

Correlação entre contágio de COVID-19 e fluxo pelo modal transporte público: análise espacial no município de Araraquara (SP).

Correlation between COVID-19 contagion and flow through public transportation: spatial analysis in the municipality of Araraquara (SP).

Correlación entre contagio de COVID-19 y flujo a través del transporte público: análisis espacial en el municipio de Araraquara (SP).



Felipe Facci Inguaggiato

Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, São Paulo, Brasil

fp.facci@hotmail.com



Tatiane Ferreira Olivatto

Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, São Paulo, Brasil

tatianeolivatto@yahoo.com.br

Resumo Muitos estudos enfatizam a relação entre aglomeração de pessoas e a disseminação do SARS-CoV-2 (COVID-19), contudo, os estudos que investigam especificamente o fluxo de contaminação no transporte coletivo são escassos. Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho é investigar a influência da circulação e fluxo de pessoas no transporte público no aumento do número de casos de COVID-19. A metodologia empregada consistiu em levantamento bibliográfico e uma análise espacial comparativa da evolução da situação epidemiológica do município de Araraquara, estado de São Paulo, e as viagens do modal transporte público. Verificou-se aumento acentuado de casos de COVID-19 nos locais com maior número de viagens, principalmente, nos fluxos realizados por transporte público. A centralização destes fluxos para o Terminal Central de Integração intensifica a possibilidade de maior contaminação. Foi possível inferir que os locais com maior crescimento de número de casos estão contidos nas zonas com maior quantitativo de viagens de origem e os locais com maior crescimento percentual de número de casos nas zonas com maior quantitativo de viagens de destino. Por fim, conclui-se que a disseminação de COVID-19 está intrinsecamente

relacionada ao fluxo de pessoas, ficando ainda mais evidente a maior vulnerabilidade nos deslocamentos realizados por transporte público.

Palavras-Chave: SARS-CoV-2, Mobilidade Urbana, Transporte Coletivo.

Abstract Many studies emphasize the relationship between agglomeration of people and the spread of the SARS-CoV-2 (COVID-19), however, studies specifically investigating the flow of contamination on collective transportation are scarce. In view of this scenario, the aim of this work is to investigate the influence of the circulation and flow of people on public transport in increasing the number of cases of COVID-19. The methodology used consisted of a bibliographic review and a comparative spatial analysis of the evolution of the epidemiological situation in Araraquara city, São Paulo state, and the trips of the public transport modal. There was a sharp increase in cases of COVID-19 in places with the highest number of trips, mainly in the flows made by public transport. The centralization of these flows to the Central Integration Terminal intensifies the possibility of further contamination. It was possible to infer that the places with the highest growth in the number of cases are contained in the zones with the highest number of origin trips and the places with the highest percentage growth in the number of cases are in the areas with the highest number of destination trips. Finally, it is concluded that the dissemination of COVID-19 is intrinsically related to the flow of people, making even more evident the greater vulnerability in the displacements made by public transport.

Keywords: SARS-CoV-2, Urban mobility, Collective transport.

Resumen Muchos estudios enfatizan la relación entre aglomeración de personas y la propagación del SARS-CoV-2 (COVID-19), sin embargo, los estudios que investigan específicamente el flujo de contaminación en el transporte colectivo son escasos. Ante este escenario, el objetivo de este trabajo es investigar la influencia del movimiento y flujo de personas en el transporte público en el aumento del número de casos de COVID-19. La metodología empleada consistió en una encuesta bibliográfica y un análisis espacial comparativo de la evolución de la situación epidemiológica del municipio de Araraquara, estado de São Paulo, y los viajes del modal de transporte público. Hubo un fuerte aumento de los casos de COVID-19 en los lugares con mayor número de viajes, especialmente en los flujos de transporte público. La centralización de estos flujos a la Terminal Central de Integración intensifica la posibilidad de una mayor contaminación. Fue posible inferir que los lugares con mayor crecimiento en el número de casos están contenidos en las zonas con mayor número de viajes de origen y los lugares con mayor crecimiento porcentual en el número de casos en las áreas con mayor número de viajes de destino. Finalmente, se concluye que la propagación del COVID-19 está intrínsecamente relacionada con el flujo de personas, haciendo aún más evidente la mayor vulnerabilidad en los desplazamientos realizados por el transporte público.

Palabras Claves: SARS-CoV-2, Movilidad urbana, Transporte público.

Introdução

A partir do ano de 2019, o mundo enfrentou – e enfrenta – um contexto epidemiológico global sem precedentes na história contemporânea, afetando toda sua população e agentes antrópicos. A SARS-CoV-2, denominada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e popularmente conhecida como COVID-19, teve seu primeiro caso no continente asiático, mais especificamente na China, em Wuhan, no final do ano de 2019. Seu fluxo de contágio, entretanto, foi rápido, abrangendo-se em escala global, sendo considerada oficialmente uma pandemia global em março de 2020 (BARSASELLA *et al.*, 2022). Diante deste cenário, diversos estudos de cunho acadêmico e científico se dedicam ao estudo da disseminação do vírus, por meio de identificação de modelos e fluxos de contaminação, como os ensaios de Li *et al.* (2020) e Aloï *et al.*, (2020).

Apesar da atualidade destes, inúmeras publicações ainda se desenvolvem nesse curto intervalo de tempo, pressupondo a importância e relevância do entendimento do escopo (MIAH *et al.*, 2022; MITTAL; NI; SEO, 2020). Ainda em âmbito internacional, verifica-se artigos acadêmicos como os de Marsden e Docherty (2021), Loa *et al.* (2021), Zhou *et al.* (2021) e Parker *et al.* (2021) que, mediante processos metodológicos e análises, buscaram entender impactos desses elementos. A fim de contextualizá-los, o primeiro, deste modo, busca fazer uma análise quantitativa e qualitativa sobre o setor de mobilidade urbana e sua importância na disseminação do COVID-19 no Reino Unido. O segundo e o terceiro seguem o mesmo procedimento, mas voltando-se as modalidades de viagens não obrigatórias na região metropolitana no município de Toronto, no Canadá, e aos impactos de políticas contra a disseminação viral no transporte urbano na China. Por fim, os últimos autores partem para um entendimento sistêmico do comportamento de viagem dos usuários de transporte público no Estados Unidos e seus reflexos.

Alguns autores destacam ainda a complexidade no que tange o desincentivo ou proibição do uso do transporte público, o qual está presente

em muitas diretrizes internacionais, pois o funcionamento das atividades essenciais nas cidades, como saúde, segurança e subsistência da cadeia alimentícia, depende diretamente do deslocamento de pessoas que, muitas vezes, dependem do transporte público (BARCELOS; BLANK, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

Observa-se assim que estudos voltados a esta problemáticas se estende por todo cenário mundial. Todavia, juntamente aos supracitados, análises de escopo nacional também têm sido realizados. Trabalhos como os de Magalhães *et al.* (2020), Silva *et al.* (2021), Silva *et al.* (2020) e Martinuci *et al.* (2020) voltam-se ao entendimento destes elementos no cenário nacional. Todos os autores buscaram fazer análises empíricas e práticas voltadas à dispersão do COVID-19 no território, pormenorizando seus estudos a análises urbanas e/ou regionais. Assim, os três primeiros trabalhos fazem uma análise regionalizada à fração nordeste do Brasil – mais especificamente com os dois primeiros voltados ao município de Recife, em Pernambuco, enquanto o terceiro busca uma análise de escala estadual, considerado a Bahia -, enquanto o último busca entender a dispersão epidemiológica no Paraná, estado da região sul do país.

