

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PRODUÇÃO**

**A PANDEMIA POR COVID-19 E SEUS IMPACTOS NA**  
**MOBILIDADE URBANA: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO**  
**ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL**

**LARYSSA DE ANDRADE MAIRINQUE**

**Itajubá, 2021**

**LARYSSA DE ANDRADE MAIRINQUE**

**A pandemia por Covid-19 e seus impactos na mobilidade urbana: um estudo de caso utilizando análise estatística espacial**

**Trabalho submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.**

**Área de concentração: Sistemas de Produção e Logística**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josiane Palma Lima**

**ITAJUBÁ - MG**

**2021**

# AGRADECIMENTOS

Com a certeza de que não conseguiria chegar até aqui sozinha, agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me guiar diante dos desafios diários. Agradeço também à Nossa Senhora das Graças por interceder junto a Deus para que esse momento fosse possível. Sem fé eu não conseguiria chegar até aqui.

À minha família, meus principais motivadores, serei eternamente grata. Agradeço aos meus pais, Saulo e Gilcelene, por todo amor dedicado a mim e a nossa família, além de toda dedicação e apoio para que eu conseguisse chegar até aqui. Se cheguei até aqui, foi graças a vocês. Agradeço também ao meu irmão, Philippe, com quem pude contar com o companheirismo e incentivo ao longo dessa jornada.

Ao meu namorado André, sou muito grata por todo carinho, dedicação e demonstrações diárias de amor. Agradeço por me acompanhar ao longo dessa caminhada e torná-la mais leve por meio de seu apoio e incentivo constantes.

Agradeço de forma especial à minha orientadora, Josiane Palma Lima, por todos os ensinamentos compartilhados, conselhos e dedicação que foram essenciais para alcançar os objetivos deste trabalho.

Aos amigos que pude fazer na Unifei, e de modo especial aos amigos do LogTrans, agradeço por todo companheirismo existente durante todo esse período. Agradeço também a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção pelos ensinamentos e experiências compartilhados ao longo de todo o curso.

Agradeço ainda à todas as pessoas de Itajubá e São João del Rei que responderam e divulgaram o questionário aplicado ao longo dessa pesquisa. Graças a vocês foi possível realizar esse estudo. Minha gratidão também ao 38º e 56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais por todo apoio e prontidão para o compartilhamento dos dados para a realização dessa pesquisa.

À instituição UNIFEI, agradeço por ter me acolhido desde 2019, e a todos os funcionários e servidores por sua dedicação.

Por fim, agradeço à CAPES pelos incentivos financeiros que viabilizaram a realização dessa pesquisa.

## RESUMO

Devido ao rápido avanço da doença por Covid-19 e sua disseminação em nível global, o novo coronavírus impactou expressivamente as atividades diárias das pessoas e criou um cenário sem precedentes, uma vez que, várias medidas foram implantadas como forma de reduzir o contágio e disseminação da doença pela Covid-19. Deste modo, um aprofundamento teórico sobre as variáveis sociais que podem influenciar na disseminação da doença, é importante para que as medidas de controle à Covid-19 sejam efetivas tanto no momento atual, quanto no futuro. Portanto, o trabalho tem como objetivo avaliar o impacto do padrão de viagens, aspectos de uso do solo e socioeconômicos na distribuição espacial dos casos de Covid-19. A metodologia é composta por modelagem com a utilização dos métodos de *Ordinary Least Squares* (OLS) e *Geographically Weighted Regression* (GWR). Foi realizado um estudo de caso em São João del Rei, um município de médio porte no estado de Minas Gerais. Inicialmente foi desenvolvido um estudo descritivo e espacial nas cidades de Itajubá e São João del Rei, ambas cidades de médio porte localizadas em Minas Gerais, como forma de avaliar como a pandemia por Covid-19 impactou nos deslocamentos e atividades diárias de seus habitantes, como também o impacto gerado na segurança pública e viária. Para isso foram utilizados dados de uma pesquisa sobre as atividades diárias da população antes e durante a pandemia aplicada em 2020 nas duas cidades, dados de acidentes de trânsito e assaltos em vias públicas coletados junto às Polícias Militares de cada cidade. Foi possível identificar que existem associações entre as variáveis sócio demográficas e o local de realização da atividade principal durante a pandemia por Covid-19 dos respondentes através da aplicação do teste Qui-quadrado de Pearson. Por meio de uma análise exploratória identificou-se nas duas cidades uma redução percentual da utilização do ônibus como meio de transporte, um aumento dos deslocamentos de curta duração de até 10 minutos, como também uma redução das frequências de acidentes e assaltos em vias públicas durante o período de análise, para as duas cidades. Na cidade de São João del Rei, a amostra com os dados apresentou melhor distribuição espacial e as informações sobre o número de casos de Covid-19 estavam disponibilizadas à toda população, possibilitando um estudo mais aprofundado com análise estatística, utilizando os métodos OLS e GWR com as variáveis determinadas para a cidade de São João del Rei. Os resultados mostram uma forte associação entre o número de casos de Covid-19 e diversas variáveis do padrão de deslocamento, socioeconômicas e uso do solo. A abordagem GWR mostrou-se uma ferramenta importante para explicar a distribuição espacial dos casos de Covid-19 no município, apresentando na maioria dos casos um melhor ajuste do que o método OLS. O estudo sobre a associação entre variáveis sociais e a propagação de doenças foi importante e continua sendo necessário. O resultado serve como subsídio ao planejamento da mobilidade urbana com medidas voltadas à segurança sanitária e atendimento da população durante e após esse período de crise, e assim fazer uso mais eficiente dos recursos públicos com vista ao desenvolvimento sustentável.

