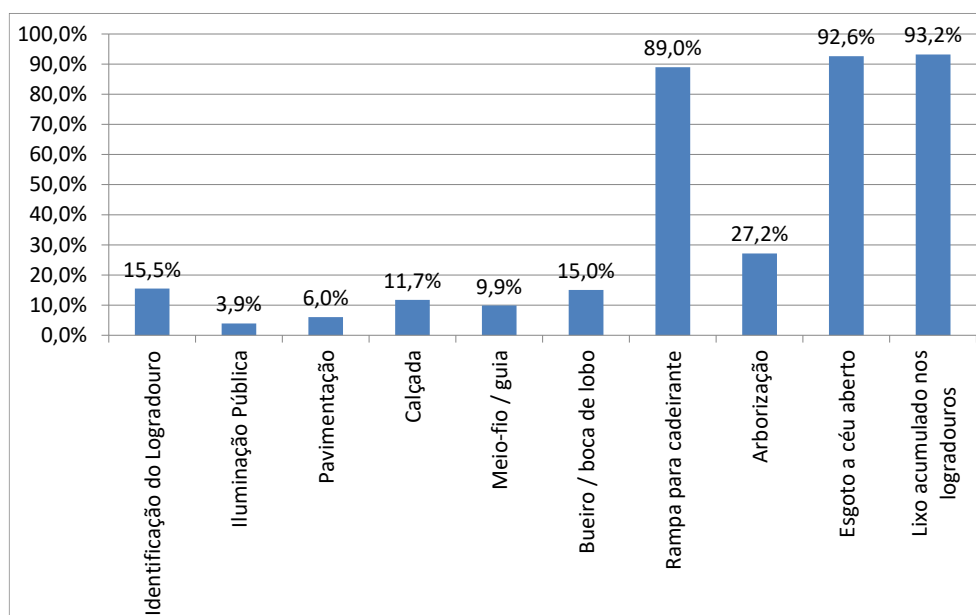
Fonte: Fundação Getúlio Vargas, (IBGE, 2010)

No que diz respeito às condições de moradia, dos 1.883.636 domicílios particulares no município do Rio de Janeiro, 93,79% (1.766.646) se enquadram como moradias adequadas, 6,18% (116.412) são moradias semiadequadas e 0,03% (578) são moradias inadequadas. Sobre as características do entorno, 15,5% dos domicílios não possuem identificação de logradouro, 15% não dispõem de bueiro/boca de lobo, 11,7% não possuem calçada e 9,9% não possuem sequer meio-fio/guia (IBGE, 2010). Todas as variáveis avaliadas pelo IBGE estão representadas na Tabela 2 e na Figura 9.

Tabela 2 - Domicílios da cidade do Rio de Janeiro por categoria de infraestrutura pública

	Existe	Não Existe	S/ Declaração
Identificação do Logradouro	1.547.072	291.953	44.611
Iluminação Pública	1.765.298	73.727	44.611
Pavimentação	1.725.595	113.422	44.619
Calçada	1.618.075	220.942	44.619
Meio-fio / guia	1.653.411	185.606	44.619
Bueiro / boca de lobo	1.555.664	283.353	44.619
Rampa para cadeirante	162.784	1.676.233	44.619
Arborização	1.327.481	511.536	44.619
Esgoto a céu aberto	94.065	1.744.952	44.619
Lixo acumulado nos logradouros	83.022	1.755.995	44.619

Fonte: IBGE, 2010

Figura 9 – Percentual de domicílios da cidade do Rio de Janeiro que não dispõe das seguintes características investigadas pelo IBGE

Fonte: IBGE, 2010

Apesar dos indicadores que demonstram a grande maioria de domicílios adequados, o mapa temático indica que há diversas regiões na cidade cuja renda *per capita* média é inferior a R\$ 728,00 (Fundação Getúlio Vargas, 2010).

4 REVISÃO DO TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL

Os aeroportos se apresentam como dispositivos que têm como finalidade básica promover fluxos volumosos de pessoas entre diversas origens e destinos ao longo de grandes distâncias de âmbito intermunicipal, interestadual e sobretudo internacional. Considerando esse conceito, é um problema tratar de uma doença altamente contagiosa como a Covid-19. Nesse caso, o risco não reside exatamente na aglomeração de pessoas, mas sim na circulação volumosa e rápida em um mesmo espaço físico (AGUIAR, 2020).

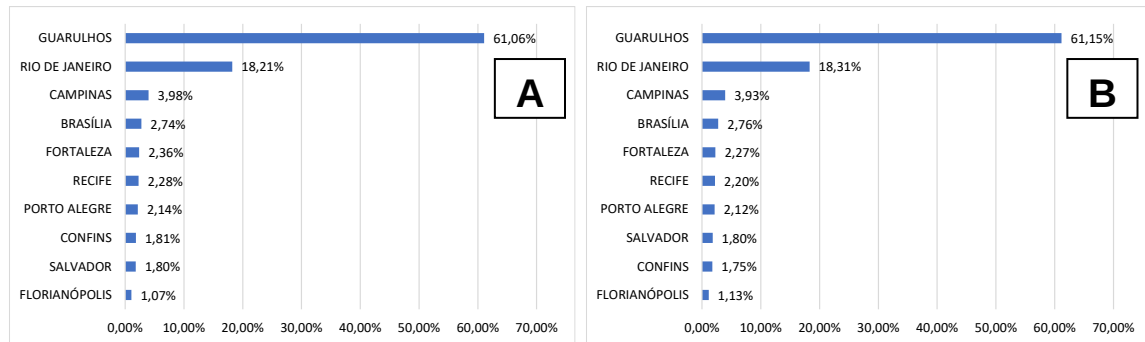
Esse movimento intenso nos aeroportos ocorre principalmente em razão da sua importância do seu papel no mundo globalizado. Sua função não é mais simplesmente operacionalizar embarques, desembarques, chegadas e partidas. Os aeroportos têm ampliado cada vez mais seu modelo de negócios, atraindo empresas, indústrias e comércios para seu interior – movimento que gera impacto não apenas no seu interior, mas também no seu entorno e na malha aérea global. Um dos impactos diretos dessa diversificação, por exemplo, é a enorme quantidade de empregos gerados por um aeroporto (FREESTONE, 2009). Esse movimento de ampliação e diversificação do modelo dos aeroportos embasou a elaboração de alguns modelos-conceito de desenvolvimento orientado, como aeroporto-cidade, aeroporto-corredor e aerotrópolis (FREESTONE; BAKER, 2011).

A importância crescente de se ter uma cidade fisicamente conectada com outras regiões do mundo tem tornado os aeroportos um dos principais acessórios de competitividade entre as grandes metrópoles do mundo. Vale a seguinte lógica: quanto maior for o aeroporto e maior for a sua relevância no cenário econômico e malha aérea mundial, maior será a circulação de pessoas e mercadorias naquela região (BOQUET, 2018).

4.1 Aeroportos brasileiros

São Paulo e Rio de Janeiro abrigam os dois aeroportos internacionais mais movimentados do país. Em volume total de passageiros internacionais, em 2019, o aeroporto de Guarulhos (São Paulo) foi o primeiro colocado do País, com aproximadamente 7,29 milhões de passageiros atendidos dentre origem e destino; e o aeroporto do Galeão (Rio de Janeiro) foi o segundo, com 2,17 milhões. (ANAC, 2019). Esse *ranking* é apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Volumes de embarque (A) e desembarque (B) de passageiros internacionais nos aeroportos brasileiros, 2019, em percentual



Fonte: ANAC, 2019

A atribuição do alto risco de importação do vírus pelas portas de Guarulhos e do Galeão é dada, principalmente, em função dos altos volumes de passageiros transportados e da condição de *hubs* aéreos e conectores de malha em âmbito doméstico e internacional. Por isso, inclusive, o setor de transporte aéreo tem sido tão afetado pelas medidas restritivas ao longo dos meses de 2020 (ICAO, 2020).

No Brasil, os dois maiores exemplos disso são justamente os aeroportos de Guarulhos e Galeão. A Figura 10 representa seus volumes de passageiros e a Figura 11 e Figura 12 demonstram a dimensão da sua conectividade internacional.

Figura 11 – Conectividade internacional do aeroporto de Guarulhos (SP)



Fonte: Concessionária GRU Airport (2021)

Figura 12 – Conectividade doméstica e internacional do aeroporto do Galeão (RJ)



Fonte: Aguiar (2020)

A movimentação de carga pelo modo aéreo não sofreu grande impacto e, em alguns casos, até cresceu em função da necessidade de transporte de materiais de higiene e saúde (NIŽETIĆ, 2020). Em geral, é um modo de transporte mais caro para carga, mas é bastante utilizado quando se trata do transporte de cargas frágeis, resfriadas, ou quando há necessidade de transporte rápido, como as vacinas da Covid-19 que vêm sendo transportadas por meio do modo aéreo (KAUFMANN et al., 2009)

5 MÉTODOS

Por se tratar, essencialmente, de análise de dados e interlocução entre essas variáveis, a execução desta pesquisa foi dividida em quatro linhas: a primeira linha de pesquisa foi a Covid-19 (6.1). Após o levantamento de dados, foi elaborado um resumo do panorama mundial antes da importação da doença para o Brasil. A partir desse cenário macro, apresenta-se a situação nas cidades de São Paulo (6.1.1) e Rio de Janeiro (6.1.2), obtendo a evolução da Covid-19 no âmbito municipal. Em seguida, essa análise é detalhada por regiões de cada cidade e, neste ponto, são apresentados mapas temáticos indicando a concentração de casos por região.

Os métodos e procedimentos para o estudo das duas cidades foi similar. Há de se considerar apenas uma diferença, retratada no item 6.1.1.1, que evidencia a correlação entre os casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) e Covid-19 no município de São Paulo. Isso porque, até o fim da confecção deste trabalho,

não foi possível encontrar dados da Covid-19 segregados por distrito ou bairro de São Paulo. Como opção alternativa, foram utilizados os dados de confirmação da SRAG no mesmo período em que é estudada a evolução dos casos da Covid-19 no município e o item 6.1.1.1 prova a viabilidade dessa correlação.

A segunda linha de pesquisa é referente à demanda pelo transporte aéreo internacional nas rotas com destino ao aeroporto de Guarulhos e Galeão (6.2). A primeira etapa dessa linha foi, novamente, de elaborar um diagnóstico do panorama mundial. Dessa forma, é possível verificar a intensidade do impacto causado pela Covid-19 nos aeroportos estudados. A pesquisa então prossegue para a definição das rotas aéreas de risco, definidas como as “rotas alvo” deste estudo. Em função do que foi delimitado por este estudo, todas as rotas têm como destino Guarulhos (6.2.1) ou Galeão (6.2.2), portanto variam apenas os países de origem. O risco atribuído a cada rota é avaliado em função dos volumes de passageiros e da concentração de casos da Covid-19 no país de origem.

A terceira linha do estudo é a análise da renda domiciliar média por distrito de São Paulo (6.3.1) e bairro do Rio de Janeiro (6.3.2). Em seguida, no item 6.4, é discutido o perfil do viajante internacional em função da renda, como forma de entender como os habitantes que têm costume de viajar para o exterior se distribuem entre as cidades estudadas.

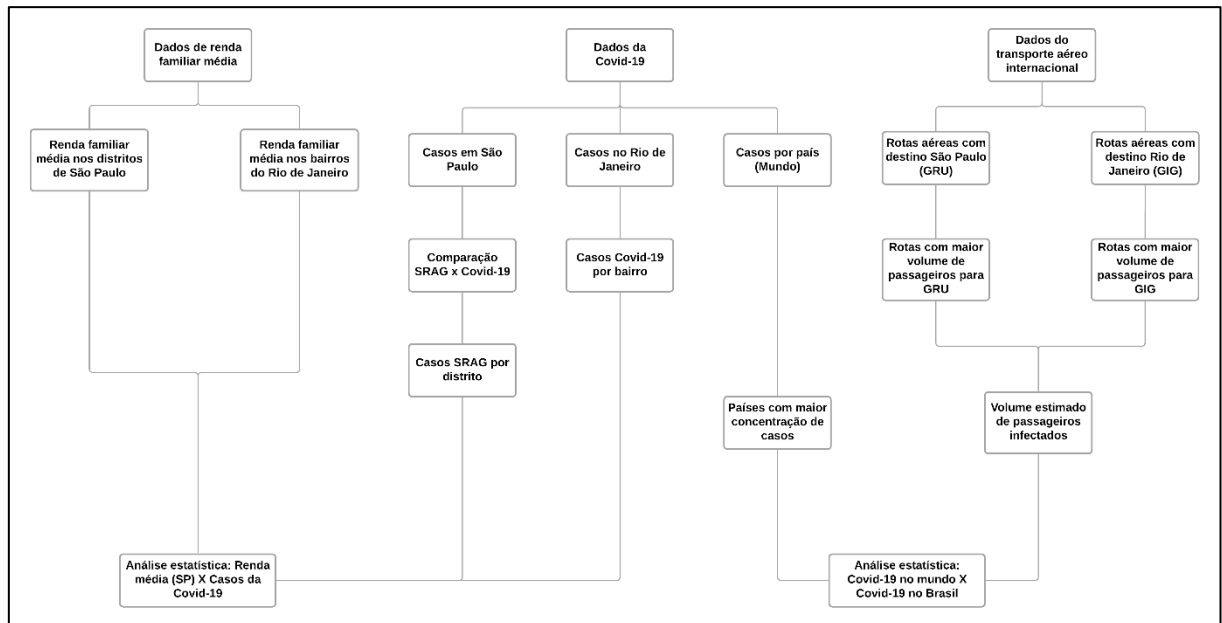
A última etapa do trabalho consistiu em relacionar as variáveis previamente analisadas, sendo elas: Covid-19, demanda aérea internacional e renda média nas regiões. Essa análise foi realizada utilizando ferramentas e conceitos estatísticos, tal qual os gráficos de dispersão e o método de correlação entre variáveis de Pearson.

Os dados levantados foram tratados no Excel, e as análises comparativas/visuais foram realizadas utilizando tabelas, gráficos e mapas gerados por meio do próprio Excel, pelo *software* estatístico geográfico GeoDa e pelo *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Transcad. Após a análise visual, as variáveis obtidas foram avaliadas no *software* estatístico Minitab.

A

Figura 13 apresenta o fluxograma de execução da pesquisa. Os itens a seguir trazem descrições mais amplas sobre os principais processos desenvolvidos na análise.

Figura 13 – Fluxograma de execução da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1 Dados da Covid-19 no mundo

O primeiro passo para a execução da pesquisa foi delimitar a janela temporal de análise dos casos confirmados da doença. Essa etapa foi essencial para organizar as variáveis da pesquisa de forma a garantir eficiência na elaboração da análise, que se dá essencialmente em função do tempo.

O período analisado compreende o intervalo entre 23/02/2020 e 28/03/2020 e foi dividido em cinco semanas de análise. A semana inicial (S1) abrange o primeiro caso de Covid-19 confirmado no Brasil, que ocorreu em São Paulo, no dia 26/02/2020. A última semana (S5) finda exatamente no dia em que foram confirmados casos em todos os estados brasileiros. A Tabela 3 apresenta a relação das semanas. Com as janelas delimitadas, a primeira análise é referente à quantidade de casos confirmados no Brasil e nos países que estabelecem rotas aéreas diretas com o Brasil e com volume de voos relevante.

Tabela 3 – Divisão do período de análise

SEMANA	PERÍODO
S1	23/02/2020 – 29/02/2020
S2	01/03/2020 – 07/03/2020
S3	08/03/2020 – 14/03/2020
S4	15/03/2020 – 21/03/2020
S5	22/03/2020 – 28/03/2020

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados com a quantidade de casos por país e por semana de análise foram obtidos da organização Our World in Data (OWD) (2020). A organização disponibiliza pela internet dados diários relativos à Covid-19 no mundo todo, com exceção de alguns países que não apresentaram dados e são descritos como “*undefined*” (não definido) nos mapas ao longo deste trabalho. Além do total de casos por país, a base de dados contém número de mortes, número de internações, taxa de reprodução da doença, entre outros indicadores. Neste trabalho, foi utilizado o total de casos por milhão de habitantes para cada país, como exibido na Fórmula I. Esse número foi normalizado em função do número de habitantes para viabilizar a comparação entre diferentes países.

$$(I) N_{1000000} = \frac{n^{\circ} \text{ casos} * 1.000.000}{\text{população}}$$

Nos resultados, para cada semana de análise, é informada a média mundial de casos da Covid-19 por milhão de habitantes. Esse indicador é importante para separar os países cuja concentração de casos era alta, ou acima da média, e baixa, ou abaixo da média mundial. Para avaliar a incidência de infectados no território das cidades foi necessário observar dados do número de casos por distrito ou bairro.

No âmbito das cidades brasileiras estudadas, os dados de São Paulo foram coletados pela Secretaria Estadual de Saúde (2020). Os dados do Rio de Janeiro são

disponibilizados pelo Portal DATA.RIO (2020). Esses dados são apresentados em planilhas e trazem a confirmação de casos por dia desde o primeiro caso.

A etapa de tratamento desses dados foi aplicada com o propósito de obter um número que indicasse o crescimento relativo da doença em função da população do distrito e da semana de análise. Buscando obter um indicador que variasse não apenas em função do número de casos, mas também de acordo com a população dos distritos, aplicou-se ao número de casos um fator normalizador para 1.000 habitantes, obtendo, assim, o número de casos/1000 hab (Fórmula II)

$$(II) N_{1000} = \frac{n^{\circ} \text{ casos} * 1.000}{\text{população}}$$

Dessa forma, o indicador normalizado representa, para cada cidade, a média de novos casos por semana a cada 1000 habitantes, ou a taxa média de crescimento por 1000 habitantes. Utilizando esse indicador, foi obtida a evolução municipal da Covid-19 em cada cidade e, em seguida, o crescimento da doença foi plotado em gráficos.