Leiva, Sathler e Orrico Filho (2020) abordam a questão do fluxo a partir da situação de vulnerabilidade socioeconômica dos usuários de transporte. Em pesquisa conduzida em Belo Horizonte, eles identificaram que os casos de COVID-19 foram maiores nas áreas centrais, que concentram serviços públicos, como transporte, e constataram ainda a relação desses casos com a população que vive em áreas periféricas e necessitam transpassar áreas centrais devido ao uso de transporte.

Dentre as justificativas para tais publicações, menciona-se que, mesmo após diversas iniciativas de vacinação e implementação de medidas restritivas por parte dos setores governamentais competentes e gestores públicos locais – como o distanciamento social, a utilização de máscaras e o uso do álcool para esterilização – o fluxo de contaminação, seja em escala municipal, regional, nacional ou internacional ainda é observado e especializado, tendo assim um

caráter de expansão altamente fluido. Contextualizando esta problemática para o cenário brasileiro, o Boletim Epidemiológico número 07 do Ministério da Saúde (2020), publicado em 6 abril de 2020, identificou redução na taxa de transmissibilidade – que pode ser entendida como o número médio de contágio causado por cada indivíduo infectado – após a verificação e intensificação de medidas de distanciamento supracitadas no presente parágrafo, atreladas ao avanço das campanhas de vacinação iniciadas no Brasil em janeiro de 2021. Por outro lado, países como o Peru (ALATRISTA GARCIA *et al.*, 2022) e o continente europeu (JAVAKHISHVILLI *et al.*, 2022) ainda se observa um fluxo de contaminação e disseminação viral mais significativos em alguns contextos.

Dentre as justificativas para o contágio e contaminação por COVID-19, alguns estudos apontam a intensidade entre o contato de pessoas (SILVA; SILVA; MATTOS, 2020). Neste cenário, entende-se que a circulação de pessoas e o inerente fluxo no território têm uma relação causa-efeito para a velocidade de contaminação do vírus (MATOS *et al.*, 2022). Uma vez entendido essas conexões e inferências, no que tange a mobilidade da sociedade civil no território, as análises de transmissibilidade do vírus podem ser investigadas mediante suas vertentes bem definidas e pré-estipuladas: a mobilidade em escala global e mobilidade em escala local.

No primeiro caso, voltado à escala global, as análises com foco no setor de transporte abrangem os efeitos da mobilidade que transpõem os limites nacionais, buscando identificar o “caminho” da disseminação dos casos confirmados entre eles (FAN *et al.*, 2020). Estudos como este foram pioneiros em relação ao entendimento da temática e à frente local, apresentando resultados que enfatizam os fluxos de contágio mais disseminados mundialmente – assim como as proposições de Chinazzi *et al.*, 2020 e, mais uma vez, Aloi *et al.*, 2020.

Já a segunda vertente de entendimento de fluxos e contágio abordam uma escala local – compreendendo o universo de pesquisas que analisam âmbitos inter e intra-municipais – e, inicialmente, englobaram análises

basicamente quantitativas correlacionadas à redução no número de viagens como, por exemplo, uma pesquisa publicada pela empresa Google, que revelou uma queda brusca no tocante a viagens locais e regionais em praticamente todos os países (GOOGLE, 2020). Este estudo foi amplamente debatido e abrangente, alcançando uma série pesquisadores e cientistas.

Ainda neste cenário, outro ponto alvo de investigação se refere as mudanças nos modais de transporte e mobilidade de pessoas, visto que as autoridades internacionais de saúde passaram a desencorajar a utilização do transporte público coletivo, recomendando então o uso de modais individuais, tais como motocicletas, automóveis, bicicletas, etc (ALOI *et al.*, 2020; MOOVIT, 2020). Com base nestas considerações e estudos, entende-se que a medida em que as restrições de isolamento social vêm sendo amenizadas, monitorar o risco de contágio associado ao uso do transporte coletivo ainda é uma demanda atual e extremamente importante para o entendimento da disseminação do vírus.

Assim, entendendo a demanda por estudos que relacionem a transmissibilidade de COVID-19 com tipologias de transporte e assumindo a importância da análise desta problemática, o presente trabalho buscou responder e realizar uma investigação de cunho quantitativo e qualitativo acerca da influência da circulação e fluxo de pessoas através do modal público no aumento do número de casos de COVID-19 no âmbito intra-municipal. Para tanto, como universo de estudo, foi estabelecida uma análise comparativa com o objetivo de avaliar a evolução da situação epidemiológica do município de Araraquara, localizada no interior do estado de São Paulo, em um recorte temporal que abrange os meses de dezembro de 2020 e julho de 2021, além do número de viagens total e do modal transporte coletivo nesse mesmo recorte.

Caracterização da área de estudo

Conforme mencionado na introdução deste trabalho, o estudo foi desenvolvido no município de Araraquara, localizado no interior do estado de São Paulo – mais precisamente na sua porção nordeste – com aproximadamente 270 km de distância da capital estadual, o município de São Paulo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2020, sua população total é estimada de 238.339 habitantes, distribuídos em uma área de 1.003,63 km², o que reflete em uma densidade demográfica de 237,48 hab./km². Isto, em aspectos comparativos, denota uma elevada densidade populacional se comparada à média estadual, que tem uma densidade de 187,93 hab./km² - levando Araraquara ao posto de 37º município mais populoso do estado.

A Figura 1 representa a localização do município, assim como sua densidade populacional nas diferentes Macrozonas de Tráfego (MZT) – que podem ser entendidas como a subdivisão empregada no município a caráter de planejamento e gestão urbanas e, portanto, adotada neste estudo como subunidade de análise territorial.

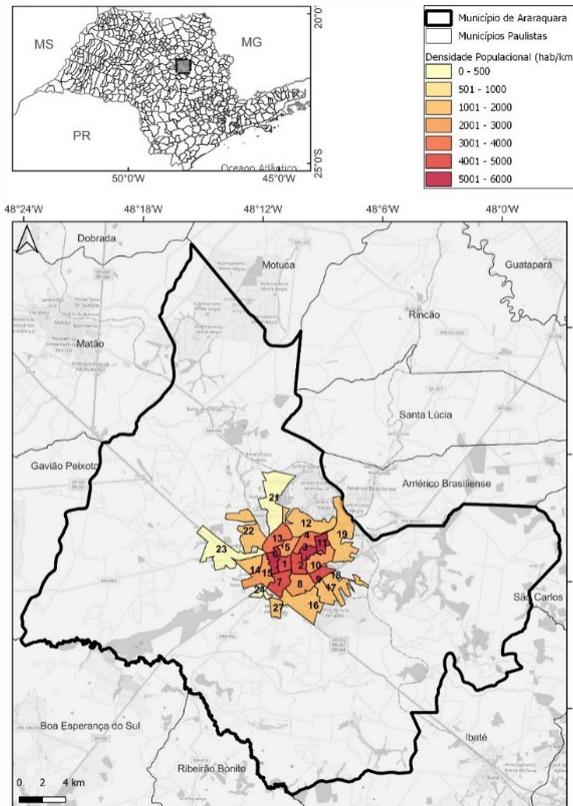
De forma holística, observa-se que algumas Macrozonas apresentam maior concentração populacional, como as MZT 4,6 e 11, com densidade variando entre 5001 e 6000 hab./km². Por outro lado, MZT como a 21, 23 e 24 têm uma baixa concentração populacional, com taxas que influem entre 0 e 500 hab./km². Estes dados foram de suma importância na seção voltada à análise e discussão dos resultados.