**Palavras chave:** Covid-19, Regressão geograficamente ponderada, Padrão de viagens, Uso do solo, Características socioeconômicas

# ABSTRACT

Due to the rapid advance of the disease by Covid-19 and its spread on a global level, the new coronavirus has significantly impacted people's daily activities and created an unprecedented scenario, since several measures were implemented as a way to reduce contagion and spread Covid-19 disease. Thus, a theoretical deepening on the social variables that can influence the spread of the disease, is important for the control measures to Covid-19 to be effective both in the present moment and in the future. Therefore, the work aims to assess the impact of travel patterns, land use and socioeconomic aspects on the spatial distribution of Covid-19 cases. The methodology consists of modeling using Ordinary Least Squares (OLS) and Geographically Weighted Regression (GWR) methods. A case study was carried out in São João del Rei, a medium-sized municipality in the state of Minas Gerais. Initially, a descriptive and spatial study was developed in the cities of Itajubá and São João del Rei, both medium-sized cities located in Minas Gerais, as a way to assess how the pandemic by Covid-19 impacted the travel behavior, and daily activities of its inhabitants, such as also the impact on public and road safety. For this, data from a survey on the daily activities of the population before and during the pandemic applied in 2020 in both cities were used, data from traffic accidents and assaults on public roads collected from the Military Police of each city. It was possible to identify that there are associations between socio-demographic variables and the place where the main activity was carried out during the pandemic by Covid -19 of the respondents through the application of Pearson's chi-square test. Through an exploratory analysis it was identified in both cities a percentage reduction in the use of buses as a means of transport, an increase in short trips of up to 10 minutes, as well as a reduction in the frequency of accidents and robberies on public roads during the analysis period, for both cities. In the city of São João del Rei, the sample with the data showed a better spatial distribution and information on the number of Covid-19 cases was available to the entire population, enabling a more in-depth study with statistical analysis, using the OLS and GWR methods with the variables determined for the city of São João del Rei. The results show a strong association between the number of cases of Covid-19 and several variables of the travel behavior, socioeconomic and land use. The GWR approach proved to be an important tool to explain the spatial distribution of Covid-19 cases in the municipality, showing in most cases a better fit than the OLS method. The study on the association between social variables and the spread of disease was important and remains necessary. The result serves as a subsidy to the planning of urban mobility with measures aimed at health security and service to the population during and after this period of crisis, and thus make more efficient use of public resources with a view to sustainable development.