Em maior nível de detalhamento, em seguida foram obtidas as taxas médias de crescimento por 1000 habitantes por bairros das duas cidades. Esses dados foram apresentados em forma de gráficos e mapas.

O processo de obtenção e tratamento dos dados foi similar para as duas cidades estudadas. Em São Paulo, porém, não havia disponibilidade de dados da Covid-19 segregados por bairros, portanto foi necessário estabelecer um paralelo entre os casos da Covid-19 e os casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), conjunto de doenças que inclui a Covid-19.

5.2 Dados da Covid-19 em São Paulo

Os dados da SRAG também são disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde de São Paulo (2020) (SES-SP) e os casos são subdivididos por data e pelos 96 distritos da cidade, portanto, foram estes os dados utilizados para avaliar o crescimento da Covid-19 a cada semana proposta para análise. Os casos acumulados de SRAG por semana de análise também foram plotados em um gráfico e foi obtida uma nova curva de crescimento.

Para tornar possível a utilização dos dados de SRAG em função dos dados da Covid-19, também foram avaliados os casos de SRAG ao longo do mês de janeiro de 2020, e, da mesma forma, os casos acumulados foram aproximados de uma curva em um gráfico. Assim, estabeleceu-se a seguinte contraposição: evolução dos casos de SRAG antes da chegada da Covid-19 a São Paulo contra evolução dos casos de SRAG após a confirmação do primeiro caso da Covid-19. Essa contraposição, quando observada juntamente ao gráfico de evolução da Covid-19 em São Paulo, tem a finalidade de comprovar que a curva de crescimento das doenças do tipo SRAG tomam integralmente o comportamento observado pelo crescimento apenas da Covid-19.

5.3 Dados da Covid-19 no Rio de Janeiro

Os dados de Covid-19 para a cidade do Rio de Janeiro são disponibilizados na internet pelo Portal DATA.RIO. O Portal integra o Sistema Municipal de Informações Urbanas da cidade do Rio de Janeiro (SIURB) e é desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos (IPP) desde 2001, com o objetivo de fornecer informações estatísticas acerca da cidade.

A planilha bruta disponibilizada pelo portal informa cada registro de caso da Covid-19 associados à data de notificação, bairro de residência e evolução do estado do paciente. Para este estudo, foram utilizados apenas os indicadores data de notificação e bairro de residência.

O processo de tratamento dos dados do Rio de Janeiro foi similar ao de São Paulo. Neste caso, porém, o dado fornecido pelo Data.Rio já é referente à própria Covid-19, portanto não foi necessário estudar a viabilidade de utilização de dados tipo SRAG.

5.4 Coleta e análise de dados do transporte aéreo internacional

Os dados foram obtidos pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC). Essas informações foram tratadas em três etapas principais: Contraposição de cenários, Definição das rotas aéreas de risco e Definição do perfil do viajante internacional brasileiro. À medida que as análises são apresentadas, elas são relacionadas aos dados apresentados previamente sobre a pandemia da Covid-19.

5.4.1 Contraposição de cenários: antes e durante a pandemia

Inicialmente, em uma análise global, foram levantados os volumes de voos internacionais com destino GRU e GIG no período entre fevereiro, março e abril de 2019 e 2020. Os dois cenários, antes e depois da pandemia, foram contrapostos para obter a variação da atividade aeroportuária de desembarque internacional nesse período. Os voos domésticos e as partidas internacionais não foram analisados, pois o escopo do trabalho foi de analisar justamente a entrada de viajantes internacionais em São Paulo e Rio de Janeiro.

5.4.2 Definição das rotas aéreas de risco

A segunda etapa consiste em definir as rotas e estratificar a demanda de voos por países de origem. Os países com a maior oferta de assentos para GRU e GIG entre fevereiro, março e abril de 2019 foram ranqueados em dez posições. O *ranking* permitiu destacar os países que mais enviam passageiros para os dois aeroportos brasileiros. Desse *ranking*, foram eliminados da análise os países que, na época, não representavam risco direto da Covid-19 em função da baixa incidência de casos. Foram mantidos na análise os países que: (i) figuravam entre as dez principais origens de voos e (ii) já contavam com número expressivo de casos de Covid-19 em março/2020. Os valores são dados em percentuais para indicar a participação desses países na matriz de desembarques internacionais em Guarulhos e Galeão.

5.4.3 Definição do perfil do viajante internacional brasileiro

O Relatório Executivo “O Brasil que Voa” da Secretaria de Aviação Civil (2015) apresenta uma pesquisa de caracterização e dimensionamento da matriz origem e destino referente ao transporte aéreo brasileiro. No documento, são estimados os percentuais de passageiros brasileiros em voos internacionais de acordo com a sua renda domiciliar (Tabela 4). Esses percentuais foram correlacionados a cada distrito de São Paulo e cada bairro do Rio de Janeiro, tomando como base as médias ponderadas de renda obtidas por meio do Censo Demográfico do IBGE – processo que é descrito no tópico 5.5.

Tabela 4 – Proporção de passageiros internacionais em função da renda

RENDA FAMILIAR	BRASIL
Menor que R\$ 1.448 (Até 2 sm)	1,4%
Entre R\$ 1.449 e R\$ 3.620 (Entre 2 e 5 sm)	7,6%
Entre R\$ 3.621 e R\$ 7.240 (Entre 5 e 10 sm)	15,5%
Entre R\$ 7.241 e R\$ 10.860 (Entre 10 e 15 sm)	12,2%
Entre R\$ 10.861 e R\$ 14.480 (Entre 15 e 20 sm)	10,9%
Entre R\$ 14.481 e R\$ 21.720 (Entre 20 e 30 sm)	9,7%
Entre R\$ 21.721 e R\$ 36.200 (Entre 30 e 50 sm)	6,0%
Maior que R\$ 36.200 (Maior que 50 sm)	3,6%
Não há renda familiar	1,3%
Não quis informar	31,8%

Fonte: Secretaria da Aviação Civil (2015)

Para obter os volumes estimados de passageiros potencialmente infectados com destino São Paulo e Rio de Janeiro ao longo das semanas de análise, as taxas de infecção por um milhão de habitantes de cada país foram proporcionalmente recalculadas para o volume de passageiros referente à rota. Dessa forma, se a demanda pelas rotas entre Estados Unidos e Guarulhos na semana 1 foi de 70.000 passageiros, então a taxa de infecção foi recalculada de 1 milhão de habitantes para 70.000 passageiros. Os volumes estimados de passageiros infectados foram utilizados para as análises estatísticas que são apresentadas na Discussão dos Resultados.

5.5 Renda média dos municípios

O propósito da análise de renda dos municípios é de estabelecer uma relação entre as regiões das cidades e suas condições financeiras. Essa análise, que é apresentada em forma de mapas, fundamentará a elaboração das conclusões do trabalho.

Os dados são do Censo Demográfico (IBGE, 2010), e correspondem à quantidade de domicílios por bairro dentro de cada faixa de rendimento (em salários mínimos). O rendimento domiciliar ou familiar é calculado pela soma de rendimentos mensais de cada indivíduo profissionalmente ativo daquela unidade domiciliar.

Apesar de se tratar de indicadores observados há 11 anos, entende-se que a proporção e distribuição de renda entre os bairros das cidades se mantém. Ou seja, os bairros onde predominam domicílios com maior rendimento continuam sendo os

bairros de maior rendimento, independentemente do valor absoluto dos salários observados.

A tabela de renda familiar média do IBGE é dada pelo modelo de distribuição de frequência. O IBGE estabelece 8 classes de indicadores de salário mínimo por distrito. Para cada classe, é registrada a quantidade, ou “frequência”, de domicílios correspondentes. A cidade de São Paulo tem 96 distritos. As classes de salário mínimo são:

- Até meio salário mínimo;
- De meio a um salário mínimo;
- De um a dois salários mínimos;
- De dois a cinco salários mínimos;
- De cinco a dez salários mínimos;
- De dez a vinte salários mínimos;
- Maior que vinte salários mínimos;
- Sem rendimento;
- Sem declaração.

Para obter um número que representasse o rendimento médio domiciliar em cada distrito, foi calculada a média ponderada dos valores por meio da seguinte fórmula:

$$(III) Mp = \frac{\sum X.f}{\sum f},$$

onde X são os salários médios (classes) e f são a quantidade de domicílios em cada classe (pesos). A média ponderada de rendimento para cada bairro ou distrito foi utilizada para a geração dos mapas temáticos que serão apresentados na seção Resultados.

O procedimento descrito foi exatamente igual para as cidades São Paulo e Rio de Janeiro. São Paulo tem 96 distritos e o Rio de Janeiro tem 160 bairros. A opção pelos distritos de São Paulo se deve ao fato de que a compartimentação geralmente utilizada na literatura para tratar do território de São Paulo é feita pelos distritos. Da mesma forma, as análises de SRAG e renda encontradas são subdivididas pelos distritos, e não pelos bairros.

5.6 Aplicação do modelo estatístico de Pearson

Para avaliar a influência dos países europeus e norte-americanos que foram destacados como possíveis predecessores da Covid-19 em março de 2020, foi executado o método estatístico de Correlação de Pearson.

A Correlação de Pearson (α) permite testar relações entre variáveis quantitativas, supondo que elas ocorram de forma linear, isto é, Y varia proporcionalmente à variação de X. Para este estudo, essa hipótese de variação linear foi testada no *software* estatístico Minitab. A matriz de resultados fornece dois indicadores que serão utilizados para avaliar o resultado: a correlação de Pearson e o valor-p.

A correlação de Pearson (α) exprime o grau de relação entre as variáveis X e Y, podendo variar entre -1 e 1. Quando este indicador é próximo de 1 positivo, significa que as duas variáveis pareadas estabelecem relação linear forte para o mesmo sentido de incremento. Da mesma forma, quando este valor se aproxima de -1, há relação forte, mas para sentidos contrários de incremento. Se a correlação de Pearson se aproxima de zero, isso indica que não há correlação ou que essa relação é baixa entre as duas variáveis (MIOT, 2018).

O valor-p (p) testa a hipótese nula de que não há correlação entre as variáveis pareadas. Se $p=0$, a hipótese nula é rejeitada. O intervalo de confiança (IC) utilizado no modelo foi de 95%, ou seja, se o valor-p obtido for maior que 0,05, a hipótese nula é aceita e as amostras são invalidadas. Se o valor-p obtido for menor que 0,05, significa que há correlação entre as duas amostras testadas.

6 RESULTADOS

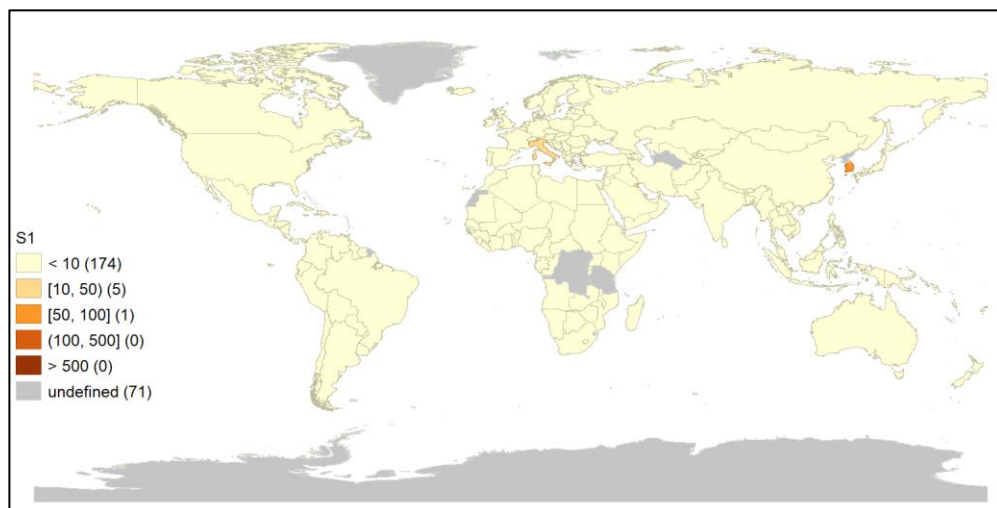
As análises consistem em uma linha de raciocínio partindo da interpretação do macro para o micro, isto é, do cenário mais abrangente para a situação restrita e detalhada dos objetos estudados. Essa ideia foi essencial para a execução do projeto ao passo em que ajuda a delimitar as variáveis do estudo. Portanto, esta Seção apresenta primeiro os resultados referentes ao rastreamento da Covid-19 até a chegada ao Brasil e, após a doença ter se instalado no país, coube analisar a distribuição dos primeiros casos por região das cidades – em particular, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

6.1 A fase de importação da Covid-19

Utilizando a quantidade de casos da Covid-19 a cada milhão habitantes por país e por semana de análise, foi elaborada uma tabela ranqueada que indica os países com maior incidência de casos da doença para os períodos analisados. Essa verificação preliminar foi realizada com o intuito de identificar os países que serão considerados nos próximos passos deste trabalho. Os países alvo foram aqueles que, além de apresentar alta incidência de novos casos da doença, também estabeleceram rotas aéreas diretas com os aeroportos GRU e GIG.

Na semana 1, os novos casos por milhão de habitantes eram superiores na Ásia e Oriente Médio, mas com indicadores ainda relativamente baixos (Figura 14). A média mundial na semana 1 era de 0,79 casos por milhão de habitantes. Os países acima da média ocupavam as 21 primeiras posições no ranking em ordem decrescente de casos, com a Coreia do Sul em primeiro lugar, com quase 53 casos novos por milhão de habitantes; e os Emirados Árabes Unidos (EAU) em 21º, com 0,81 casos por milhão. A China, de onde emergiu a pandemia a partir do final de 2019, aparece em 12º, com 1,63 casos por milhão de habitantes. Dos países europeus, estavam acima da média mundial a Itália (5º), a Suíça (11º), a França (15º) e a Espanha (20º). Alemanha, Inglaterra, Holanda e Estados Unidos ocupavam respectivamente as posições 24, 26, 35 e 48. O Brasil estava em 52º, com apenas 0,01 novos casos por milhão de habitantes.

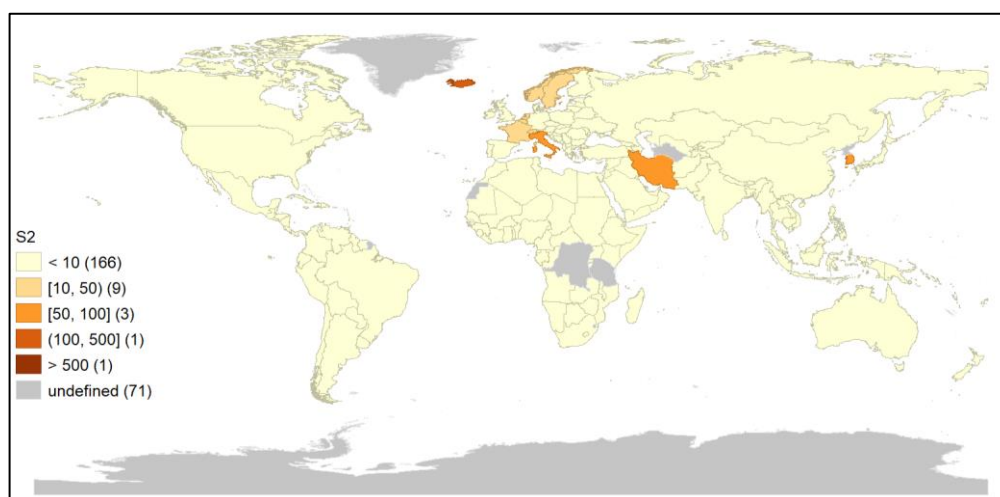
Figura 14 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 1



Fonte: Produzido pelo autor

A média global na semana 2 se elevou para 5,16 novos casos por milhão (Figura 15). 21 países tinham taxas acima da média, dentre eles, países europeus como a Itália, que passou da 5ª posição para a 4ª com 78 novos casos por milhão e França (12º), Holanda (14º), Espanha (15º), Alemanha (16º) e Inglaterra (21º) apresentavam índices entre 5 e 12 novos casos. Os Estados Unidos ocupavam a 44ª posição, com 1,14 novos casos. Com a elevação dos índices nos países asiáticos e europeus, o Brasil caiu para a 78ª posição com 0,05 novos casos por milhão.

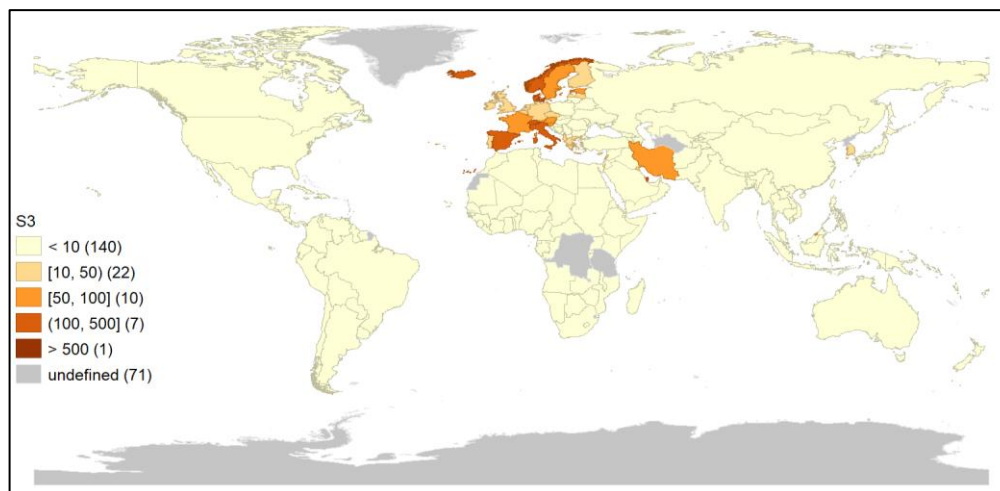
Figura 15 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 2



Fonte: Produzido pelo autor

A média na semana 3 foi de 17,35 novos casos por milhão de habitantes e 31 países já contabilizavam taxas acima da média mundial (Figura 16). Entre 08/03/2020 e 14/03/2020, a Itália já ocupava a terceira posição no ranking, com 252 novos casos por milhão. A Suíça e Espanha ocupavam a sexta e sétima posição respectivamente, com 126 novos casos cada. Os países europeus acima da média continuavam sendo França (18º), Alemanha (19º), Holanda (20º) e Inglaterra (24º). Os Estados Unidos ocupavam a 44ª posição, com índice de 7,78, e o Brasil ocupava a 82ª, com 0,65 casos novos por milhão.