Correlação entre contágio de COVID-19 e fluxo pelo modal transporte público: análise espacial no município de Araraquara (SP).

Felipe Facci Inguaggiato

Tatiane Ferreira Olivatto

Figura 1- Localização do Município de Araraquara e Densidade Populacional por MZT.



Fonte: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2020. Org.: Autores, 2022.

Por fim, o município de Araraquara se situa entre importantes rodovias estaduais, como a SP-225, responsável por ligar o município a Ribeirão Preto, Jaú, Bauru e Marília; a SP-257, interligando-a a Américo Brasiliense, Rincão e Santa Lúcia; e a SP-310, a Washington Luís. A conectividade entre estas vias e o município facilita o acesso e os deslocamentos de e para Araraquara, o que dá caráter intrínseco ao alto grau de fluidez que, atrelado a seu elevado índice de população urbana, que representa 97,16% de sua totalidade (IBGE, 2010), fomenta os fluxos inter e intramunicipais. Entretanto, somente os deslocamentos intraurbanos serão compreendidos neste trabalho.

Materiais e Métodos

Apesar de representado por todo limite municipal de Araraquara, o foco do estudo voltou-se a área urbana do mesmo – abrangendo cerca de 91,85 km² - subdividida em 33 MZTs (conforme ilustrado na Figura 1). Os processos metodológicos e de desenvolvimento do trabalho confluíram na seguinte esquemática: (i) revisão bibliográfica e documental; levantamento e tratamento de dados para elaboração de mapas temáticos e produtos cartográficos; e (iii) análise comparativa entre o crescimento de casos relacionados à COVID-19 e fluxo de pessoas.

A primeira etapa, entendida como a revisão bibliográfica e documental, buscou pela literatura relevante no que tange a circulação populacional por COVID-19, explorando conceitos relacionados aos fluxos de disseminação viral, mediante publicações científicas e acadêmicas – através de palavras chave como contaminação, fluidez, COVID-19, etc. -assim como documentos oficiais do universo de estudo estabelecido – o município de Araraquara – e seu respectivo Plano de Mobilidade Urbana.

Subsequentemente, a próxima etapa é correlacionada ao levantamento e tratamento de dados, responsável pela aquisição dos mesmos relacionados à mobilidade urbana municipal, que por sua vez estão estruturados conforme suas macrozonas – referentes aos dados públicos resultantes das pesquisas de origem-destino realizadas na ocasião do desenvolvimento do Plano de Mobilidade Urbana Municipal, realizada entre dezembro de 2022 e julho de 2021, por meio de questionário online e coleta de dados .

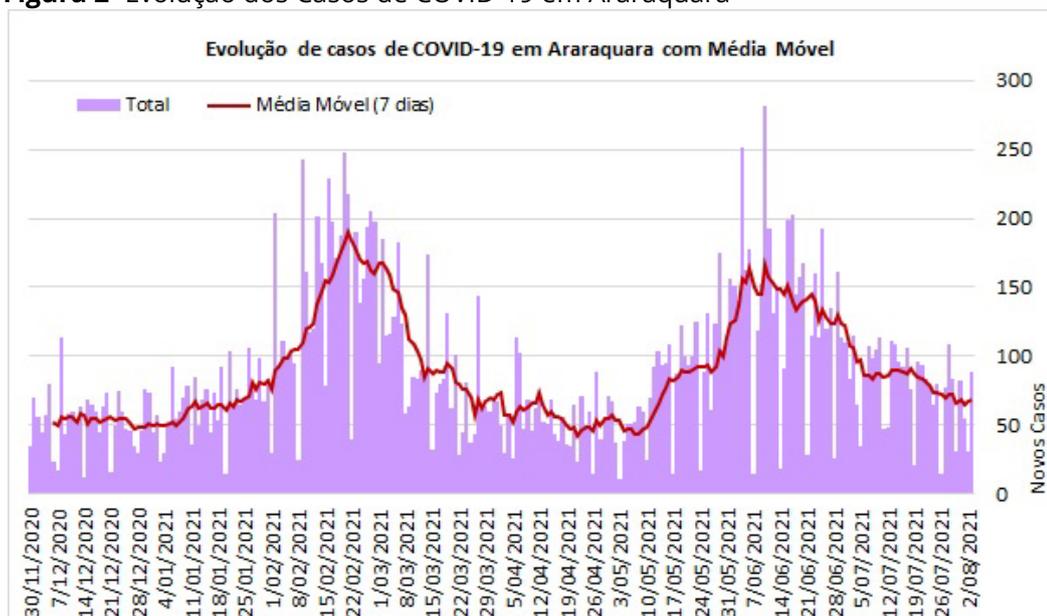
Optou-se pela investigação de origem e destino total e origem e destino por ônibus, através dos mapas elaborados e disponibilizados na Revisão do Plano de Mobilidade de Araraquara (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA, 2020). Especificamente, foram analisados os seguintes mapas: a. Mapa de MZT classificada por origem e destino das viagens diárias (% total da amostra); b.

Mapa de MZT classificada por origem e destino das viagens diárias (viagens por ônibus); c. Divisão Modal dos Deslocamentos no município de Araraquara; d. Viagens com origem (% total da amostra); e. Viagens com destino (% total da amostra); f. Todas as viagens (% total da amostra); g. Viagens com origem e destino sem vínculo com a MZT 1; h. Viagens com origem (transporte público); i. Viagens com destino (transporte público); j. Todas as viagens (transporte público); k. Viagens com origem e destino sem vínculo com a MZT 1 (transporte público).

Atrelado aos dados referentes aos fluxos e circulação municipal, as informações referentes aos casos de COVID-19 no município foram obtidas do projeto Urbie Maps , que organiza o número de casos por bairro do município de Araraquara (OLIVATTO; DOMINGUES; LIMA, 2020). Optou-se por obter o número de casos que contemplassem inteiramente os meses de dezembro de 2020 e julho de 2021, mais especificamente entre 30/11/2020 e 03/08/2021, correspondentes ao período de realização da pesquisa origem-destino já mencionada. Cabe mencionar que este período compreende, além do intervalo de realização da pesquisa origem-destino, o período no qual verificaram-se dois picos da doença no município, conforme verificado na Figura 2. Este período contempla também os dois *lockdowns* realizados no município, entre os dias 21 de fevereiro e 2 de março de 2021 e entre os dias 20 e 27 de junho de 2021, períodos que antecedem queda significativa no número de casos registrados (vide Figura 2).