**Keywords:** Covid-19. Geographically weighted regression. Travel behavior. Land use. Socioeconomic characteristics

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Etapas do trabalho.....	21
<b>Figura 2:</b> Local de estudo .....	25
<b>Figura 3:</b> Etapas de aplicação do OLS e GWR .....	30
<b>Figura 4:</b> Distribuição dos respondentes de Itajubá faixa de renda e escolaridade.....	38
<b>Figura 5:</b> Distribuição dos respondentes de São João del Rei faixa de renda e escolaridade .....	39
<b>Figura 6:</b> Distribuição dos entrevistados por posse de veículos e bicicleta em Itajubá .....	40
<b>Figura 7:</b> Distribuição dos entrevistados por posse de veículos e bicicletas São João del Rei... ..	40
<b>Figura 8:</b> Distribuição dos respondentes por modo de transporte .....	41
<b>Figura 9:</b> Distribuição por escolha de modo de transporte para a atividade principal em Itajubá .....	42
<b>Figura 10:</b> Distribuição por escolha de modo de transporte para a atividade principal em São João del Rei .....	43
<b>Figura 11:</b> Distribuição dos entrevistados de Itajubá por tempo de deslocamento até a atividade principal.....	44
<b>Figura 12:</b> Distribuição dos entrevistados de São João del Rei por tempo de deslocamento até a atividade principal.....	44
<b>Figura 13:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização da atividade principal .....	45
<b>Figura 14:</b> Análise da frequência de realização de atividades secundárias em Itajubá.....	46
<b>Figura 15:</b> Análise da frequência de realização das atividades secundárias em São João del Rei .....	47
<b>Figura 16:</b> Distribuição dos entrevistados por modo de compra em supermercado ....	48
<b>Figura 17:</b> Comportamento dos entrevistados em compra de supermercados durante a pandemia por Covid-19 .....	49
<b>Figura 18:</b> Distribuição dos entrevistados por local de compra de roupas e sapatos .....	50
<b>Figura 19:</b> Distribuição dos entrevistados de Itajubá por local de compras em farmácias .....	51
<b>Figura 20:</b> Distribuição dos entrevistados de Itajubá por local de realização das atividades religiosas.....	52
<b>Figura 21:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades físicas .....	53
<b>Figura 22:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades de lazer.....	53

<b>Figura 23:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização das consultas com profissionais de saúde.....	54
<b>Figura 24:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades bancárias .....	55
<b>Figura 25:</b> Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades em restaurantes .....	55
<b>Figura 26:</b> Expectativa de realização das atividades para após a pandemia por Covid-19.....	56
<b>Figura 27:</b> Origem dos respondentes de Itajubá.....	57
<b>Figura 28:</b> Destino dos respondentes de Itajubá considerando <i>home-office</i> . .....	57
<b>Figura 29:</b> Destino dos respondentes de Itajubá sem considerar <i>home-office</i> .....	58
<b>Figura 30:</b> Origem dos respondentes de São João del Rei .....	59
<b>Figura 31:</b> Destino dos respondentes de São João del Rei considerando <i>home-office</i> .....	60
<b>Figura 32:</b> Destino dos respondentes de São João del Rei sem considerar <i>home-office</i> .....	61
<b>Figura 33:</b> Número de acidentes de trânsito por mês em Itajubá.....	62
<b>Figura 34:</b> Densidade dos acidentes de trânsito em Itajubá .....	63
<b>Figura 35:</b> Número de assaltos em vias públicas por mês em Itajubá.....	63
<b>Figura 36:</b> Densidade dos assaltos em vias públicas de Itajubá. ....	64
<b>Figura 37:</b> Número de acidentes de trânsito por mês em São João del Rei .....	64
<b>Figura 38:</b> Densidade dos acidentes de trânsito em São João del Rei.....	65
<b>Figura 39:</b> Número de assaltos em vias públicas por mês em São João del Rei.....	66
<b>Figura 40:</b> Densidade dos assaltos em vias públicas de São João del Rei. ....	67
<b>Figura 41:</b> Caracterização dos bairros de São João del Rei .....	72
<b>Figura 42:</b> Distribuição espacial das variáveis de produção de viagens .....	73
<b>Figura 43:</b> Distribuição espacial das variáveis de atração de viagens.....	74
<b>Figura 44:</b> Distribuição espacial das atividades diárias e eventuais .....	75
<b>Figura 45:</b> Distribuição espacial das variáveis socioeconômicas.....	76
<b>Figura 46:</b> Distribuição espacial das variáveis de uso do solo.....	77
<b>Figura 47:</b> Resultados do GWR para o Modelo 1.1 .....	80
<b>Figura 48:</b> Resultados do GWR para o Modelo 1.2 .....	81
<b>Figura 49:</b> Resultados do GWR para o Modelo 1.3 .....	82
<b>Figura 50:</b> Resultados do GWR para o Modelo 2.1 .....	84
<b>Figura 51:</b> Resultados do GWR para o Modelo 2.2 .....	85
<b>Figura 52:</b> Resultados do GWR para o Modelo 3.1 .....	86