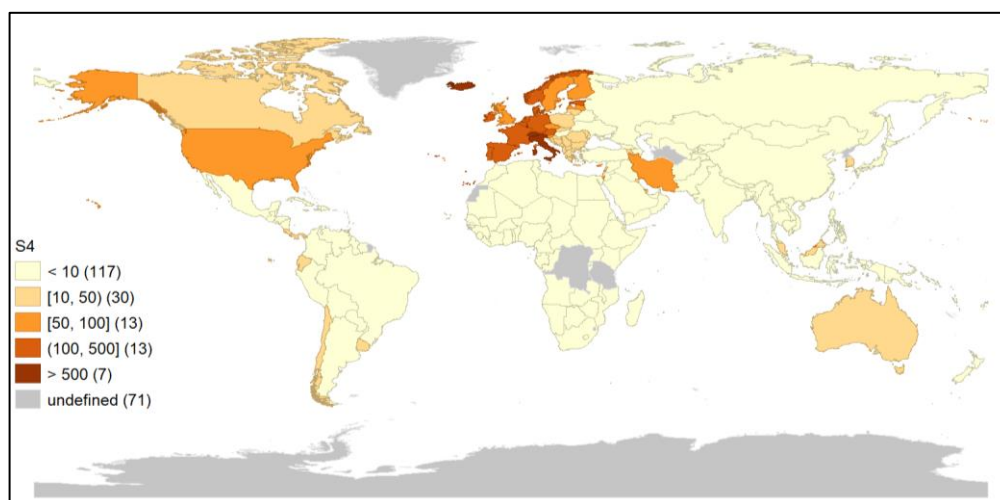
Figura 16 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 3



Fonte: Produzido pelo autor

A média na semana 4 foi de 45 casos novos por milhão de habitantes e 35 países estavam acima dessa média (Figura 17). Dentre eles, estão os países europeus Suíça (6º), Itália (7º), Espanha (8º), Alemanha (11º), Holanda (14º), França (15º), Portugal (19º) e Inglaterra (23º). Os Estados Unidos ocupavam a 28ª posição e o Brasil estava em 84º, com 4 novos casos por milhão de habitantes.

Figura 17 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 4

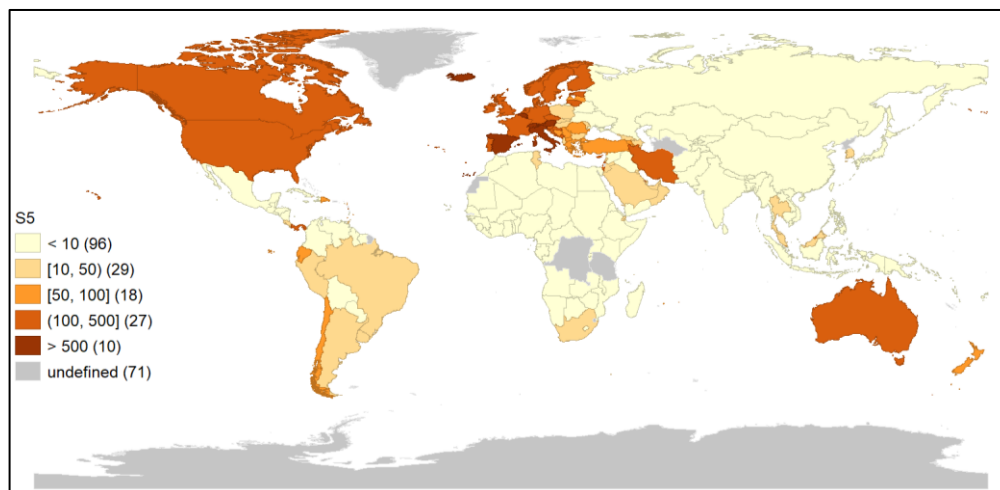


Fonte: Produzido pelo autor

Na última semana do período analisado, entre 22/03/2020 e 28/03/2020, a média observada no mundo já alcançava 84 novos casos por milhão de habitantes (Figura 18). Apesar disso, o Brasil, em 77º lugar, ainda estava bem abaixo desse

número, com 14 novos casos por milhão. Entretanto, dentre os 39 países que figuravam acima da média, estavam Espanha (5º), Suíça (6º), Itália (8º), Alemanha (12º), Portugal (13º), Holanda (14º), França (15º), Estados Unidos (19º) e Inglaterra (20º).

Figura 18 - Casos da Covid-19 no mundo, semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

A Tabela 5 apresenta um resumo da análise supracitada. Na tabela, são apresentados os casos acumulados da Covid-19 por milhão de habitantes ao final da semana 5, a fim de indicar a concentração de casos por país e obter um panorama mundial dos polos da doença. A média mundial de casos acumulados ao fim da semana 5 era de 159 casos por milhão de habitantes e 36 países estavam acima desse valor. Essa média foi utilizada como nota de corte para avaliar a influência exercida por esses países sobre o Brasil. São listados apenas os países que figuravam acima da média de casos no fim da semana 5.

A partir dessa análise, foi possível constatar que no período entre 23/02/2020 e 28/03/2020, a Covid-19 se espalhou consideravelmente pelo mundo, sobretudo no continente europeu e norte americano. Essa conclusão corresponde ao observado na revisão bibliográfica, que aponta que, após a descoberta do vírus, a doença passou a assolar a Europa a partir do mês de fevereiro de 2020 (RIBEIRO et al., 2020). Também é possível notar que, mesmo na semana 5, os países da América do Sul, inclusive o Brasil, ainda eram relativamente pouco afetados pela doença. No dia 28/03/2020, data na qual foram confirmados casos de Covid-19 em todos os estados brasileiros, o país somava 3.904 casos acumulados, mas ocupava apenas a 80ª posição no ranking mundial de novos casos em relação à sua população.

Tabela 5 – Países do mundo com maiores concentrações de Covid-19 ao fim da semana 5

Posição	País	Casos/milhão hab. (até 28/03/2020)	Posição	País	Casos/milhão hab. (até 28/03/2020)
1º	San Marino	6.600	19º	Israel	451
2º	Andorra	3.986	20º	Irã	421
3º	Luxemburgo	2.925	21º	Dinamarca	408
4º	Islândia	2.822	22º	Inglaterra	398
5º	Suíça	1.626	23º	Estados Unidos	378
6º	Espanha	1.566	24º	Suécia	363
7º	Itália	1.528	25º	Malta	337
8º	Liechtenstein	1.468	26º	Eslovênia	329
9º	Mônaco	1.070	27º	Bahrain	280
10º	Áustria	918	28º	Brunei	274
11º	Bélgica	788	29º	República Tcheca	246
12º	Noruega	741	30º	Finlândia	210
13º	Alemanha	688	31º	Qatar	205
14º	França	577	32º	Chipre	204
15º	Holanda	573	33º	Panamá	182
16º	Portugal	507	34º	Coréia do Sul	176
17º	Irlanda	489	35º	Letônia	162
18º	Estônia	486	36º	Croácia	160

Fonte: Produzido pelo autor

Dessa forma, fica caracterizado o cenário que é trabalhado neste estudo. Enquanto o Brasil tem quantidade relativamente baixa de casos, alguns dos países com os quais tem voos diretos figuram entre os mais infectados pela doença no mês

de março de 2020. As rotas aéreas internacionais com maior volume de passageiros são detalhadas no item 6.2.

Na sequência do detalhamento dos dados, nos dois próximos tópicos os índices de Covid-19 são detalhados pelas cidades estudadas e em seus bairros.

6.1.1 São Paulo

Para avaliar o crescimento da doença em cada distrito de São Paulo foi necessário utilizar a base de dados da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG). Esses dados tratam de um conjunto de doenças respiratórias dentre as quais é incluída a Covid-19. Dessa forma, por meio da tendência de crescimento dos casos tipo SRAG, é possível identificar a influência da Covid-19 no panorama municipal.

Para legitimar a correlação entre as taxas de crescimento de casos da Covid-19 e SRAG, foi elaborada uma análise de evolução para os casos notificados de SRAG em dois momentos, descritos abaixo:

1. Entre 01/01/2020 e 04/02/2020 (35 dias), quando ainda não havia casos confirmados de Covid-19 no Brasil, e
2. Durante o período das cinco semanas analisadas (35 dias), a partir da semana de confirmação do primeiro caso da Covid-19.

Essa análise de evolução também foi elaborada para o conjunto de casos da Covid-19 na totalidade do território de São Paulo (Tabela 8).

Tabela 6 – Casos de SRAG em São Paulo, antes da pandemia (janeiro/2020)

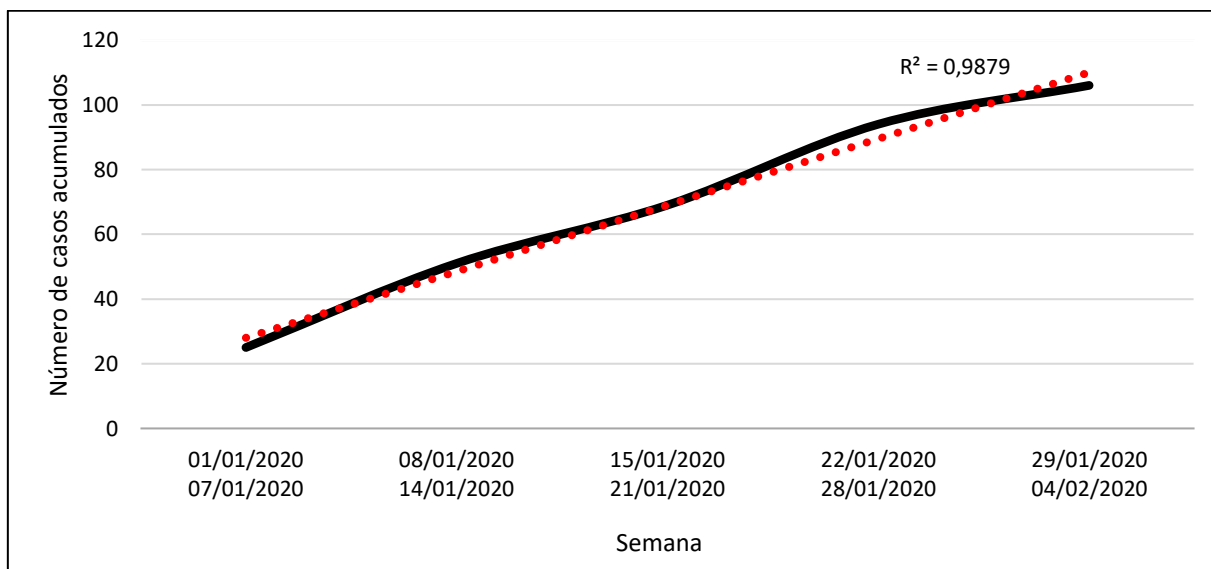
Semanas	Novos	Acumulados	% Variação
01/01/2020 - 07/01/2020	25	25	-
08/01/2020 – 14/01/2020	26	51	104,00%
15/01/2020 - 21/01/2020	18	69	35,29%
22/01/2020 - 28/01/2020	25	94	36,23%
29/01/2020 - 04/02/2020	12	106	12,77%

Fonte: SES-SP (2020). Adaptado pelo autor

A Figura 19 apresenta a curva de crescimento dos casos de SRAG em São Paulo em janeiro de 2020, antes da Covid-19 se instaurar no Brasil. O perfil exponencial da curva é referendado pelo fator R^2 , que indica o ajuste dos pontos plotados em relação à

curva modelo perfeita. Quanto mais próximo do número 1, melhor os pontos plotados se ajustam ao modelo.

Figura 19 – Evolução dos casos de SRAG em São Paulo, antes da pandemia (janeiro/2020)



Fonte: Produzido pelo autor

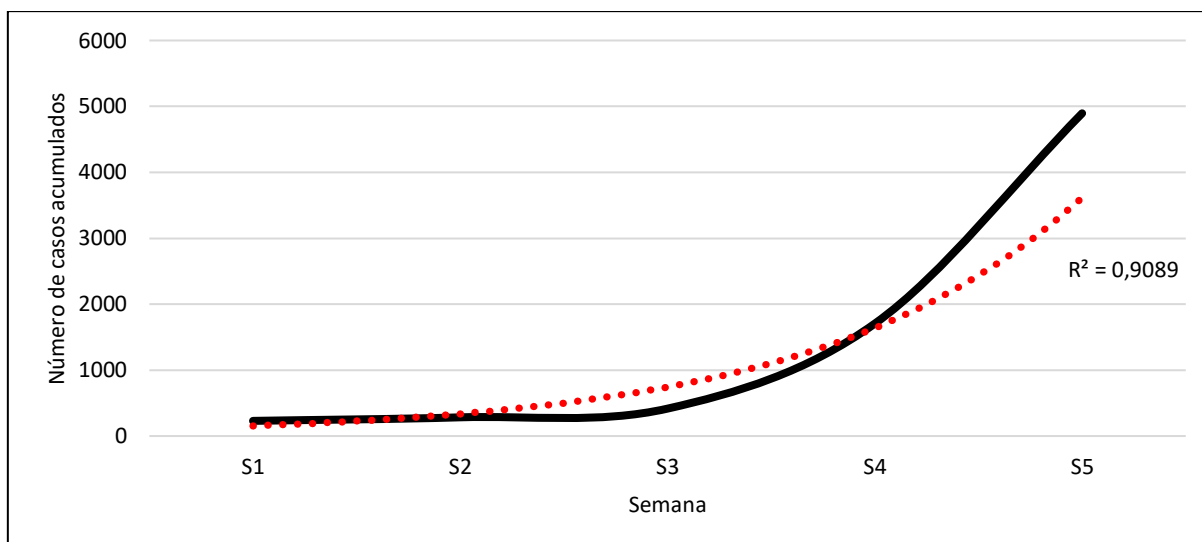
Observando o comportamento de casos da SRAG ao longo de janeiro de 2020, no mês anterior da eclosão da Covid-19 em território brasileiro, é evidente o comportamento linear de crescimento. A aproximação da curva ao modelo linear obteve um R^2 muito próximo de 1. Isso indica que, em um ambiente sem Covid-19, as notificações de doenças respiratórias do tipo SRAG em São Paulo cresciam em ritmo linear.

Tabela 7 – Casos de SRAG em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19

Semanas de análise	Novos	Acumulados	% Variação
S1	-	230	-
S2	54	284	23,48%
S3	132	416	46,48%
S4	1290	1706	310,10%
S5	3189	4895	186,93%

Fonte: SES-SP (2020). Adaptado pelo autor

Figura 20 – Evolução dos casos de SRAG em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19



Fonte: Produzido pelo autor

A partir de 23/02/2020, data inicial da semana um, nota-se que a evolução nos números de casos de SRAG adquirem ritmo exponencial de crescimento. A alteração no ritmo de crescimento do conjunto de doenças SRAG possivelmente ocorre em decorrência da inserção da Covid-19.

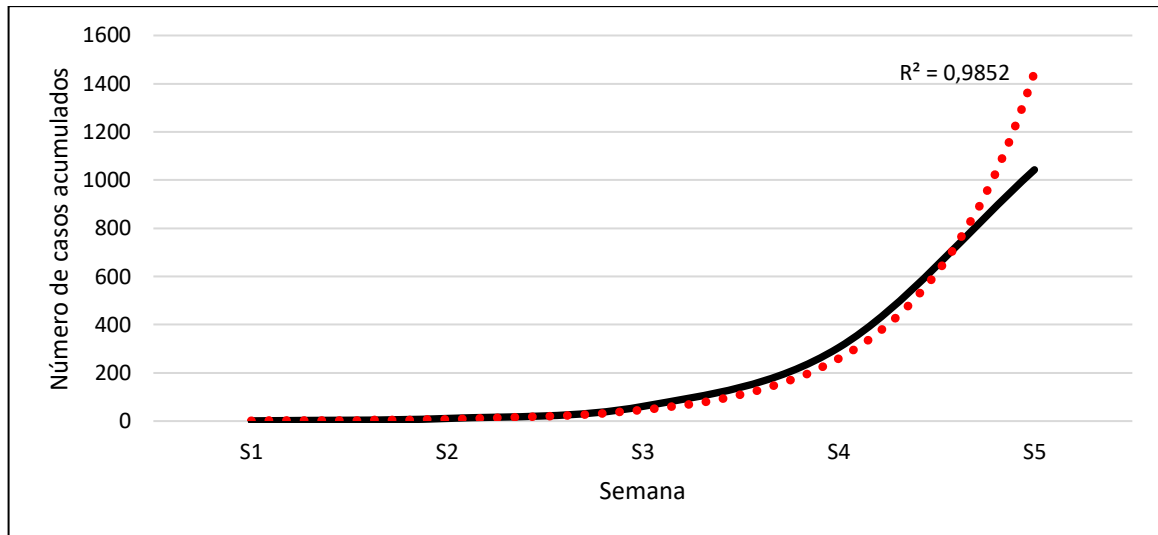
O panorama municipal da Covid-19 em São Paulo foi elaborado utilizando os dados da própria Covid-19, que apresentam apenas o total no município a cada dia. A Tabela 8 e a Figura 21 apresentam a evolução dos casos de Covid-19 na cidade de São Paulo. Nota-se que a curva de crescimento também se aproxima quase perfeitamente do modelo exponencial ($R^2 = 0,98$), assim como ocorre com o comportamento da SRAG logo após a instalação da Covid-19 no município.