Para viabilizar as análises com base nos dados de mobilidade urbana, os dados de casos de COVID-19 foram agrupados de acordo com as MZT, extraindo-se o crescimento de casos para o referido período em números absolutos e percentuais. O tratamento dos dados e elaboração dos produtos cartográficos foram conduzidos no software gratuito QGIS 3.22. Deste modo, viabilizou-se a condução de uma análise comparativa entre o crescimento de casos e fluxo de pessoas, com base nas informações levantadas e elaboradas.

Figura 2- Evolução dos Casos de COVID-19 em Araraquara



Fonte: Olivatto; Domingues; Lima, 2020. Org.: Autores, 2022.

Resultados e Discussões

O fluxo e circulação são elementos de influência significativa no processo de transmissão e contaminação do COVID-19. Além disso, sob uma perspectiva teórica, vale ressaltar Santos (1996), que afirma que os fluxos são os elementos centrais que alimentam os fixos territoriais. Estes, muitas vezes, são associados a sistemas de transportes ou sistemas de movimento, conforme Contel (2001).

Assim, são estes sistemas de movimentos que regulamentam o processo de circulação e, num contexto epidemiológico, podem promover o contágio de doenças virais em diversas escalas. No caso da presente investigação, trata-se da escala municipal urbana, na qual os movimentos de pessoas estão intrinsecamente ligados aos sistemas rodoviários, viários e circulação pedestre, perpassando de localidade para localidade no município.

Hagerstrand (1967), ao encontro destas constatações, tem como teoria que alguns elementos difusores de circulação e fluxo podem ser divididos em diferentes processos, da seguinte forma: movimentos de expansão, realocação, contágio e hierarquia. Todavia, vale ressaltar que todos processos se

correlacionam tanto de forma síncrona como na mesma escala temporal, sendo (ou não) na mesma espacialidade.

Ainda de acordo o mesmo autor, a expansão pode ocorrer conforme a difusão por contágio, e está intimamente ligada à distância – levando a constatação que indivíduos mais próximos tendem a se contaminar de forma mais fácil. Entretanto, Silva (1995) aponta que a expansão – e por conseguinte, a contaminação – também pode ocorrer em forma de dispersão por cascata, com a transmissão ocorrendo por meio de ordem e hierarquia. Assim, podemos concluir que os estágios de contágio ocorrem, primeiramente, por difusão em hierarquia, seguido pelo próprio contágio em si, e por último, em realocação (o fluxo, propriamente dito). Desse modo, vale lembrar que as escalas ocorrem em espacialidades variadas, e no presente artigo, será trabalhada a escala geográfica municipal.

Por fim, observa-se que o fluxo e a circulação de pessoas propõem uma difusão hierárquica no processo de difusão de doenças – assim como as pandemias, tal qual a COVID-19. Isto torna a análise da difusão e contaminação viral no município de Araraquara um assunto delicado, uma vez que os fluxos dentro do próprio apresentam capilaridades e heterogeneidades (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA, 2020).

Uma particularidade em relação ao município objeto de estudo foi a realização de dois *lockdowns* na ocasião de tendência de aumento significativo no número de casos no município, indicando a preocupação do poder público em relação à situação epidemiológica local e reforçando o impacto direto dos fluxos na contaminação de pessoas, principalmente, se considerarmos que o número de casos decresceu após estes *lockdowns* (conforme constatado a partir da Figura 2).

De acordo com a pesquisa origem-destino realizada para o desenvolvimento do Plano de Mobilidade de Araraquara (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA, 2020), os deslocamentos no município durante o período de restrições relacionado à pandemia de COVID-19 se dividem nos

seguintes modais: automóveis (39,9%), incluindo táxi e aplicativos; ônibus (35,5%); motocicleta (7,9%); a pé (10,8%); bicicleta (4,9%); transporte adaptado para deficientes e transporte escolar (1%).

No que se refere a transmissão e fluxo epidemiológico, o modal predominante automóveis denota maior seguridade por referir-se a um meio individualizado, com menor ou nenhum contato entre indivíduos. Já o segundo modal mais predominante, o ônibus, enfatiza a vulnerabilidade de 35,5% do total de deslocamentos do município que utilizam uma rede de 38 linhas funcionais de transporte coletivo público que, no contexto epidemiológico, dificulta e inviabiliza um efetivo distanciamento social (apesar da premissa de utilização de máscara em ambientes fechados e transporte coletivo).

Seguindo adiante na análise comparativa, na Figura 3 é possível encontrar as porcentagens de origem e destino em cada MZT, sendo que a Figura 3a se refere ao total de viagens do município e a Figura 3b apenas às viagens do modal transporte coletivo público (ônibus). Já a Figura 4 contém o crescimento de casos confirmados de COVID-19 no município para o mesmo período de realização da pesquisa origem-destino.

Comparando as Figuras 3 e 4, é possível conduzir uma análise holística da correlação entre o crescimento de casos de COVID-19 (tanto do ponto de vista percentual quanto do número de casos) e as MZT com maior percentual de origem-destino de viagens – sejam elas por amostras totais ou por transporte público.

É o caso das MZT 20, 19, 10 e 2, que embora não apresentem um percentual significativo de crescimento de casos, apresentam crescimento no número absoluto de casos. Ao encontro destes dados, estas zonas apresentam também um elevado percentual de fluxo de pessoas em sua origem – como no caso das supracitadas – confluindo para uma análise conclusiva que, em regiões em que ocorre maior fluxo de pessoas, o número de casos também aumenta, levando em consideração as teorias de Santos (1996) e Hagerstrand (1967).

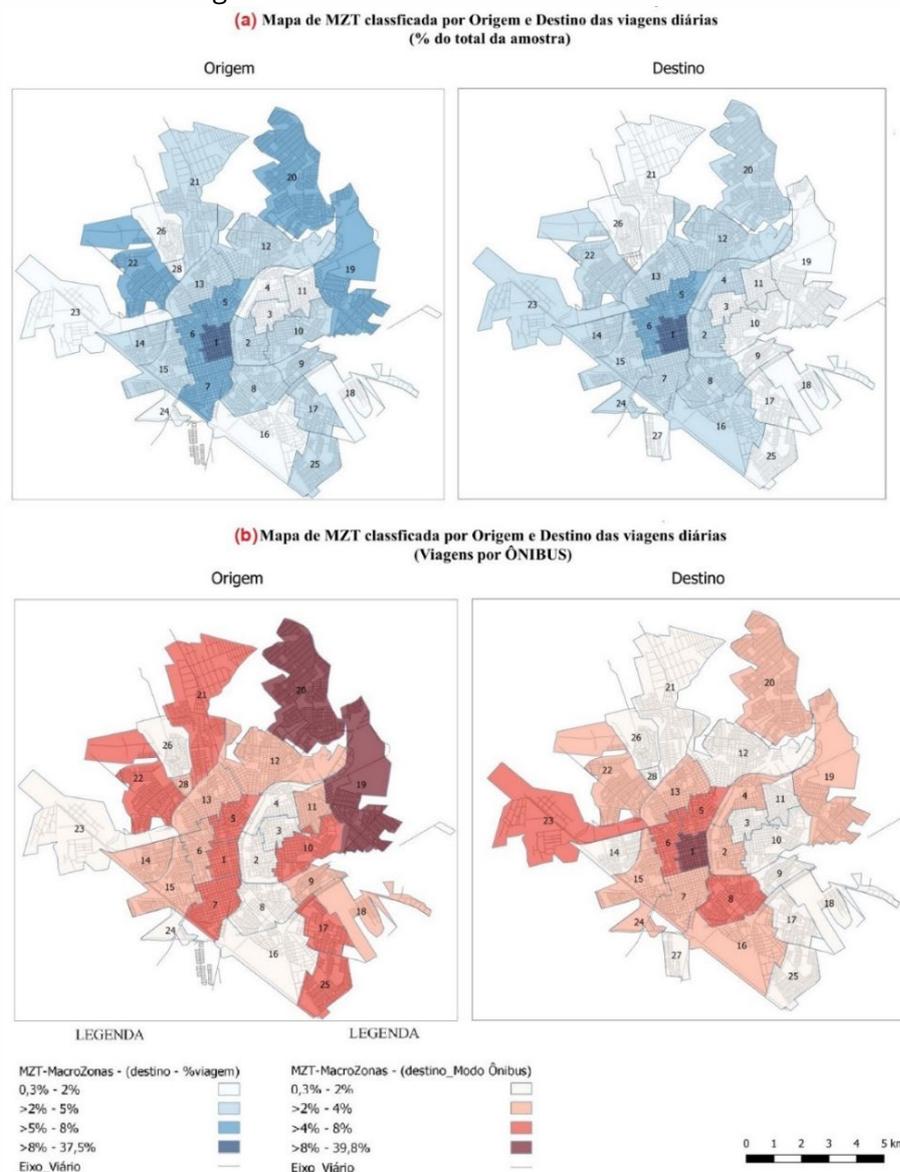
Correlação entre contágio de COVID-19 e fluxo pelo modal transporte público: análise espacial no município de Araraquara (SP).