<b>Figura 53:</b> Resultados do GWR para o Modelo 3.2 .....	88
<b>Figura 54:</b> Resultados do GWR para o Modelo 3.3 .....	89
<b>Figura 55:</b> Resultados do GWR para o Modelo 4.2 .....	90
<b>Figura 56:</b> Resultados do GWR para o Modelo 4.3 .....	92



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Estruturação do questionário .....	26
<b>Tabela 2:</b> Número mínimo de entrevistados por cidade .....	27
<b>Tabela 3:</b> Variáveis independentes para o modelo .....	32
<b>Tabela 4:</b> Número de entrevistados por cidade .....	35
<b>Tabela 5:</b> Caracterização da amostra por cidade .....	35
<b>Tabela 6:</b> Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de Itajubá.....	67
<b>Tabela 7:</b> Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de São João del Rei .....	69
<b>Tabela 8:</b> Resultado da análise exploratória para uma variável explicativa.....	77
<b>Tabela 9:</b> Resultado da análise exploratória para duas variáveis explicativas .....	78
<b>Tabela 10:</b> Resultado da análise exploratória para três variáveis explicativas.....	79
<b>Tabela 11:</b> Resultado da análise exploratória para quatro variáveis explicativas .....	79
<b>Tabela 12:</b> Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de uma variável... ..	80
<b>Tabela 13:</b> Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de duas variáveis..... .....	82
<b>Tabela 14:</b> Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de três variáveis ..	85
<b>Tabela 15:</b> Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de quatro variáveis .....	89

## LISTA DE ABREVIACOES

COVID	<i>Corona Virus Disease</i>
GWR	<i>Geographically Weighted Regression</i>
HIV	<i>Human Immunodeficiency Virus</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K(BP)	<i>Konker's Breusch-Pagan</i>
OLS	<i>Ordinary Least Squares</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
SA	<i>Spatial Autocorrelation</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
VIF	<i>Variance Inflation Factor</i>

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	3
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	4
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
2.1	MOBILIDADE URBANA: DO CONCEITO RELACIONADO AO DESLOCAMENTO FÍSICO E AOS ATRIBUTOS DE EQUIDADE E SUSTENTABILIDADE.....	5
2.2	A MOBILIDADE URBANA EM TEMPOS DE COVID-19 .....	8
2.3	ANÁLISE QUI-QUADRADO DE PEARSON EM ESTUDOS SOBRE MOBILIDADE URBANA	12
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA PELO OLS E GWR .....	14
2.4.1	<i>OLS e GWR aplicados à estudos epidemiológicos .....</i>	<i>16</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	19
3.2	ETAPAS DE TRABALHO.....	20
3.2.1	<i>Local de estudo e análise descritiva dos dados .....</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Análise espacial do impacto da Covid-19 na mobilidade urbana.....</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Análise estatística do impacto da Covid-19 nas atividades principais ...</i>	<i>29</i>
3.2.4	<i>Análise de correlação espacial do número de casos de Covid-19 .....</i>	<i>29</i>
<b>4</b>	<b>MEDIDAS DE ISOLAMENTO SOCIAL E AS CONSEQUÊNCIAS NOS DESLOCAMENTOS DA POPULAÇÃO EM ITAJUBÁ E SÃO JOÃO DEL REI-MG</b>	<b>34</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS.....	34
4.2	ANÁLISE ESPACIAL DO IMPACTO DA COVID-19 NA MOBILIDADE URBANA .....	56
4.2.1	<i>Deslocamentos por motivo das atividades principais em Itajubá .....</i>	<i>56</i>
4.2.2	<i>Deslocamentos por motivo das atividades principais em São João del Rei .....</i>	<i>59</i>
4.2.3	<i>Segurança Pública e Viária em tempos de pandemia .....</i>	<i>61</i>
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO IMPACTO DA COVID-19 NAS ATIVIDADES PRINCIPAIS .....	67