Tabela 8 – Casos de Covid-19 em São Paulo por semana

Semanas de análise	Novos	Acumulados	% Variação
S1	1	1	-
S2	10	11	1000,00%
S3	50	61	454,55%
S4	244	305	400,00%
S5	738	1043	241,97%

Fonte: SES-SP (2020). Adaptado pelo autor

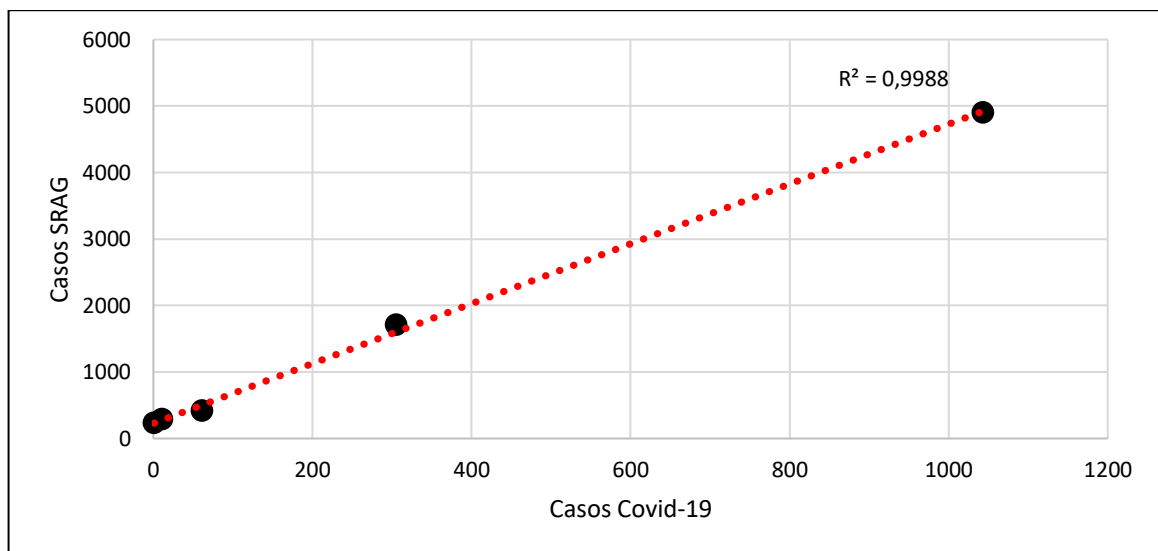
Figura 21 – Evolução dos casos de Covid-19 em São Paulo, após o primeiro caso de Covid-19



Fonte: Produzido pelo autor

A avaliação do crescimento dos dois tipos de doença no mesmo período indica que pode haver relação entre elas, uma vez que a Covid-19 é incluída dentro do conjunto das doenças SRAG. Para evidenciar que, de fato, há correlação entre elas, foi realizada uma análise de dispersão entre as duas variáveis. No eixo x da Figura 22 estão representados os casos de Covid-19 por semana de análise e, no eixo y, estão representados os casos de SRAG notificados em São Paulo no mesmo período.

Figura 22 – Comparação: casos Covid-19 versus SRAG em São Paulo (S1 a S5)



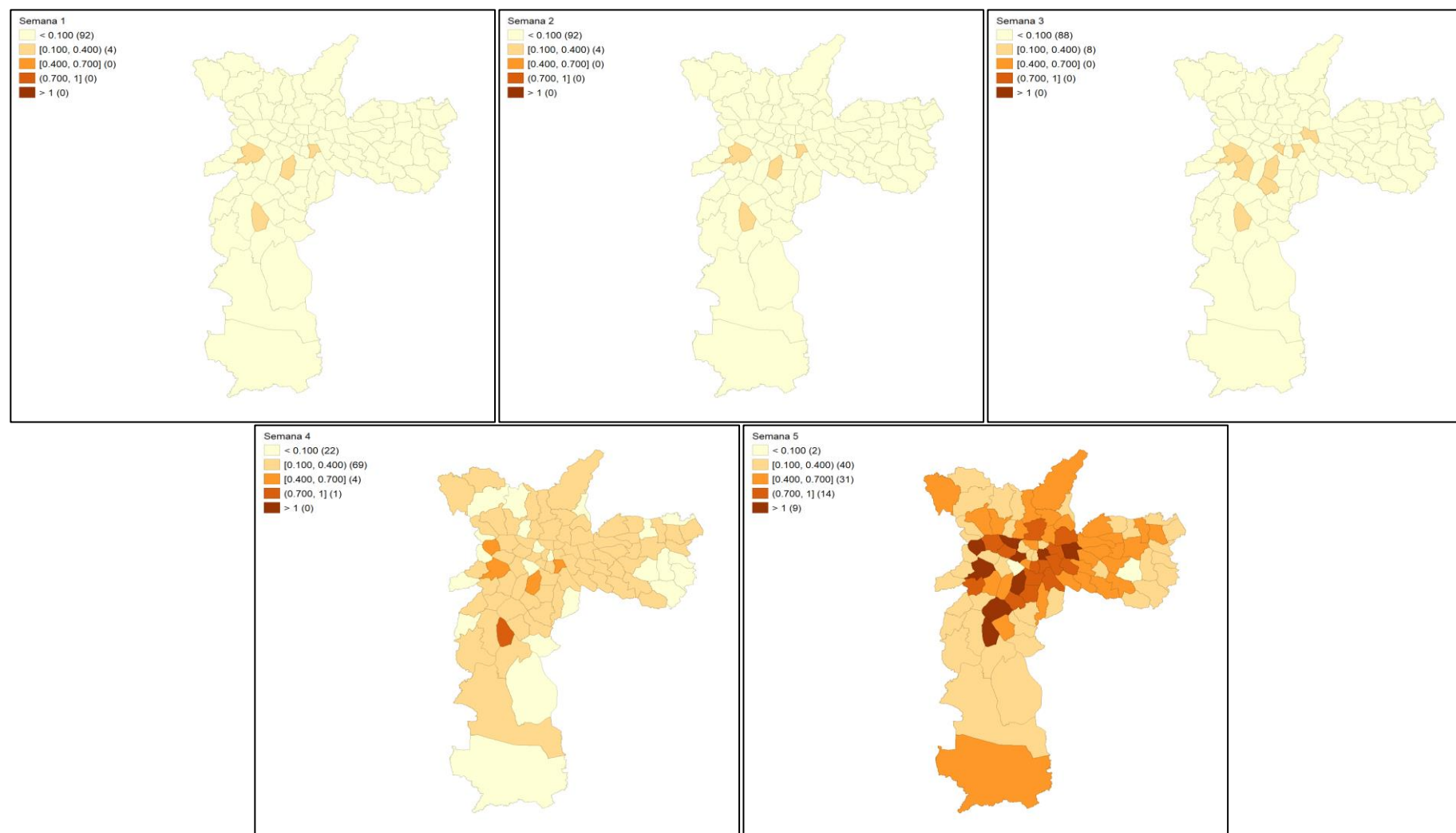
Fonte: Produzido pelo autor

A correlação linear (R^2 muito alto, próximo a 1) entre a quantidade de casos das duas doenças indica que ambas as variáveis crescem mutuamente de forma proporcional. As análises supracitadas, portanto, indicam que, de fato, no momento em que a Covid-19 passou a ser abarcada no conjunto da SRAG, o vírus pandêmico passou a ditar o ritmo de crescimento da curva.

Na semana um, houve a notificação do primeiro caso da doença. Na semana dois já havia dez novos casos, um crescimento de 1000% em relação à semana um. Nas semanas seguintes as taxas de crescimento foram da ordem de 400% e 200%, o que indica que o número de infectados mais que dobrava a cada semana.

A análise de casos detalhada por distrito de São Paulo indica as regiões que obtiveram maiores crescimentos nas notificações de SRAG nas semanas subsequentes à chegada da Covid-19 na cidade, o que, por consequência, reflete o crescimento da própria Covid-19 (Figura 23).

Figura 23 – Concentração de casos da SRAG por mil habitantes, por semana de análise



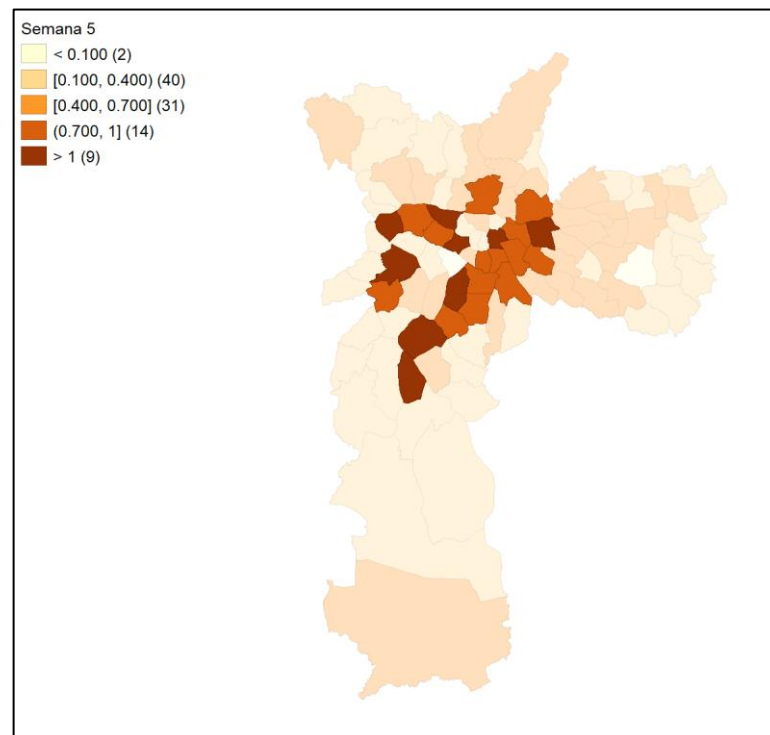
Fonte: Produzido pelo autor

Entre as duas primeiras semanas não houve alterações notáveis na concentração de casos SRAG por mil habitantes nos distritos. A partir da semana três, alguns distritos na região central começaram a se destacar.

Na semana quatro, quando ocorreu um aumento de 400% no número de casos da Covid-19 e 310% no número de casos da SRAG, nota-se um salto no mapa temático. Nessa semana, os distritos do Centro da cidade que já haviam se destacado na semana anterior subiram novamente de classe, como Socorro (1,91 casos/1000 hab.), Moema (1,71 casos/1000 hab.), Vila Leopoldina (1,06 casos/1000 hab.), Butantã (1,46 casos/1000 hab.) e Cambuci (0,87 casos/1000 hab.). A maior parte dos distritos de São Paulo que antes figuravam na classe mais inferior (entre 0 e 0,100 casos/1000 hab.) subiram um nível, somando entre 0,100 e 0,400 casos/1000 hab.

Na semana cinco, quando a Covid-19 já se encontrava em São Paulo há um mês, nove distritos já acumulavam pelo menos um caso SRAG a cada 1000 habitantes. Outros 14 distritos apresentavam concentração entre 0,7 e 1 caso por mil. Esses 23 distritos correspondem a quase 24% do total de distritos da cidade e todos são localizados na região central do território de São Paulo, como mostra a Figura 24.

Figura 24 – Distritos com maior concentração de casos de SRAG ao final da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Como será apresentado no tema Renda, esses distritos da região central de São Paulo correspondem exatamente aos distritos com maior potencial econômico da cidade, como Socorro, Moema, Butantã, Tatuapé, Barra Funda, Vila Leopoldina, Santo Amaro e Consolação.

6.1.2 Rio de Janeiro

Os dados da Covid-19 na cidade do Rio de Janeiro foram utilizados inicialmente para evidenciar o crescimento no número de casos da doença na cidade. Como o dado disponibilizado pelo sistema DATA.RIO é detalhado por bairros, os mapas temáticos foram elaborados baseados apenas nos dados da Covid-19 e, portanto, não houve necessidade de viabilizar a sua comparação ao conjunto das SRAG. Apenas para conhecimento, foi elaborada uma breve análise de crescimento dos casos da Covid-19 por semana analisada, a partir da semana um.

Tabela 9 – Casos de Covid-19 no Rio de Janeiro, após a confirmação do primeiro caso no país

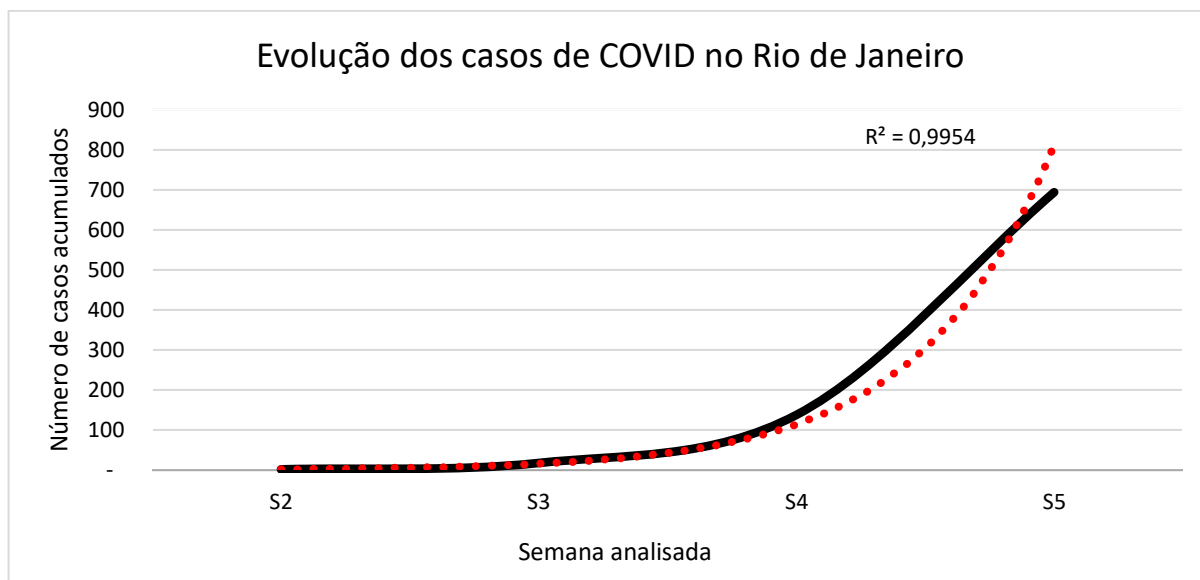
Semanas de análise	Casos de Covid-19 no município do Rio de Janeiro		
	Novos	Acumulados	% variação
S1	-	-	-
S2	2	2	200,00%
S3	16	18	800,00%
S4	120	138	666,67%
S5	556	694	402,90%

Fonte: Portal DATA.RIO (2020). Adaptado pelo autor

No Rio de Janeiro, os primeiros casos da doença aparecem a partir do dia 05/03/2020 (semana 2). Assim como em São Paulo, o crescimento da Covid-19 ocorre de forma exponencial. O R^2 de 0,99 no gráfico da Figura 25 evidencia a confiabilidade do modelo exponencial para essa análise. A

Figura 26 apresenta a evolução do número de casos em cada bairro do Rio de Janeiro por semana de análise.