Felipe Facci Inguaggiato

Tatiane Ferreira Olivatto

Por outro lado, a recíproca se faz verdadeira. Enquanto em regiões com alto fluxo de pessoas corroboram para um elevado percentual e número de casos, MZT com menor fluxo de origem-destino apresentam também um baixo número de casos e crescimento de contaminação viral. É possível constatar esta afirmação observando nas Figuras 3 e 4 as MZT 26, 27 e 28, que apresentam tanto um baixo fluxo de pessoas quanto baixos índices de contaminação.

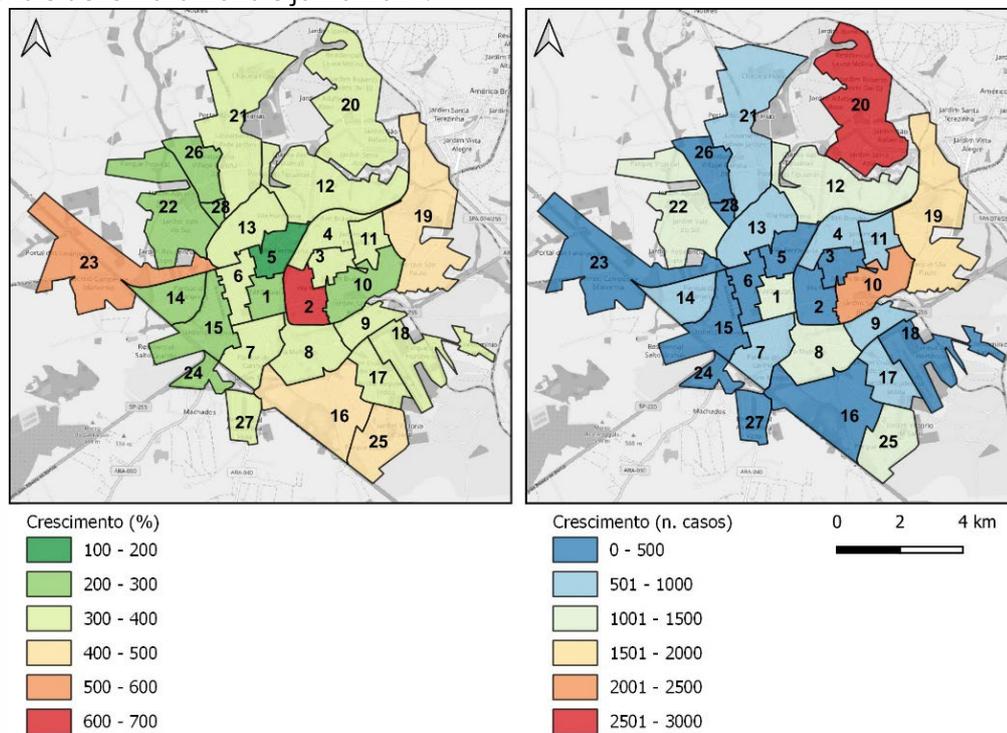
Figura 3- Mapa de Origem e Destino: (a)% em relação ao total de viagens e (b)% em relação ao total de viagens de ônibus.



Fonte: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2020

Além disso, também é possível constatar uma maior concentração de casos e, como já mencionado, maior fluxo origem/destino, nas regiões nordeste e noroeste, assim como na parte central, possibilitando a espacialização dos casos de forma holística. Do mesmo modo, a região sudeste apresentou um menor crescimento percentual de casos - o que está intrinsecamente ligado à Figura 3, que demonstra menor fluxo em relação a origem/destino. Os fluxos, por sua vez, são melhor representados nas Figuras 5 e 6.

Figura 4- Crescimento dos Casos de COVID-19 nas MZT do Município de Araraquara entre dezembro/2020 e julho/2021.