<b>5 AS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, DO USO DO SOLO E DO PADRÃO DE VIAGENS E OS CASOS DE COVID-19.....</b>	<b>71</b>
5.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ESPACIAL COM OS CASOS DE COVID-19 E GERAÇÃO DOS MODELOS EXPLICATIVOS .....	71
5.1.1 <i>Distribuição espacial das variáveis independentes.....</i>	<i>72</i>
5.1.2 <i>Análise com OLS dos modelos explicativos para o número de casos de Covid-19 .....</i>	<i>77</i>
5.1.3 <i>Aplicação do GWR e análise comparativa com o OLS para os modelos explicativos .....</i>	<i>79</i>
<b>6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>93</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>99</b>
<b>8 APÊNDICE .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>112</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre Covid-19 são bastante recentes tendo em vista que a população global ainda está vivenciando a situação de pandemia. O entendimento sobre a distribuição no território do número de casos de COVID-19 é de fundamental importância para proposição de ações preventivas não só para o momento atual como também para políticas de contenção da doença no futuro. Tal preocupação se justifica pelo rápido avanço e disseminação em nível global da doença por Covid-19, que fez com que a Organização Mundial da Saúde (OMS) a considerasse como uma pandemia (WANG *et al.*, 2020 e XIAO, 2020).

De acordo com dados do Ministério da Saúde, o primeiro caso confirmado de Covid-19 no Brasil data em 26 de fevereiro de 2020, sendo que até o dia 11 de janeiro de 2021 esse número chegou a 8.131.616 casos. Devido ao rápido crescimento e facilidade de contágio dessa doença foram lançadas notas de recomendação pela OMS para o combate ao contágio do Covid-19, entre as recomendações estão a utilização de máscara, limpeza das mãos com água e sabão ou higienizador à base de álcool, como também o isolamento social.

Com o objetivo de reduzir os impactos da pandemia, alguns países têm adotado medidas como o isolamento de casos suspeitos, fechamento de escolas e universidades, bem como a quarentena de toda a população (BROOKS *et al.*, 2020). Desta forma, a pandemia por Covid-19 impactou significativamente a vida das cidades e criou um cenário sem precedentes, sendo o setor de transportes um dos mais afetados (FATMI, 2020).

Além das medidas de controle impostas devido à pandemia por Covid-19 no cotidiano das cidades, nesse pequeno período vários estudos têm buscado entender quais fatores estão relacionados ao contágio e aos óbitos por essa doença, como forma de reduzir o seu impacto nas cidades. Entre os fatores levantados estão os aspectos ambientais, socioeconômicos e do padrão de viagens.

Xu *et al.* (2020) buscaram compreender como as características do ambiente influenciam no número de casos de Covid-19 em Wuhan, China, e identificaram através de um modelo de regressão de Poisson que a temperatura e a humidade estão relacionadas à infecção por Covid-19. Já Luo *et al.* (2020) avaliaram o impacto de fatores ambientais, socioeconômicos, demográficos e de deslocamento para o trabalho na taxa de mortalidade por Covid-19 nos Estados Unidos, e concluíram que fatores como ir para o trabalho caminhando, concentração de benzeno no ar, chefe de família com hipoteca, desemprego, concentração de PM<sub>2,5</sub> no ar e

porcentagem de negros ou afro-americanos tem alta correlação com a distribuição espacial da taxa de morte por Covid-19.

Sobre os modos de transporte Zheng *et al.* (2020) avaliaram ao longo de seu trabalho a relação entre a transmissão espacial da Covid-19 com a frequência do transporte público em Wuhan, China, e concluíram que existe forte associação entre a frequência de voos, trens e ônibus com o número cumulativo de casos de Covid-19. Outro estudo realizado foi o de Serge *et al.* (2020) que avaliou a diferença entre o número de infecções entre homens e mulheres, e identificou que globalmente a proporção de homens e mulheres infectados é semelhante, porém os homens têm aproximadamente 60% mais chance de adoecer gravemente ou morrer por Covid-19 do que as mulheres.