Figura 25 – Evolução dos casos de Covid-19 no Rio de Janeiro, após a confirmação do primeiro caso no país

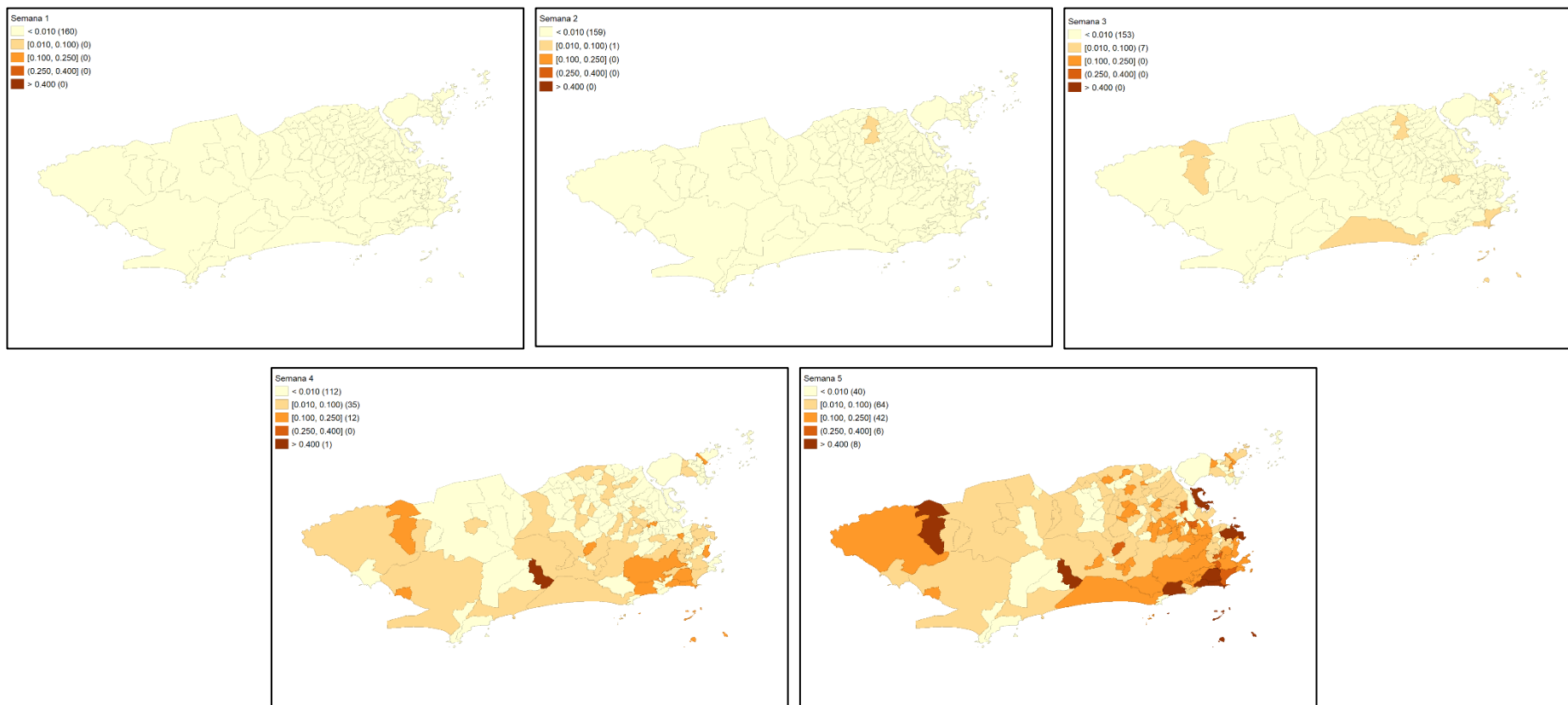


Fonte: Produzido pelo autor

O Rio de Janeiro não contabilizou nenhum caso durante a primeira semana delimitada pelo estudo. A partir da semana 2, alguns bairros começam a se destacar pela concentração de casos da Covid-19. Na semana 3, dos seis bairros com maior número de casos confirmados da Covid-19, três deles estão na região litorânea: Ipanema (0,07 casos/1000 hab.), Copacabana (0,03 casos/1000 hab.) e Barra da Tijuca (0,02 casos/1000 hab.). A concentração média na semana 3 era de 0,002 casos a cada 1000 habitantes.

A partir da semana 4, quando a doença já havia se espalhado por grande parte do território municipal, alguns poucos bairros ainda se destacavam entre os demais. Na semana 5, a média municipal de casos por 1000 habitantes era de 0,11. Os dez bairros com maior concentração de casos nesse período apresentavam taxas entre 0,34 e 0,64 casos de Covid-19 a cada mil habitantes.

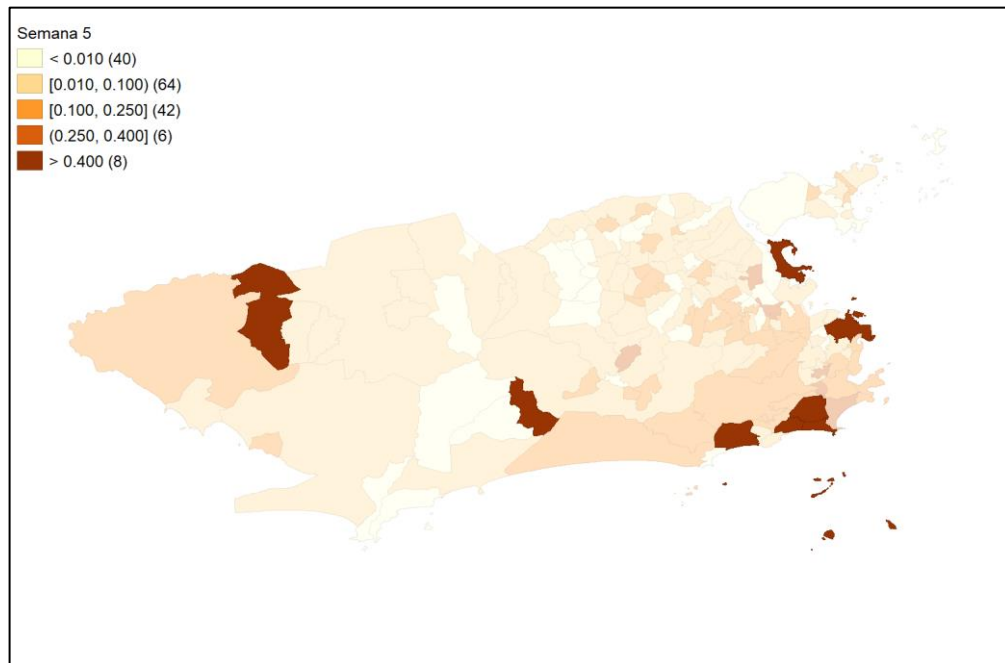
Figura 26 – Concentração de casos da Covid-19 por mil habitantes, por semana de análise



Fonte: Produzido pelo autor

Os dez bairros com maior concentração de casos acumulados na semana 5 são apresentados na Figura 27. Dentre eles, estão Lagoa, Ipanema, Leblon, São Conrado e Copacabana, alguns dos bairros de maior potencial econômico da cidade.

Figura 27 – Bairros com maior concentração de casos de Covid-19 no Rio de Janeiro ao final da semana 5

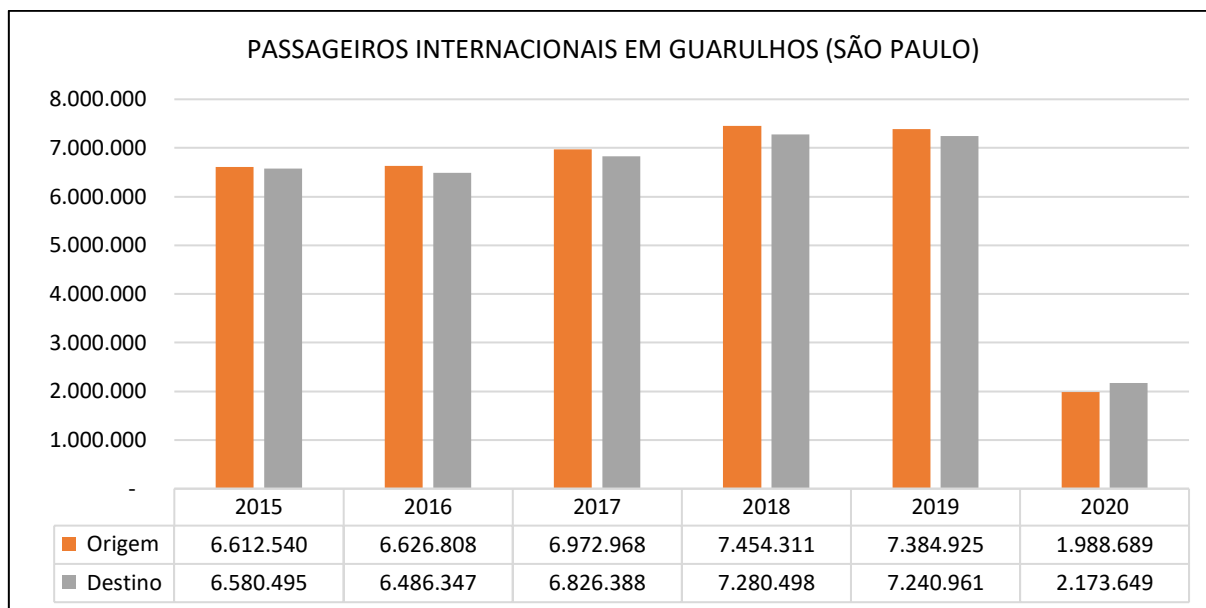


Fonte: Produzido pelo autor

6.2 Estudo do transporte aéreo internacional

Como forma de contextualizar o leitor a respeito do transporte aéreo internacional nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, a primeira etapa desta pesquisa apresenta a série histórica de passageiros internacionais que embarcaram ou desembarcaram nos aeroportos Guarulhos e Galeão nos últimos cinco anos (ANAC, 2021).

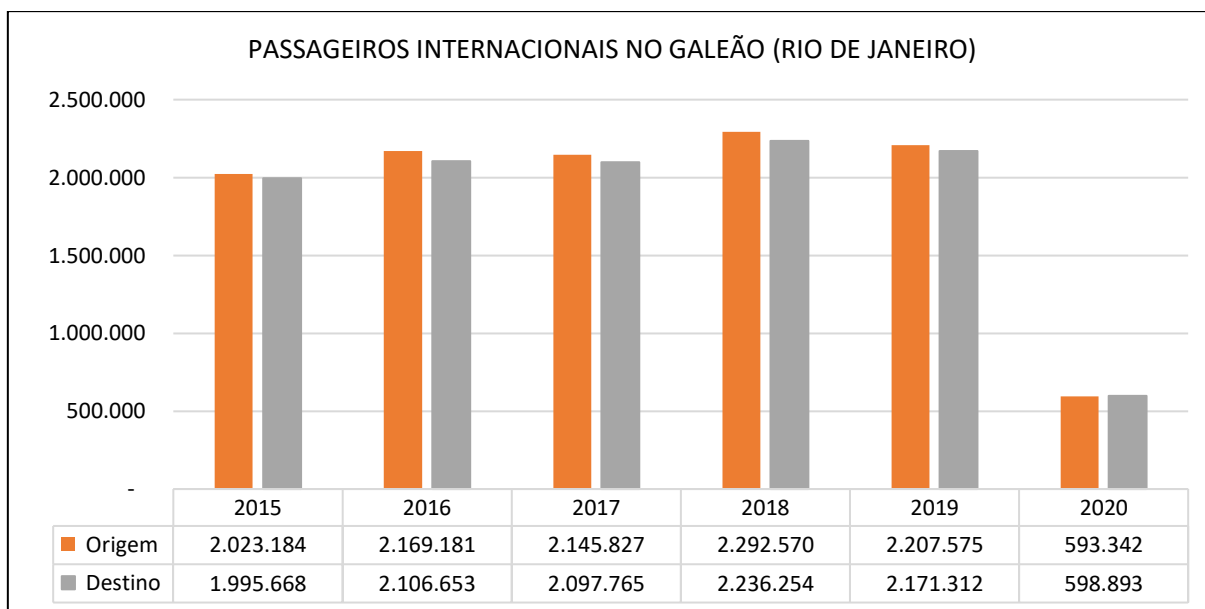
Figura 28 – Série histórica de passageiros internacionais no aeroporto de Guarulhos, 2015 a 2020



Fonte: ANAC, 2020. Adaptado pelo autor

Entre 2015 e 2019, a demanda em rotas internacionais (entre embarques e desembarques) no aeroporto de Guarulhos era da ordem de 13 a 14 milhões de passageiros, com variações de até 7%. De 2019 para 2020, esse volume caiu quase 72%, redução absoluta de mais de 10 milhões de passageiros. Essa queda brusca ocorre, principalmente, em função da pandemia da Covid-19.

O mesmo ocorre com a demanda no aeroporto do Galeão. Entre 2019 e 2020 o aeroporto observou decréscimo de 72,77% na sua demanda total de passageiros internacionais.

Figura 29 – Série histórica de passageiros internacionais no aeroporto do Galeão, 2015 a 2020

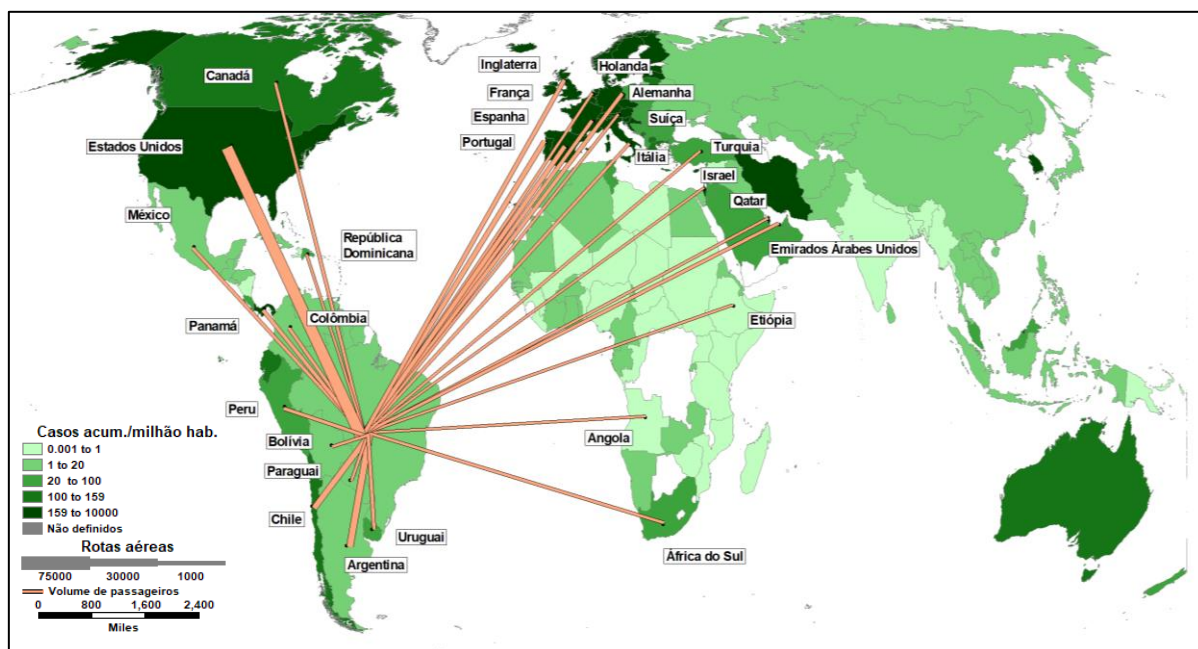
Fonte: ANAC, 2020. Adaptado pelo autor

Os dados expostos demonstram a intensidade do impacto no setor aéreo causado pela Covid-19. Isso é um reflexo direto das políticas públicas e privadas tomadas no mundo todo para reduzir a circulação de pessoas visando frear a disseminação do vírus. Nos próximos tópicos, os volumes de passageiros são detalhados por país de origem.

6.2.1 Aeroporto de Guarulhos (São Paulo)

Para definir as rotas aéreas de risco, inicialmente foram identificados todos os países que tiveram voos diretos com o aeroporto de Guarulhos, segundo a base da ANAC. Em março de 2020, Guarulhos recebeu voos de 32 países. As rotas representadas no mapa da Figura 30 têm espessura proporcional ao volume de passageiros no mesmo mês. A escala de cores representa o número de casos acumulados da Covid-19 por milhão de habitantes ao final da semana 5.

Figura 30 – Concentração de casos da Covid-19 no mundo versus Rotas aéreas internacionais com destino Guarulhos, ao final da semana 5

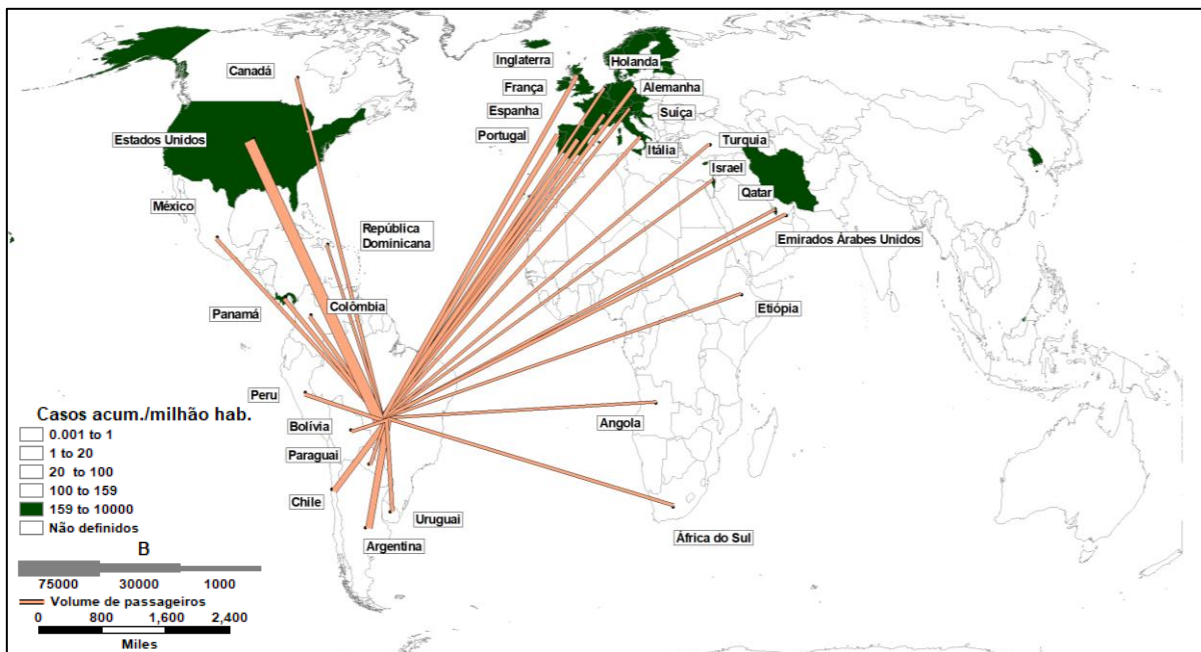


Fonte: Produzido pelo autor

A partir da Figura 30, pode-se observar que o aeroporto de Guarulhos recebeu voos da maior parte dos países cuja taxa de infecção da Covid-19 era alta em março de 2020. Dos 33 países que enviaram voos a Guarulhos nesse mês, 12 (36%) estavam acima da média mundial de 159 casos acumulados da Covid-19 por milhão de habitantes (Figura 31). Como mencionado anteriormente, essa média mundial foi utilizada como parâmetro de corte para identificar os países que, ao final de março de 2020, já representavam potencial risco de disseminação da Covid-19 por meio do transporte aéreo internacional.