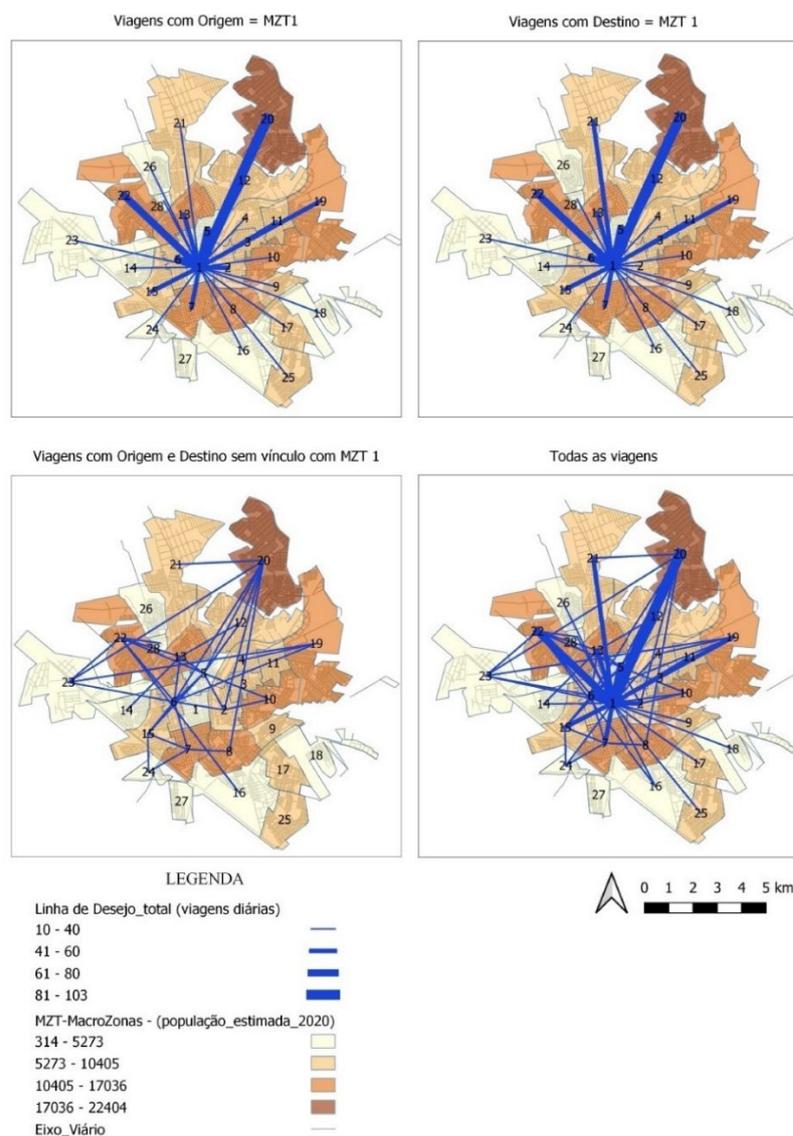


Fonte: Olivatto; Domingues; Lima, 2020. Org.: Autores, 2022.

Inicialmente, é possível constatar que os fluxos são mais heterogêneos no fragmento voltado ao “total da amostra” (Figura 5). Isso ocorre, principalmente, devido a independência e ao fluxo desuniforme que os veículos individuais condicionam – o que se, por um lado, dissemina com maior fluidez os fluxos, por outro, ele diminui o contágio, devido à restrição e menor contato entre as pessoas.

Já os fluxos por meio de transporte público (Figura 6), por sua vez, apresentam maior uniformidade e origem/destino ortodoxos, justificados pelo desenho das linhas e mecanismo de integração adotado pelo transporte público municipal, estruturado de forma a concentrar origem/destino de todas as linhas no Terminal Central de Integração. Assim, embora a disseminação de seus fluxos seja menor que a de transportes individuais – como o carro, por exemplo –, a contaminação é maior, vide a maior concentração de pessoas em seus veículos e inviabilidade de seguimento de todas as medidas protetivas, como o distanciamento social.

Figura 5- Fluxos de Origem e Destino – Amostra Total.



Fonte: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2020.

Correlação entre contágio de COVID-19 e fluxo pelo modal transporte público: análise espacial no município de Araraquara (SP).

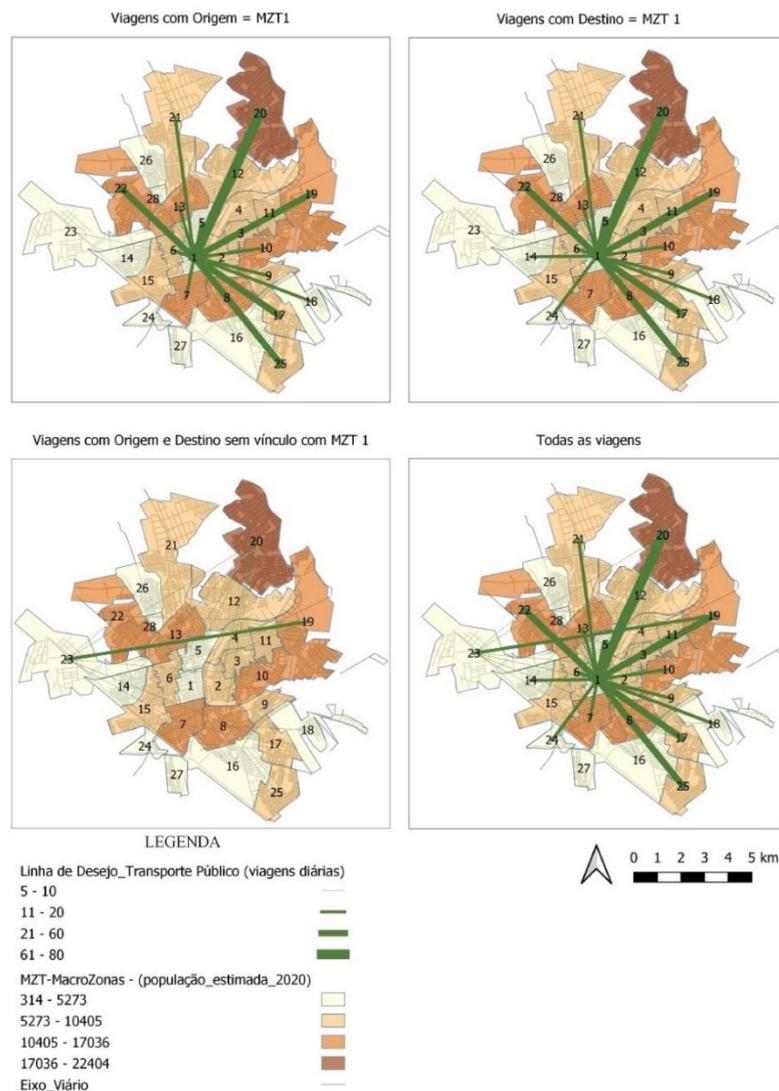
Felipe Facci Inguaggiato

Tatiane Ferreira Olivatto

Este fato se confirma a partir da observação do número médio de viagens por hora ao longo de dias úteis e finais de semana, ilustradas na Figura 7, possibilitando inferir o número aproximado de pessoas que permanecem aglomeradas simultaneamente no Terminal Central de Integração.

Este gráfico evidencia a vulnerabilidade à contaminação dos usuários do transporte público, principalmente, aqueles que o utilizam em dias úteis. Nestes dias, verifica-se o pico de viagens entre 6hrs e 8hrs e 16hrs e 18hrs, variando de 103 a 122 viagens por hora – com média de 114,67partidas/hora nestes horários. Entre estes picos, a média de viagens permanece elevada, entre 90 e 94 viagens por hora.

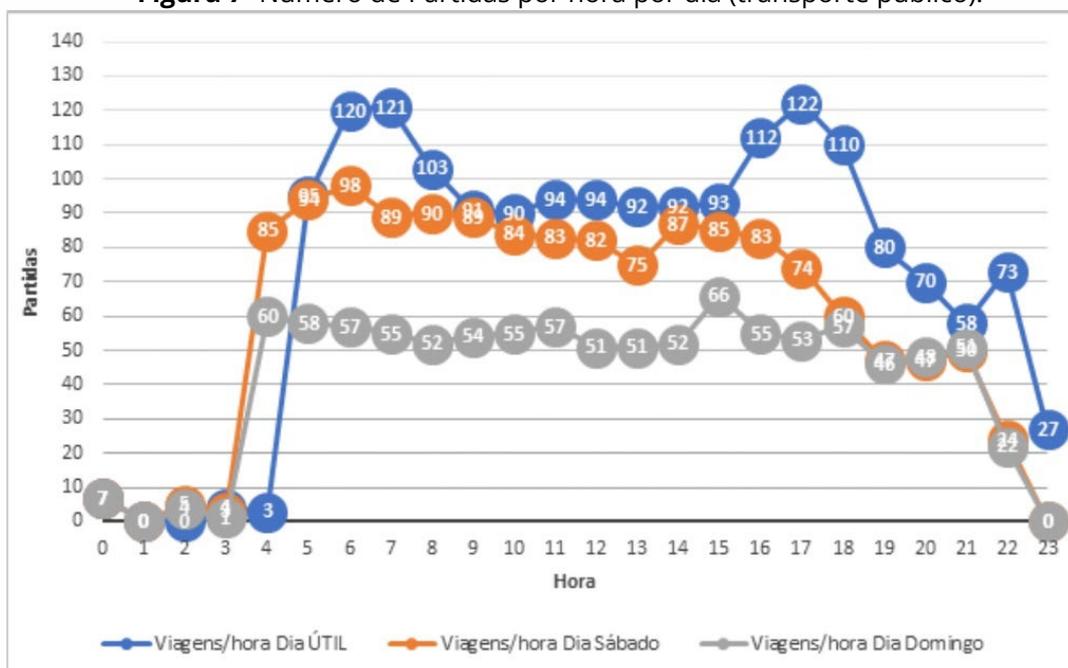
Figura 6- Fluxos de Origem e Destino – Transporte Público.