Esses 12 países, apesar de representarem apenas 36% da malha aérea internacional que têm como destino Guarulhos, abarcaram mais da metade (55%) dos passageiros internacionais que pousaram em Guarulhos no mês de março de 2020. Significa dizer que, de todos os passageiros internacionais que desembarcaram por Guarulhos nesse mês, mais da metade vieram de países cujas taxas de contaminação da Covid-19 era alta no mês analisado.

Figura 31 – Países com maiores concentrações de casos da Covid-19 versus Rotas aéreas internacionais com destino Guarulhos, no fim da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 10 – Origens internacionais com maiores volumes de passageiros e maior incidência da Covid-19, final da semana 5

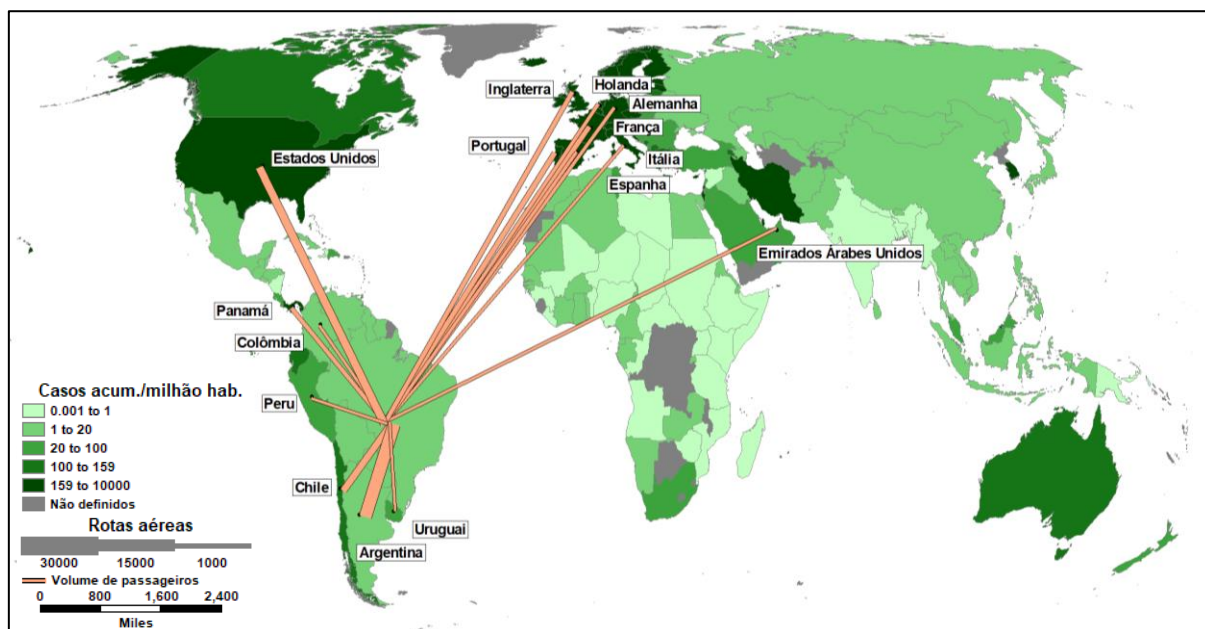
País de origem	Casos acumulados Covid-19 / milhão hab.	Nº passageiros	% Total passageiros
Estados Unidos	377,63	79.692	21,19%
Espanha	1566,32	21.492	5,72%
Portugal	507,03	20.887	5,55%
Inglaterra	398,30	15.474	4,11%
Alemanha	688,43	15.116	4,02%
Panamá	182,16	14.864	3,95%
França	577,26	14.309	3,80%
Itália	1528,40	6.777	1,80%
Holanda	573,04	6.604	1,76%
Suíça	1626,42	5.235	1,39%
Qatar	204,79	3.792	1,01%
Israel	450,58	1.922	0,51%
TOTAL (março/2020)		206.164	54,82%

Fonte: Produzido pelo autor

6.2.2 Aeroporto do Galeão (Rio de Janeiro)

No mês de março de 2020, pousaram no aeroporto do Galeão 108.825 passageiros provenientes de 18 países. Marrocos, Bolívia e Polônia não foram representados no mapa pois obtiveram volumes inferiores a 1000 passageiros no mês (Figura 32). Mais uma vez, nota-se a predominância de voos em regiões onde, em março de 2020, já havia concentração relevante de casos da Covid-19.

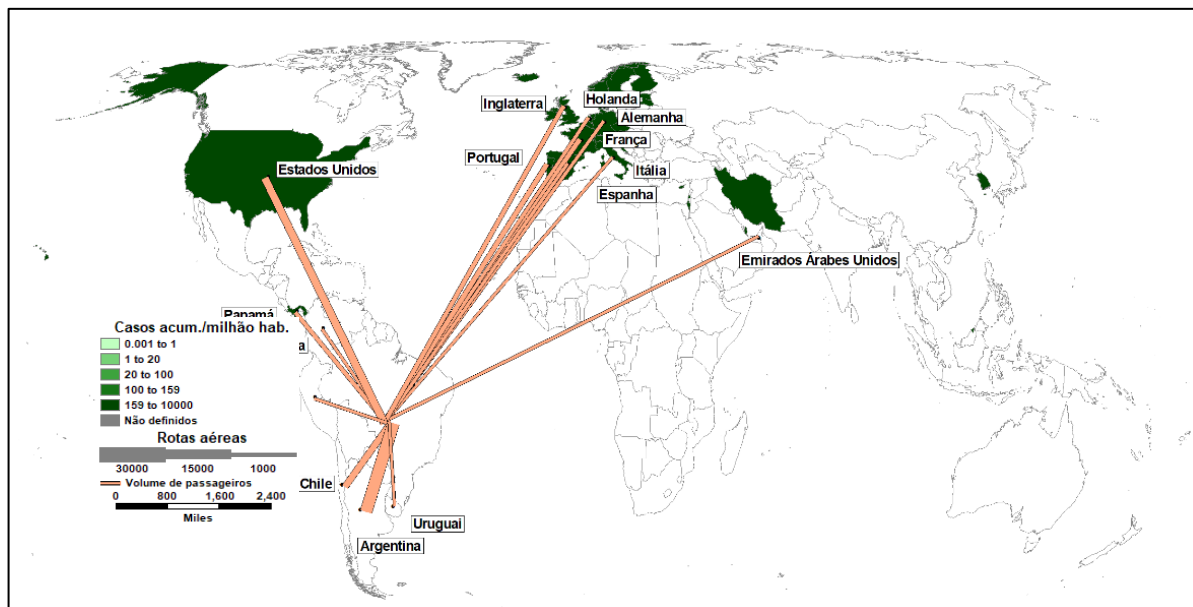
Figura 32 – Concentração de casos da Covid-19 no mundo X Rotas aéreas internacionais com destino Galeão, ao final da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Dos 18 países apresentados na Figura 32, nove já acumulavam número de casos superior à média mundial de 159 casos por milhão de habitantes (Figura 33). Como mostra a Tabela 11, esses nove países também representaram pouco mais da metade do total de passageiros internacionais que pousaram no Galeão em março de 2020, o que acentua o risco da importação da Covid-19 em função da frequência elevada de passageiros.

Figura 33 – Países com maiores concentrações de casos da Covid-19 versus Rotas aéreas internacionais com destino Galeão, no fim da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 11 – Origens internacionais com maiores volumes de passageiros e maior incidência da Covid-19, ao final da semana 5

País de origem	Casos acumulados Covid-19 / milhão	Nº passageiros	% Total passageiros
Estados Unidos	377,63	15.412	14,16%
Portugal	507,03	8.167	7,50%
França	577,26	8.026	7,38%
Inglaterra	398,3	6.550	6,02%
Panamá	182,16	5.827	5,35%
Holanda	573,04	4.345	3,99%
Alemanha	688,43	4.023	3,70%
Espanha	1.566,32	3.780	3,47%
Itália	1.528,40	2.382	2,19%
TOTAL (março/2020)		58.512	53,77%

Fonte: Produzido pelo autor

6.2.3 Estimativa de passageiros infectados

Utilizando as taxas de infecção de Covid-19 por milhão de habitantes em cada país e os volumes de passageiros estimados por semana de análise, foram estimados os volumes de passageiros potencialmente infectados com destino Guarulhos ou Galeão. Esses volumes foram utilizados para a execução das análises estatísticas do capítulo Discussão de Resultados.

A Tabela 12 apresenta os volumes estimados de passageiros infectados com destino Guarulhos e a Tabela 13 apresenta os volumes estimados de passageiros infectados com destino Galeão.

Tabela 12 – Volume estimado de passageiros infectados com destino Guarulhos

Origem	S1	S2	S3	S4	S5
Estados Unidos	0,001	0,035	0,265	1,889	5,000
Espanha	0,007	0,078	0,996	3,811	4,992
Portugal	0,000	0,012	0,097	0,711	1,000
Inglaterra	0,002	0,023	0,146	0,637	1,050
Alemanha	0,004	0,046	0,272	1,313	1,905
Panamá	0,000	0,000	0,036	0,165	0,000
França	0,007	0,075	0,361	1,009	2,072
Itália	0,082	0,450	1,221	3,098	4,610
Holanda	0,001	0,022	0,111	0,420	1,132
Suíça	0,006	0,095	0,482	2,331	1,426
Qatar	0,000	0,003	0,127	0,181	0,128
Israel	0,000	0,003	0,009	0,075	0,259

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 13 – Volume estimado de passageiros infectados com destino Galeão

Origem	S1	S2	S3	S4	S5
Estados Unidos	0,000	0,011	0,080	0,470	0,956
Portugal	0,000	0,005	0,036	0,242	0,501
França	0,004	0,042	0,199	0,642	1,674
Inglaterra	0,001	0,013	0,085	0,293	0,882
Panamá	0,000	0,000	0,017	0,092	0,000
Holanda	0,001	0,020	0,101	0,326	0,880
Alemanha	0,002	0,011	0,112	0,546	0,203
Espanha	0,001	0,012	0,241	0,709	0,000
Itália	0,025	0,139	0,504	1,279	1,917

Fonte: Produzido pelo autor

6.3 Renda média domiciliar dos municípios

A renda média ponderada foi utilizada para elaborar mapas temáticos de São Paulo e Rio de Janeiro. Os mapas contam com três categorias de salários, que foram elaboradas tomando como referência os rendimentos médios obtidos para cada bairro. As categorias são descritas a seguir.

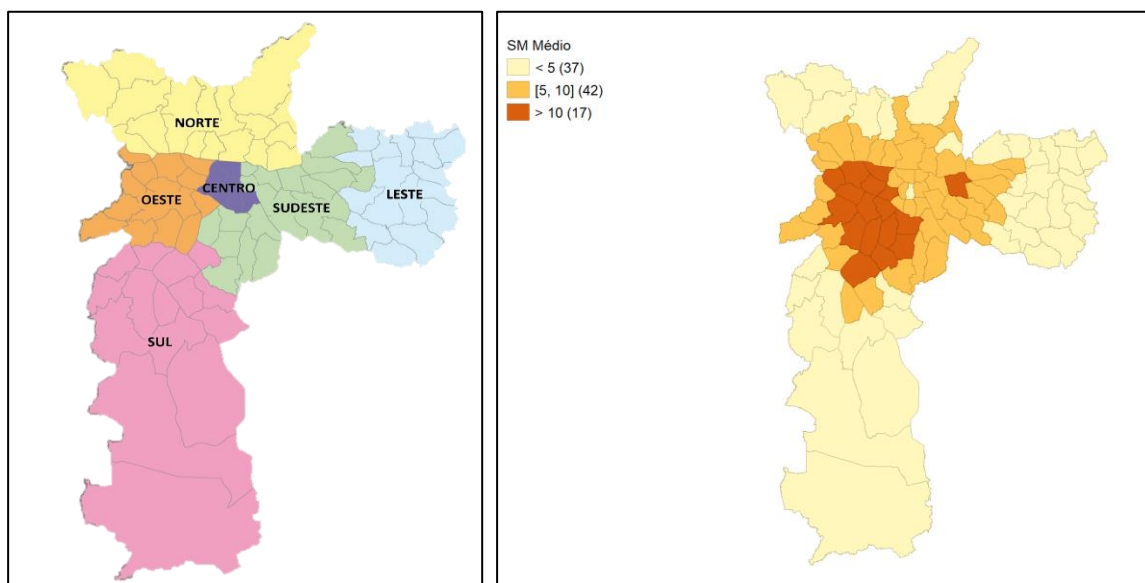
- Classe A: rendimento domiciliar médio mensal maior que 10 salários mínimos;
- Classe B: rendimento domiciliar médio mensal entre 5 e 10 salários mínimos;
- Classe C: rendimento domiciliar médio mensal menor que 5 salários mínimos.

6.3.1 São Paulo

A análise do território do município se baseou nos seus 96 distritos, dos quais 17 (18%) de São Paulo possuem rendimento médio familiar mensal acima de 10 salários mínimos. Outros 42 (44%) possuem rendimento entre 5 e 10 salários mínimos e em 37 distritos (38%) os domicílios têm renda média menor que 5 salários mínimos por mês. O rendimento médio municipal é de 6,7 salários mínimos. A Figura 34

representa, à esquerda, as regiões geográficas da cidade de São Paulo e, à direita, o mapa temático com os rendimentos observados.

Figura 34 – Regiões de São Paulo versus Renda domiciliar média por distrito



Fonte: Prefeitura de São Paulo. Mapa de renda produzido pelo autor

É interessante notar como os distritos que contêm os domicílios mais abonados se concentram radialmente em torno do centro. Essa informação é valiosa para estabelecer a relação entre a chegada e a disseminação da Covid-19 no município.

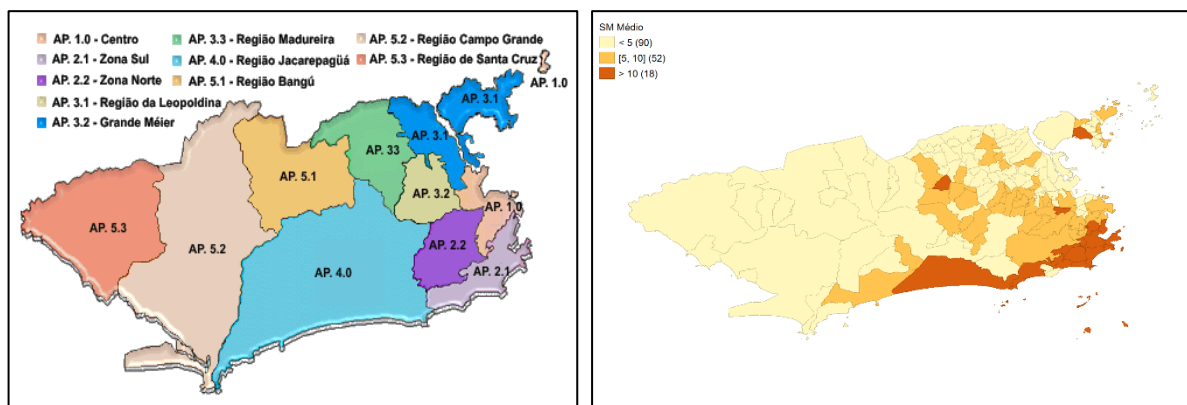
As regiões Central e Oeste de São Paulo concentram grande parte da atividade comercial e turística do município. Grandes avenidas como a Av. Brigadeiro Faria Lima, Av. JK, Av. Cidade Jardim e Av. Nove de Julho que reúnem shoppings, escritórios, restaurantes, hotéis e outras estruturas comerciais passam por essas regiões. Além da alta demanda pela região, há ainda a função habitacional desses bairros, onde se concentram famílias com rendimentos mensais muito acima da média. Portanto, constituem como áreas de risco à contaminação pela Covid-19, os bairros da região central de São Paulo, que, além de deterem maior potencial econômico, ainda atraem parcelas significantes dos turistas e trabalhadores da cidade.

6.3.2 Rio de Janeiro

Dentre os 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro, 18 deles (11%) têm rendimento domiciliar médio acima de 10 salários mínimos. Outros 52 (33%) têm

rendimento domiciliar médio entre 5 e 10 salários mínimos e 90 deles (56%) têm rendimento domiciliar médio abaixo de 5 salários mínimos. A média municipal é de 5,71 salários mínimos por domicílio. Nota-se que mais da metade dos bairros possuem médias inferiores a 5 salários mínimos.

Figura 35 – Regiões do Rio de Janeiro versus Renda domiciliar média



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro. Mapa de renda produzido pelo autor

As regiões litorâneas da cidade têm residentes com perfil econômico mais elevado, apresentada na Figura 35 como Zona Sul. Além disso, nas Zonas Sul e Norte, Centro e Jacarepaguá se concentram grande parte das atividades turísticas da cidade como hotéis, casas de festas, praias e restaurantes; e também a atividade comercial e profissional, com estabelecimentos do tipo shoppings, prédios comerciais e escritórios. Dessa forma, são definidas como áreas de risco à disseminação da Covid-19 as áreas de mais alta demanda e de maior potencial financeiro da cidade, sendo elas: os bairros da Zona Sul, Zona Norte, Jacarepaguá e Centro.

6.4 Definição do perfil do viajante internacional

Após a doença ter se instalado no país, cabe analisar a distribuição dos primeiros casos por região das cidades – em particular, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. O potencial econômico das regiões dos municípios definidas nos tópicos anteriores é altamente relevante pois, a partir dessa informação, é proposta a verificação de uma possível correlação entre o volume de casos de Covid-19 nos bairros cujos habitantes têm maior renda.

Os percentuais de passageiros brasileiros em voos internacionais em função da sua renda domiciliar apresentados na Tabela 4 foram correlacionados a cada

região das duas cidades, tomando como base as classes de rendimentos médios já explicitadas. Obtém-se a seguinte relação:

Tabela 14 – Classes de rendimentos definidas para a elaboração do estudo

Classe	Rendimento domiciliar mensal	Passageiros internacionais em potencial
A	Maior que 10 SM	42,40%
B	Entre 5 e 10 SM	15,50%
C	Menor que 5 SM	10,30%

Fonte: Secretaria da Aviação Civil (2015). Adaptado pelo autor

A Tabela 14 indica que, de fato, a maior parte dos brasileiros que realizam viagens internacionais (42,40%) vivem em famílias cuja soma dos rendimentos mensais é maior que 10 salários mínimos. Essa informação explicita a influência que o transporte aéreo internacional exerce sobre as regiões com maior potencial econômico, o que valida a ideia fundamental deste estudo: a Covid-19 certamente se instalou inicialmente nos bairros de maior renda.

7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Visualmente, o estudo mostra por meio de análises gráficas que as principais origens internacionais que enviam passageiros para Guarulhos e Galeão apresentam altas concentrações de Covid-19 à época da semana 1. Além disso, também é possível concluir que houve maior presença inicial da Covid-19 nas regiões com maior potencial financeiro, ou seja, regiões cujos habitantes têm mais probabilidade de viajar para fora do país. Contudo, não é regra geral – como também pode ser observado nos mapas, alguns bairros não estabelecem relação estatística com a tese proposta.

Um tipo especial de gráfico foi gerado para avaliar essa situação. Nos gráficos, os elementos plotados são os mapas das cidades, com seu tema de cores em função das categorias de salário A, B e C previamente definidas. O eixo X representa os rendimentos médios dos bairros e o eixo Y, os índices de Covid-19 acumulados por mil habitantes.

Os dois eixos dos gráficos foram divididos em três quantis. Os quantis são uma medida estatística que dividem os conjuntos de dados em intervalos regulares a partir

de sua ordem crescente. Os gráficos são apresentados na Figura 36 e Figura 37. As possíveis interpretações dos gráficos são listadas a seguir.

Situação 1: O canto superior direito dos gráficos indica as regiões de alto poder econômico que apresentaram concentrações elevadas de Covid-19 ao final da semana 5. Essa é a situação de comportamento esperado, conforme proposto por este estudo.

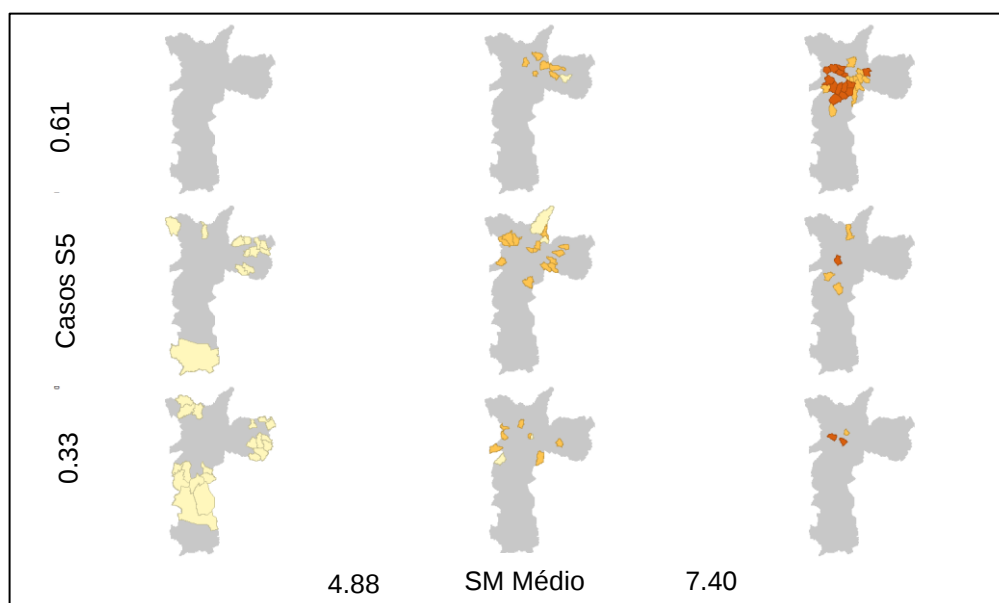
Situação 2: Os mapas do canto superior esquerdo destacam os bairros cuja renda é baixa, mas que apresentaram índices elevados da Covid-19 ao final do período analisado.

Situação 3: No canto inferior direito, ficam explicitados os bairros cuja renda é alta, mas o número de casos da Covid-19 ao fim da semana 5 é baixo.

Situação 4: Os mapas no canto inferior esquerdo apresentam os bairros com baixa renda e baixos índices da doença. Essa situação converge com o exposto na Situação 1, ou seja, se os bairros com maior poder aquisitivo concentram a maior parte dos casos da doença, então os bairros com menor poder aquisitivo apresentam menores taxas da doença.

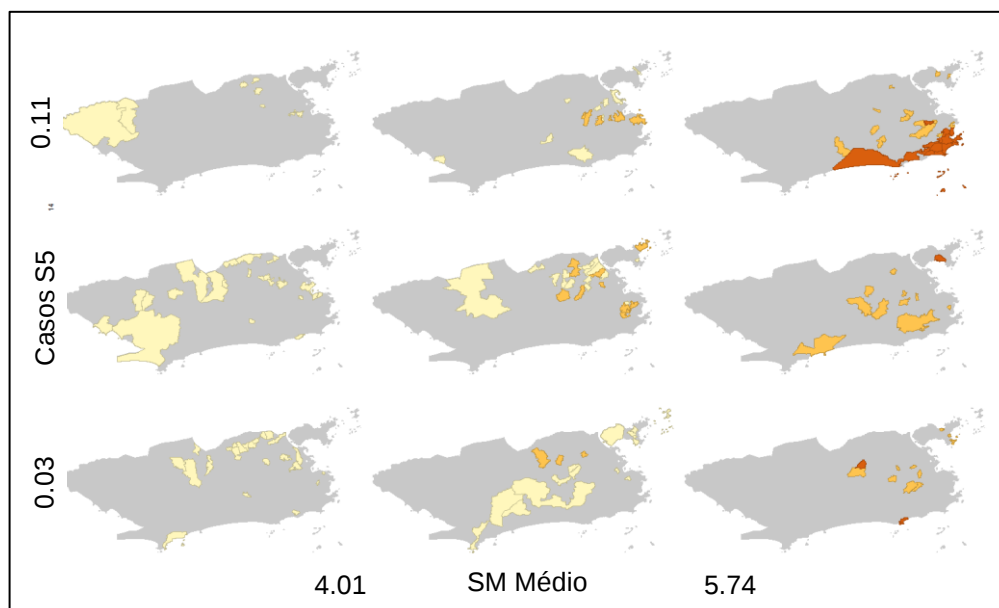
Situação 5: Os mapas fora das extremidades indicam bairros em situações médias.

Figura 36 – Distritos de São Paulo por potencial econômico (eixo x) e concentração de SRAG (eixo y), ao final da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Figura 37 – Bairros do Rio de Janeiro por potencial econômico (eixo x) e concentração de Covid-19 (eixo y), ao final da semana 5



Fonte: Produzido pelo autor

Com o objetivo de avaliar a existência e a intensidade da correlação entre as variáveis deste trabalho, os valores obtidos ao longo da pesquisa (infectados por SRAG em São Paulo, infectados por Covid-19 no Rio de Janeiro, passageiros internacionais potencialmente infectados com destino Guarulhos e com destino Galeão e renda domiciliar média por bairro) foram inseridos no *software* estatístico Minitab e submetidos à análise de correlação de Pearson.

Foram executadas duas análises: de número de casos no Brasil *versus* número de casos nos países de origem; e renda domiciliar média nos municípios estudados *versus* número de casos confirmados nos municípios.

O método de correlação avalia a relação entre dois conjuntos de dados: uma variável independente e uma variável de evento, ou dependente.

7.1 Análise estatística: Casos nos países alvo *versus* Casos no Brasil

As variáveis independentes que constituíram o modelo foram a quantidade de passageiros potencialmente infectados provenientes de cada um dos países destacados no item 6.3. e a quantidade de casos da Covid-19 nas cidades estudadas. A variável dependente Y foi a quantidade de casos da Covid-19 em São Paulo e no Rio de Janeiro.

O intervalo de confiança indica que há 95% de chance de que a correlação ocorra dentro do intervalo α apresentado entre parênteses. O valor-p (ρ) define se a correlação existe ou não, por meio do intervalo de confiança atribuído à análise, que neste caso é de 95%. Assim, se o valor-p for menor que 0,05, a análise é válida, ou seja, as duas variáveis estabelecem correlação.

O índice de Correlação de Pearson (α) varia de -1 a 1 e quanto mais próximo de zero menor é a força da correlação entre as variáveis. $\alpha=1$ indica uma correlação forte e positiva (X cresce, Y cresce), enquanto $\alpha=-1$ indica correlação forte, mas no sentido inverso de crescimento (quando X cresce, Y decresce).

Tomando como exemplo a primeira linha da Tabela 15, há 95% de chance que a correlação entre o crescimento de infectados em São Paulo e o número de passageiros infectados provenientes dos Estados Unidos para Guarulhos ocorra no intervalo entre 0,935 e 1 (correlação forte). No caso da Espanha, há 95% de chance que essa correlação se dê entre 0,067 e 0,993, o que não é um bom indicador, visto que quanto mais próximo de zero for a correlação α , menos significativa é essa relação. No Rio de Janeiro, a Tabela 16 indica que há correlação forte, por exemplo, nos países de origem França, Inglaterra e Holanda, que apresentam intervalo de confiança entre 0,759 e 1, o que indica correlação forte. Por outro lado, o Panamá não apresenta correlação estatística, visto que o índice de Pearson é negativo e próximo de zero, o valor-p não é admitido e o intervalo de confiança varia de -0,905 e 0,854, o que não indica assertividade.

Tabela 15 – Teste de correlação de Pearson entre passageiros internacionais e infectados pela Covid-19 em São Paulo, S1 a S5

Amostra 1	Amostra 2	N	Correlação	IC de 95% para p	Valor-p
PASS. INFE. EUA	INFECTADOS SP	5	0,996	(0,935; 1,000)	0,000
PASS. INFE. ESPANHA	INFECTADOS SP	5	0,896	(0,067; 0,993)	0,039
PASS. INFE. PORTUGAL	INFECTADOS SP	5	0,917	(0,185; 0,995)	0,028
PASS. INFE. INGLATERRA	INFECTADOS SP	5	0,952	(0,432; 0,997)	0,013
PASS. INFE. ALEMANHA	INFECTADOS SP	5	0,926	(0,237; 0,995)	0,024
PASS. INFE. PANAMÁ	INFECTADOS SP	5	-0,036	(-0,890; 0,874)	0,954
PASS. INFE. FRANÇA	INFECTADOS SP	5	0,980	(0,717; 0,999)	0,003
PASS. INFE. ITÁLIA	INFECTADOS SP	5	0,930	(0,263; 0,995)	0,022
PASS. INFE. HOLANDA	INFECTADOS SP	5	0,997	(0,950; 1,000)	0,000
PASS. INFE. SUÍÇA	INFECTADOS SP	5	0,567	(-0,631; 0,966)	0,319
PASS. INFE. QATAR	INFECTADOS SP	5	0,496	(-0,687; 0,959)	0,396
PASS. INFE. ISRAEL	INFECTADOS SP	5	1,000	(0,995; 1,000)	0,000

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 16 – Teste de correlação de Pearson entre passageiros internacionais e infectados pela Covid-19 no Rio de Janeiro, S1 a S5

Amostra 1	Amostra 2	N	Correlação	IC de 95% para ρ	Valor-p
PASS. INFEC. EUA	INFECTADOS RJ	5	0,958	(0,485; 0,997)	0,010
PASS. INFEC. PORTUGAL	INFECTADOS RJ	5	0,959	(0,503; 0,997)	0,010
PASS. INFEC. FRANÇA	INFECTADOS RJ	5	0,983	(0,759; 0,999)	0,003
PASS. INFEC. INGLATERRA	INFECTADOS RJ	5	0,991	(0,865; 0,999)	0,001
PASS. INFEC. PANAMÁ	INFECTADOS RJ	5	-0,116	(-0,905; 0,854)	0,853
PASS. INFEC. HOLANDA	INFECTADOS RJ	5	0,985	(0,786; 0,999)	0,002
PASS. INFEC. ALEMANHA	INFECTADOS RJ	5	0,260	(-0,808; 0,929)	0,673
PASS. INFEC. ESPANHA	INFECTADOS RJ	5	-0,169	(-0,915; 0,838)	0,786
PASS. INFEC. ITÁLIA	INFECTADOS RJ	5	0,892	(0,046; 0,993)	0,042

Fonte: Produzido pelo autor

Pelas tabelas, verifica-se que, em geral, há correlação forte entre o número de casos descobertos em São Paulo e Rio de Janeiro e a quantidade de casos importados a partir das origens listadas. Apesar disso, há países que não correspondem ao modelo proposto. As rotas que não foram validadas pelo modelo são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Rotas que não exibiram correlação estatística

Destino	Origem	α	$\rho (< 0,005)$
São Paulo (Guarulhos)	Panamá	-0,036	0,954
	Suíça	0,567	0,319
	Qatar	0,496	0,396
Rio de Janeiro (Galeão)	Panamá	-0,116	0,853
	Alemanha	0,260	0,673
	Espanha	-0,169	0,786

Dos 12 países avaliados como influência a São Paulo, apenas três não expressam correlação direta. Dos 9 países avaliados como influência ao Rio de Janeiro, apenas três não expressam correlação direta.

7.2 Análise estatística: Renda *versus* Casos

Paralelamente à confirmação visual do proposto, as variáveis foram carregadas no mesmo modelo estatístico que a análise anterior, a Correlação de Pearson. A

quantidade de observações do modelo é correspondente aos bairros ou distritos da cidade. Para São Paulo, há 96 pontos distribuídos e para o Rio de Janeiro, há 160 pontos.

Tabela 18 – Teste de correlação de Pearson entre infectados pela SRAG em São Paulo e renda média domiciliar, S1 a S5

Amostra 1	Amostra 2	N	Correlação	IC de 95% para p	Valor-p
S1	Renda	96	0,346	(0,157; 0,511)	0,001
S2	Renda	96	0,351	(0,162; 0,515)	0,000
S3	Renda	96	0,380	(0,195; 0,540)	0,000
S4	Renda	96	0,538	(0,379; 0,667)	0,000
S5	Renda	96	0,561	(0,406; 0,684)	0,000

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 19 – Teste de correlação de Pearson entre infectados pela Covid-19 no Rio de Janeiro e renda média domiciliar, S1 a S5

Amostra 1	Amostra 2	N	Correlação	IC de 95% para p	Valor-p
S1	Renda	160	*	(*; *)	*
S2	Renda	160	-0,041	(-0,195; 0,114)	0,603
S3	Renda	160	0,148	(-0,007; 0,296)	0,062
S4	Renda	160	0,280	(0,131; 0,417)	0,000
S5	Renda	160	0,426	(0,291; 0,546)	0,000

Fonte: Produzido pelo autor

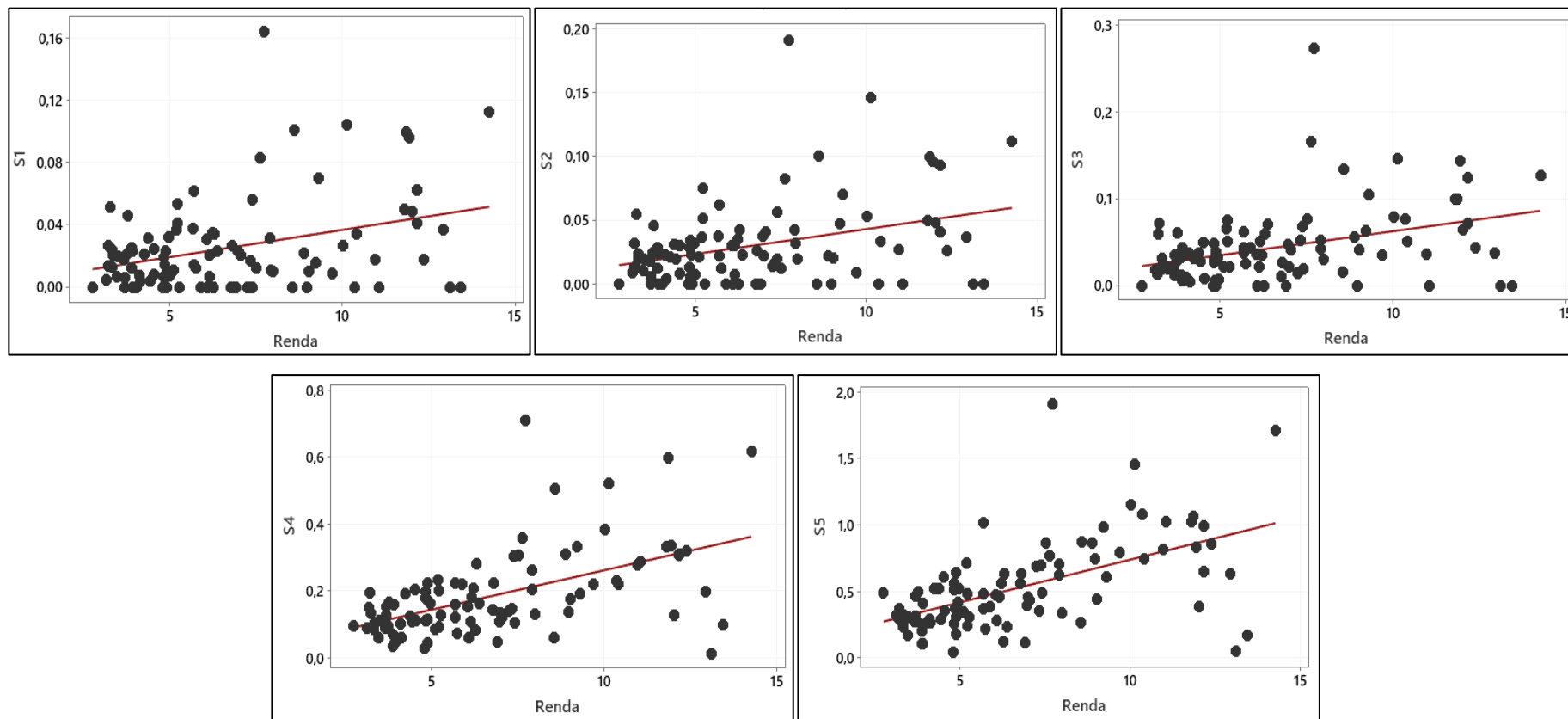
Em São Paulo, todos os valores-p são admitidos, ou seja, o modelo indica que há relação entre a renda dos distritos e a quantidade de casos da Covid-19 a cada semana de análise. Entretanto, os valores α da correlação de Pearson se aproximam mais de zero do que de 1, o que indica que essa correlação é fraca ou moderada. Na semana 1, $\alpha=0,346$ indica que a distribuição de casos da Covid-19 sofre alguma, mas pouca influência da renda média nos distritos. Essa correlação é crescente ao longo das semanas, chegando ao patamar de $\alpha=0,561$, que já é mais próxima de 1 do que de zero. Significa dizer que a concentração de casos da Covid-19 pela cidade de São Paulo na semana 5 tinha influência considerável da renda média domiciliar.