Fonte: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2020.

Este gráfico evidencia a vulnerabilidade à contaminação dos usuários do transporte público, principalmente, aqueles que o utilizam em dias úteis. Nestes dias, verifica-se o pico de viagens entre 6hrs e 8hrs e 16hrs e 18hrs, variando de 103 a 122 viagens por hora – com média de 114,67partidas/hora nestes horários. Entre estes picos, a média de viagens permanece elevada, entre 90 e 94 viagens por hora.

Figura 7- Número de Partidas por hora por dia (transporte público).



Fonte: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2020.

Esses números refletem intensa circulação de pessoas no Terminal Central e, segundo estudo realizado pela Fiocruz Pernambuco em 2021, há maior ocorrência de vírus em terminais de ônibus do que em áreas próximas às unidades de saúde (DA SILVA *et al.*, 2021), refletindo maior vulnerabilidade aos usuários do transporte público uma vez que o terminal representa, por si só, um vetor de transmissão e um ambiente propício à contaminação.

Por fim, ainda é possível reforçar as afirmações apresentadas sobre os fluxos origem/destino e as maiores zonas de contágio, uma vez que as áreas que justamente apresentam maior número de casos e percentual de seu

aumento (Figura 3) são aquelas ligadas pelos fluxos apresentados na Figura 5, contemplando, de forma concreta, o observado ao longo deste artigo.

Além desta análise comparativa em termos quantitativos, cabe uma reflexão acerca de como a escolha dos modais de viagem podem ser influenciadas em contextos epidemiológicos e, dependendo da durabilidade do evento, pode impactar na relação oferta-demanda e custo do transporte coletivo. Considerando ainda a vulnerabilidade da parcela específica da população que opta ou depende deste modal, as análises conduzidas evidenciaram a importância e a necessidade de políticas públicas que extrapolem a esfera específica da medicina - como uso de máscara, vacinação e distanciamento social -, mas que também estruturam o planejamento da mobilidade para se adaptar nestas situações, prevendo, por exemplo, ações provisórias (ou não) de descentralização de terminais de ônibus urbanos e redistribuição de oferta de acordo com a demanda, visando evitar aglomerações em horários de pico.

Considerações Finais

Embora não seja possível afirmar que o contágio se deu necessariamente no interior do transporte público, pode-se constatar que a contaminação e disseminação de doenças virais e epidemias, como o COVID-19, por exemplo, está intrinsecamente ligada ao fluxo de pessoas no espaço, sendo a mesma, fator preponderante na sua difusão. Foi possível observar e analisar estes argumentos teóricos considerando, como estudo de caso, o município de Araraquara, no interior do Estado de São Paulo, o qual destacou-se no contexto nacional por ter adotado medidas e práticas de distanciamento social mais restritivas, como por exemplo, dois *lockdowns*.

Os resultados evidenciaram a relação direta entre a origem e o destino da sociedade civil – seja ela por meio de transportes individuais ou públicos – com a difusão e o aumento de casos de COVID-19. Verificou-se que os locais

com maior crescimento de número de casos estão contidos nas zonas com maior quantitativo de viagens de origem e os locais com maior crescimento percentual de número de casos nas zonas com maior quantitativo de viagens de destino.

No caso específico do transporte público, o Terminal Central de Integração é comum à todas as viagens. Esta característica é o principal diferencial entre os dois modais de mobilidade urbana no município – automóveis e ônibus – e, no tocante a medidas restritivas, acarreta em maior grau de contaminação na população que utiliza o segundo modal em detrimento dos outros.

Neste sentido, constata-se a maior vulnerabilidade da população que necessita utilizar o transporte público, principalmente, se considerarmos que essas pessoas frequentemente continuam a fazer uso do transporte coletivo e do terminal de integração nas ocasiões de medidas restritivas como o isolamento e distanciamento social, pois compõem parte dos prestadores de serviços essenciais. Por outro lado, mesmo na ausência de medidas restritivas, a situação precária e de superlotação do transporte coletivo em muitos locais, por si só, apresenta-se como fator potencial de agravamento da situação epidemiológica de COVID-19.

Por fim, fica clara a correlação entre o contágio e fluxo nos espaços urbanos, mediante a necessidade e intensificação da circulação de pessoas na sua espacialidade, o que os autores consideram a principal contribuição deste ensaio.

Referências

ALATRISTA GARCÍA, O.E. *et al.* Revisión bibliográfica del comportamiento epidemiológico del COVID-19 em el Perú, período marzo del 2020 a enero del 2022. **Situa**, Cusco, v.25, n.1, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.51343/si.v25i1.877>. Disponível em: <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/SITUA/article/view/877>. Acesso em: 30 mar. 2023.

ALOI, A.; *et al.* Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). **Sustainability**, v. 12, p. 3870-3888, 2020. DOI: 10.3390/su12093870. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3870>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BARSASELLA, D. *et al.* Information Flow and Data Gaps in COVID-19 Recording and Reporting at National and Provincial Levels in Indonesia. **Healthcare**, v. 10, n. 2, 2022. DOI: 10.3390/healthcare10020204. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8872239/>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BARCELOS, M. M.; BLANK, C. **Transporte coletivo e transmissão da Covid-19: o que dizem os estudos**. WRI Brasil, 1 out. 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/transporte-coletivo-e-transmissao-da-covid-19-o-que-dizemosestudos> Acesso em: 07 dez. 2023.

CHINAZZI, M. *et al.* The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. **Science**, v. 368, p. 395–400, 2022. DOI: 10.1126/science.aba9757. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32144116/> . Acesso em: 15 jan. 2023.

CONTEL, F. B. Os sistemas de movimento do território brasileiro. In: SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil**, São Paulo: EDUSP, p. 357-375, 2001.

DA SILVA, S.J.R. *et al.* Widespread contamination of SARS-CoV-2 on highly touched surfaces in Brazil during the second wave of the COVID-19 pandemic. **Environ Microbiol**, v. 23, p. 7382-7395, 2021.