O Rio de Janeiro não contabilizou nenhum caso da Covid-19 ao longo da semana 1 delimitada por este estudo, entre 23/02/2020 e 29/02/2020. A semana 2 não demonstrou correlação entre as variáveis. A partir da semana 3, todos os valores-p

são admitidos, o que significa que há alguma correlação, ainda que fraca, entre a renda e a quantidade de casos confirmados nos bairros. O $\alpha=0,148$ é muito próximo de zero, ou seja, os casos da doença se distribuíram de forma pouco relacionada à renda nos distritos. A semana 5 obteve índice de Pearson de $\alpha=0,426$, que é de baixo a moderado. Esse cenário corresponde com o observado nos *outliers* exibidos na Figura 37, enquanto há 29 bairros que correspondem diretamente à relação proposta, outros 21 reduzem o índice de Pearson .

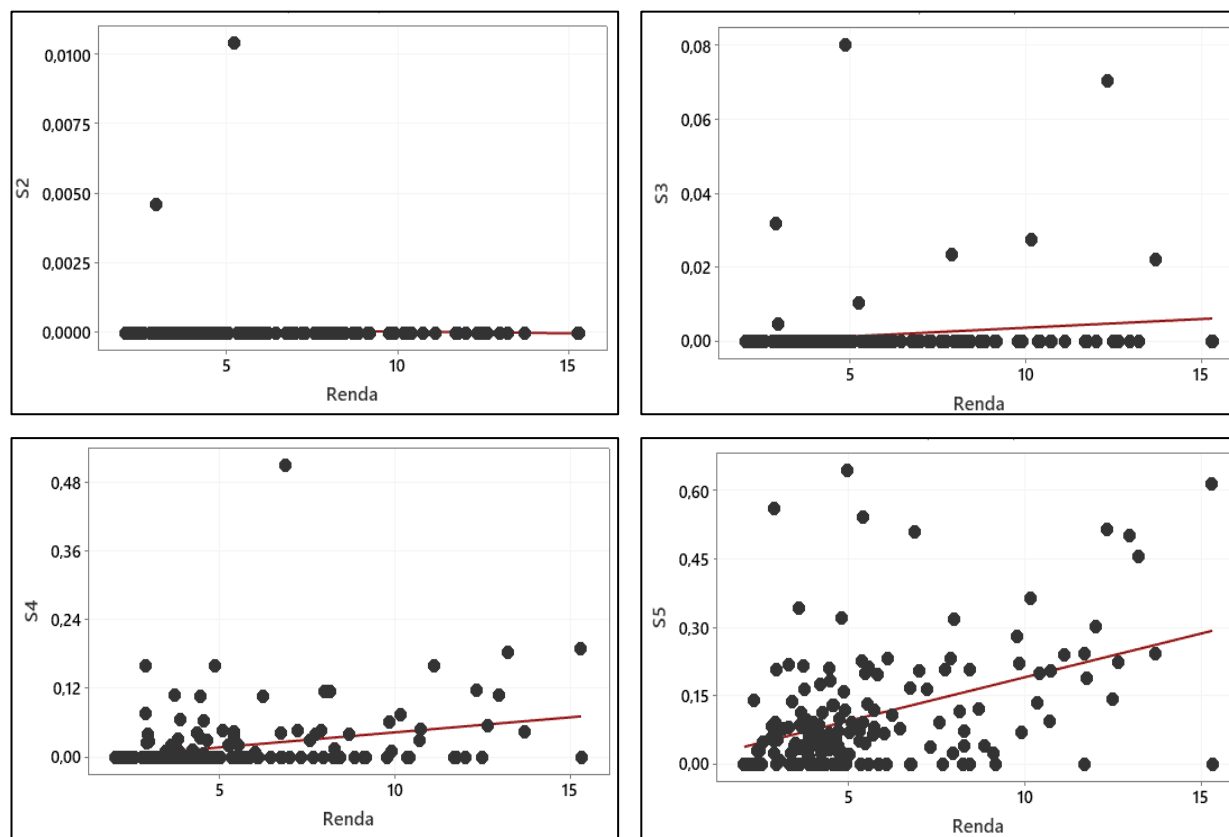
Os gráficos de dispersão da Figura 38 e Figura 39 fazem parte da análise de Pearson e indicam os bairros/distritos das cidades e a situação em que se inserem quanto à renda e às concentrações de Covid-19 por semana. A linha vermelha traçada é a curva linear que melhor representa todos os pontos plotados, que também indica em que sentido e em qual intensidade essa relação se estabelece. Como visto, apesar de ser fraca em algumas situações, a relação configura curva crescente para as duas cidades, ou seja, foram notificados maior número de casos da Covid-19 nos bairros cujo potencial econômico é mais elevado.

Figura 38 – Gráficos de dispersão dos distritos de São Paulo pela concentração de SRAG e renda familiar média entre a S1 e S5



Fonte: Produzido pelo autor

Figura 39 – Gráficos de dispersão dos bairros do Rio de Janeiro pela concentração de SRAG e renda familiar média entre a S2 e S5



Fonte: Produzido pelo autor

8 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é de investigar a influência exercida pelo transporte aéreo internacional e pela renda dos habitantes na instalação e disseminação da Covid-19 pelas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, que foram as cidades onde foram confirmados os primeiros casos (AGUIAR, 2020).

Como mostram Cavalcante et al. (2020), é fato que os primeiros casos confirmados no Brasil foram importados a partir de países europeus como a Itália, onde já havia quantidade considerável de casos ao final de fevereiro de 2020. Apesar de Ribeiro et al. (2020) enfatizar a dificuldade em se prever a taxa de crescimento de casos em cada país, este trabalho faz uma análise não preditiva, mas fundamentada nos dados que foram observados. Portanto, utilizando dados da organização Our World in Data (2020) foi possível identificar a concentração de casos da Covid-19 nos países pelo mundo. Essa informação foi essencial para a elaboração da pesquisa, pois, a partir dela e dos volumes de passageiros observados com destino Guarulhos e Galeão, foram definidas as rotas aéreas com alto risco de importação da Covid-19 para São Paulo e Rio de Janeiro.

De todas as rotas internacionais que têm como destino final ou intermediário Guarulhos e Galeão, 12 se destacam em Guarulhos e 9 se destacam no Galeão no quesito risco de importação da Covid-19.

Após a execução da pesquisa, é importante avaliar a correspondência dos resultados do trabalho com o que foi observado na realidade. As análises gráficas indicaram visualmente que há correlação forte entre as etapas precedentes à chegada da Covid-19 no Brasil, o que indica que a importação da contaminação não ocorreu por acaso, mas por uma série de fatores que colaboraram, agravaram e aceleraram o processo da contaminação importada.

Com a pesquisa executada, as análises gráficas correspondentes e a validação da proposta, cabe verificar os resultados encontrados. Os mapas indicam vínculo aparente entre os estágios de desenvolvimento da Covid-19 precedentes a sua chegada no Brasil, a saber:

1. Países europeus e norte-americanos, em geral, somavam casos da Covid-19 acima da média mundial em março de 2020,
2. Esses países figuram entre os que mais enviam passageiros ao Brasil, inclusive no período analisado (março/2020),

3. Dados históricos fornecidos pela ANAC apontam que os brasileiros que mais viajam internacionalmente são aqueles que vivem em domicílios cuja soma dos rendimentos per capita é superior a 10 salários mínimos,
4. Por meio de dados do Censo Demográfico de 2010, do IBGE, foi possível mapear o potencial financeiro médio entre os distritos e bairros das cidades estudadas.

Entre os estágios 1 e 2 citados acima, as análises estatísticas de Pearson indicam que, de todas as 12 origens avaliadas que têm como destino Guarulhos, nove delas tiveram algum grau de influência na disseminação inicial do Coronavírus pela cidade de São Paulo (75%). As outras três tiveram resultados inconclusivos.

Quanto ao Rio de Janeiro, dos nove países avaliados que têm rotas ao Galeão, seis estabelecem relação direta com o aumento de casos na cidade (67%) e três foram inconclusivas nesse quesito.

Os gráficos apresentados na Figura 36 e Figura 37 apresentam avaliação dos estágios 3 e 4, ou seja, avaliam a influência da renda sobre o número de casos da Covid-19 por bairro. Os gráficos apontam situações que corroboram para a confirmação dessa influência (Situações 1 e 4), mas outras não correspondem diretamente (Situações 2 e 3). Em São Paulo, 25 dos 96 distritos correspondem diretamente à proposta (26%) e apenas três divergem (3%). No Rio de Janeiro, 29 bairros têm correspondência direta com o proposto (18%) e 21 divergem (13%). Os distritos e bairros restantes fazem parte da Situação 5, ou seja, não têm relevância estatística para a pesquisa.

Nos gráficos de dispersão exibidos na Figura 38 e Figura 39, percebe-se que há *outliers* (pontos isolados), isto é, dados que divergem da observação geral, mas ocorrem em baixa frequência. Apesar dos *outliers*, as retas vermelhas que indicam o ajuste entre os pontos plotados são sempre crescentes, o que aponta para uma correlação direta e crescente entre a variável independente (renda) e a variável dependente (número de casos da Covid-19). Em São Paulo, essa reta é crescente ao longo das cinco semanas analisadas, o que indica que, desde a confirmação do primeiro caso, já havia notificação mais frequente de Covid-19 nos bairros com poder aquisitivo maior. No Rio de Janeiro, essa tendência só é observada a partir da semana 3, quando os volumes de casos da Covid-19 começaram a crescer na cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, S. Covid-19: a Doença Dos Espaços De Fluxos. **GEOgraphia**, v. 22, n. 48, 2020.

ANAC. Agência Nacional da Aviação Civil. **Volume de passageiros aéreos no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/consulta-interativa/demanda-e-oferta-origem-destino>. Acesso em: 15 abr. 2021

BINTI HAMZAH, F. A. et al. CoronaTracker: World-wide Covid-19 outbreak data analysis and prediction. **Bulletin of the World Health Organization**, n. March, p. Submitted, 2020.

BOQUET, Y. From airports to airport territories: Expansions, potentials, conflicts. **Human Geographies**, v. 12, n. 2, p. 137–156, 2018.

CALMON, T. V. L. As condições objetivas para o enfrentamento ao Covid-19: abismo social brasileiro, o racismo, e as perspectivas de desenvolvimento social como determinantes. **NAU Social**, v. 11, n. 20, p. 131, 2020.

CAVALCANTE, J. R. et al. Covid-19 no Brasil: evolução da epidemia até a semana epidemiológica 20 de 2020. **Epidemiologia e serviços de saúde : revista do Sistema Único de Saúde do Brasil**, v. 29, n. 4, p. e2020376, 2020.

CERVI, A. R. DEMOCRATIZAÇÃO DO TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL E AS. p. 1–111, 2017.

CONCESSIONÁRIA GRU AIRPORT. **Histórico institucional**. Disponível em: <https://www.gru.com.br/pt/institucional/sobre-gru-airport/historico>. Acesso em 15 abr. 2021

DA S. CANDIDO, D. et al. Routes for Covid-19 importation in Brazil. **Journal of Travel Medicine**, v. 27, n. 3, p. 1–3, 2020.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz, **Perguntas e respostas sobre a Covid-19**. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/coronavirus/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 15 abr. 2021

FREESTONE, R. Planning, sustainability and airport-led urban development. **International Planning Studies**, v. 14, n. 2, p. 161–176, 2009.

FREESTONE, R.; BAKER, D. Spatial planning models of airport-driven urban development. **Journal of Planning Literature**, v. 26, n. 3, p. 263–279, 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, FGV, **Renda per capita no município do Rio de Janeiro**, 2010. Disponível em: <https://cps.fgv.br/Renda-Rio>. Acesso em 15 abr.

2021

GOMES, S. C. P.; MONTEIRO, I. O. **Estudo Preliminar sobre a Dinâmica da Epidemia do Novo Coronavírus**. Imef.Furg.Br, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Censo Demográfico 2010. [S. l.], 2010. Disponível em: cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 10 dez. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada 2018**. [S. l.], 2018. Disponível em: cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 15 abr. 2021

ICAO. Effects of Novel Coronavirus (Covid-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis Air Transport Bureau Contents. **Icao**, n. October, p. 176, 2020.

KAUFMANN, Gustavo de Oliveira et al (org.). TRANSPORTE AÉREO DE CARGA: análise do setor e perspectivas. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, p. 1-14. 06 out. 2009. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_sto_091_617_14138.pdf. Acesso em: 16 abr. 2021.

KERR, L. et al. Covid-19 in northeast Brazil: Achievements and limitations in the responses of the state governments. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25, p. 4099–4120, 2020.

LI, Q. et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 13, p. 1199–1207, 2020.

LIMA, C. M. A. DE O. Informações sobre o novo coronavírus (Covid-19). **Colégio Brasileiro de radiologia e diagnóstico por imagem**, v. 53, n. 2, p. V–VI, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Governo Federal. **Painel Interativo Coronavírus**. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br>. Acesso em 15 abr. 2021

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, Governo Federal. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED)**. 2018. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/eec/pages/consultas/evolucaoEmprego/consultaEvolucaoEmprego.xhtml#relatorioSetor>. Acesso em: 15 abr. 2021

MIOT, Hélio Amante Miot. **Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais**. Brasil: Jornal Vascular Brasileiro. 1677-7301

MONTEIRO, C. A. A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil.

Estudos Avançados, v. 17, n. 48, p. 7–20, 2003.

NETTO, F. et al. SARS-COV-2 & Covid-19: o vírus, seus aspectos patológicos e suas manifestações respiratórias e extrapulmonares. **Governo do Estado do Paraná**, 2020.

NIŽETIĆ, S. Impact of coronavirus (Covid-19) pandemic on air transport mobility, energy, and environment: A case study. **International Journal of Energy Research**, v. 44, n. 13, p. 10953–10961, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, **Linha do tempo da Covid-19**. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen>. Acesso em: 15 abr. 2021

OUR WORLD IN DATA, **Covid Cases**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/covid-cases>. Acesso em: 29 mar. 2021.

PAINEL RIO COVID-19, Secretaria Municipal da Saúde do Rio de Janeiro. **Painel de casos da Covid-19 no município do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://experience.arcgis.com/experience/38efc69787a346959c931568bd9e2cc4>. Acesso em: 15 abr. 2021

PEDROSA, R. The dynamics of Covid-19: weather, demographics and infection timeline. **Universidade de Campinas (Unicamp)**, p. 1–22, 2020.

PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PORTAL DATA.RIO. **Painel Rio COVID-19**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://experience.arcgis.com/experience/38efc69787a346959c931568bd9e2cc4>. Acesso em: 29 mar. 2021.

SECRETARIA DA AVIAÇÃO CIVIL, Presidência da República. **O Brasil que Voa**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://antigo.infraestrutura.gov.br/obrasilquevoa/perfil-do-passageiro.php>. Acesso em: 29 mar. 2021.

RIBEIRO, S. P. et al. Worldwide covid-19 spreading explained: Traveling numbers as a primary driver for the pandemic. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 92, n. 4, p. 1–10, 2020.

SEBRAE/RJ. No Estado Do Rio De Janeiro. **Observatório Sebrae/RJ**, v. d, p. 49, 2009.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Painel casos Covid.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/srag/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Painel casos SRAG.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/srag/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

TORRES, HAROLDO DA GAMA; MARQUES, EDUARDO; FERREIRA, MARIA PAULA; BITAR, S. Pobreza e espaço : padrões de segregação em São Paulo. In: **Universidade de São Paulo (USP) - Estudos Avançados 47**. [s.l: s.n.]. v. 17p. 97–128, 2003

VILLAÇA, F. São Paulo: Urban segregation and inequality. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 37–58, 2011.

XU, T. et al. Clinical features and dynamics of viral load in imported and non-imported patients with Covid-19. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 94, n. 300, p. 68–71, 2020.