FAN, C. *et al.* The relationship between the migrant population's migration network and the risk of COVID-19 transmission in China—Empirical analysis and prediction in prefecture-level cities. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, p. 2630-2641, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17082630. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7215340/> Acesso em: 15 jan 2023.

GOOGLE. **COVID-19 Community Mobility Reports**. 2020. Disponível em: <https://www.google.com/covid19/mobility/> . Acesso em: 11 out. 2022.

HAGERSTRAND, T. **Innovation diffusion as a spatial process**. Chicago: University of Chicago Press. 1967.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> . Acesso em: 10 dez. 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama> . Acesso em: 14 dez. 2020.

JAVAKHISHVILI, J.D. *et al.* Dealing with the COVID-19 pandemic in Europe: five lessons from the European Society for Traumatic Stress Studies, **European Journal of Psychotraumatology**, v.13, n.1. 2022. DOI: 10.1080/20008198.2022.2046330. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35558684/>. Acesso em: 28 jan. 2023.

LEIVA, G.; SATHLER, D.; ORRICO FILHO, R. Estrutura urbana e mobilidade populacional: implicações para o distanciamento social e disseminação da Covid-19. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 37, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0118>. Disponível em: <https://rebep.org.br/revista/article/view/1635>. Acesso em: 07 dez 2023.

LI, L. *et al.* Propagation analysis and prediction of the COVID-19. **Infect. Dis. Model.**, v.5, p. 282-292. 2020.

LOA, P. *et al.* Exploring the impacts of COVID-19 pandemic on modality profiles for non-mandatory trips in the Greater Toronto Area. **Transport Policy**, v. 110, p.71-85, 2021.

MARSDEN, G.; DOCHERTY, I. Mega-disruptions and policy change: Lessons from the mobility sector in response to the COVID-19 pandemic in the UK. **Transport Policy**, v.110, p.86-97, 2021.

MAGALHAES, J.J.F. *et al.* Epidemiological and clinical characteristics of the first 557 successive patients with COVID-19 in Pernambuco state, Northeast Brazil. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v.38, 2020. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101884. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32971239/> Acesso em: 12 dez. 2022.

MARTINUCCI, O.S. *et al.* Dispersão do COVID-19 no Estado do Paraná. Hygeia – **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Edição Especial, p. 251-262. 2020.

MATOS, M. *et al.* Compassion Protects Mental Health and Social Safeness During the COVID-19 Pandemic Across 21 Countries. **Mindfulness**, v. 13, p. 863-880, 2020.

MAIH, M.S. *et al.* COVID-19 transmission flow through the stigmatization process in Bangladesh: a qualitative study. **Lifestyle Med**, v. 3, n. 1, p. 01-07. 2022. DOI: 10.1002/lim2.52. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9015364/> Acesso em: 20 dez. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim Epidemiológico Covid-19: N° 07**. Brasília. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/boletins-epidemiologicos> . Acesso em: 17 dez. 2020.

MITTAL, R.; NI, R.; SEO, J.H. The Flow Physics of COVID-19. **Journal of Fluid Mechanics**, v. 894, n. 2, p. 01-14. 2020. DOI: 10.1017/jfm.2020.330. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020JFM...894F...2M/abstract>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MOOVIT. **Impact of Coronavirus (COVID-19) on Public Transit Usage**. 2020. Disponível em: https://moovitapp.com/insights/en/Moovit_Insights_Public_Transit_Index-countries . Acesso em: 11 out. 2022.

PARKER, M.E.G. *et al.* Public use in the United States in the era of COVID-19: Transit rider's travel behavior in the COVID-19 impact and recovery period. **Transport Police**, v. 110, p. 53-62, 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA. **Revisão do Plano de Mobilidade de Araraquara**: Relatório 10/14. Araraquara: 2020. Disponível em: https://www.nucleodegeo.ufscar.br/?page_id=2818 . Acesso em: 10 dez. 2021.

OLIVATTO, T.F.; DOMINGUES, J.M.M.; LIMA, B.J. Geotecnologias como subsídio na gestão pública da pandemia de COVID-19: o caso de Araraquara-SP. **Engenharia Urbana em Debate**, v. 1, n. 1, p. 90-102, 2020.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, [1996] 2020.

SILVA, A.M.J. **Desenvolvimento das Ações de Vigilância Sanitária no Município de Salvador**. 23p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)

– Departamento de Saúde Coletiva, Fiocruz Pernambuco, Pernambuco, p.23. 1995. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/36899/1/649.pdf> . Acesso em: 20 mai. 2022.

SILVA, R. J.; SILVA, K.; MATTOS, J. *Spatial analysis on the dispersion of COVID-19 in the state of Bahia. SciELO Preprints*. 2020. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.39. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/39> . Acesso em: 6 dec. 2022.

SILVA, C. F. A. da et al. Análise da correlação espacial entre os usuários de sistemas de transporte público e os casos de Covid-19: um estudo de caso para Recife (PE). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.16, n.4, 2020. DOI: 10.54399/rbgdr.v16i4.5989 Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5989> . Acesso em: 07 dez. 2023.

SILVA, S.J.R. *et al.* Widespread contamination of SARS-CoV-2 on highly touched surfaces in Brazil during the second wave of the Covid-19 pandemic. **Environmental Microbiology**, v.13, n.12, p.7382-7395, 2021.

ZHOU, H. *et al.* Impacts of COVID-19 and anti-pandemic policies on urban transport – na empirical study in China. **Transport Policy**, v.110, p. 135-149, 2021.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).



Correlação entre contágio de COVID-19 e fluxo pelo modal transporte público: análise espacial no município de Araraquara (SP).

Felipe Facci Inguaggiato

Tatiane Ferreira Olivatto

Publisher

Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Socioambientais. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuição dos autores

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo. As tarefas de concepção e design do estudo, preparação e redação do manuscrito, bem como, revisão crítica foram desenvolvidas em grupo. O primeiro autor, Felipe Facci Inguaggiato, ficou especialmente responsável pelo desenvolvimento teórico-conceitual e discussão dos resultados. A segunda autora, Tatiane Ferreira Olivatto, pela aquisição e processamento de dados e análise dos mesmos.

Felipe Facci Inguaggiato - Doutorando em Engenharia Urbana, pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Engenharia Urbana, pela UFSCar. Pós-graduação lato sensu em Geoprocessamento Aplicado, pela UFSCar. Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é pesquisador do Grupo de Estudos em Planejamento Territorial e Ambiental, do Instituto Federal do Sul de Minas e foi pesquisador do grupo Geoprocessamento, da UFSCar. Tem experiência na utilização de Sistemas de Informações Geográficas, trabalhando com o ordenamento espacial e planejamento territorial urbano e ambiental.

Tatiane Ferreira Olivatto - Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos, com período de mobilidade na Universidad Nacional del Litoral. Mestrado em Engenharia Urbana pela UFSCar e graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas, com sanduíche na University of South Australia. Formação técnica em Geomática pelo Colégio Técnico de Limeira, especialização em Docência Universitária (concluída) e em Ciências de Dados (em andamento). Integra os grupos de pesquisa Geoprocessamento, Cartografia Ambiental Urbana e Métodos e Técnicas de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais.

Data de recebimento: 15 de julho de 2023

Aceite: 20 de dezembro de 2023

Publicação: 29 de fevereiro de 2024