Visto que a pandemia por Covid-19 impacta diferentes grupos de forma distinta, destaca-se a importância de se estudar como as características socioeconômicas, de uso do solo e do padrão de deslocamentos impactam no rápido avanço da doença em diferentes localidades.

Uma das formas de se realizar estudos epidemiológicos sobre a relação entre a forma que as doenças afetam a população e diversas variáveis é por meio da aplicação das ferramentas *Ordinary Least Squares* (OLS) e *Geographically Weighted Regression* (GWR). Gebreab e Roux (2012) avaliaram através das ferramentas OLS e GWR a diferença entre a mortalidade por doença cardíaca coronária nos Estados Unidos devido às diferenças raciais, bem como as contribuições da pobreza e segregação para o aumento da mortalidade por essa doença.

Os autores Farah *et al.* (2014) avaliaram através do GWR a associação entre fatores sócio demográficos como idade, gênero, etnia, situação de saúde com o número de pacientes por doenças respiratórias (pneumonia, asma, bronquite) nos hospitais de Maine, Reino Unido. Já Ford e Highfield (2016) mensuraram pela aplicação nos modelos OLS e GWR a associação entre a taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares e as características de idade, raça e nível educacional no Condado de Harris, Texas. O modelo GWR apresentou um ajuste melhor aos dados, reforçando a análise da localidade quanto ao estudo de fatores explicativos de doenças.

Wei *et al.* (2016) buscaram compreender a relação entre os casos de Tuberculose na província de Xinjiang na China e os fatores socioeconômicos através da comparação entre os métodos OLS e GWR. Ainda na china, Yang D *et al.* (2017) avaliaram a dependência das epidemias de malária na província de Yunnan com as variáveis socioeconômicas e meteorológicas através da aplicação apenas do GWR. Das *et al.* (2019) conduziram uma pesquisa na qual estudaram através das ferramentas OLS e GWR a heterogeneidade espacial da

taxa de HIV e sua associação com as características socioeconômicas e demográficas no Distrito de Columbia, Estados Unidos.

No contexto da pandemia por Covid-19 foi desenvolvido um estudo por Luo *et al.* (2020) utilizando uma adaptação do GWR para estimar as relações entre a taxa de mortalidade pela Covid-19 e 47 fatores de risco derivados da agência de proteção ambiental dos EUA. Já o estudo de Sannigrahi *et al.* (2020) avaliou como os fatores sócio demográficos têm influência nos casos de óbito por Covid-19 através do OLS e GWR em vários países da Europa.

Por fim, Urban e Nakada (2020) avaliaram pela aplicação da GWR como aspectos sociais como densidade populacional, média de pessoas por família e estabelecimentos urbanos informais estão relacionados à incidência de mortes por Covid-19 em São Paulo, por ser o local mais impactado do Brasil. Estudos como estes, demonstram a necessidade de um olhar mais atento sobre as variáveis que impactam no número de casos e óbitos decorrentes da pandemia por Covid-19. Esses estudos apontam as ferramentas OLS e GWR como instrumentos de análise bastante eficazes e muito utilizadas em estudos dessa natureza.

Este trabalho, portanto, aborda diretamente questões relativas à análise do número de casos de Covid-19, com foco em sua relação com variáveis socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamentos através da utilização do OLS e GWR. Entender melhor os fatores humanos e do ambiente que podem interferir na propagação do vírus é uma forma efetiva de combatê-lo, auxiliando na formulação de políticas de controle e prevenção da sua disseminação no momento atual, e também em uma perspectiva futura de planejamento da mobilidade urbana sustentável.

## 1.1 Objetivos do trabalho

O trabalho tem como objetivo geral estudar os impactos da pandemia de Covid-19 na mobilidade urbana de cidades mineiras utilizando análise estatística espacial.

Para tanto, são objetivos específicos:

- Avaliar as consequências das medidas de isolamento social nos deslocamentos para as atividades diárias da população, verificando as características socioeconômicas das cidades estudadas;
- Avaliar se existe correlação entre as características socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamento com o número de casos de Covid-19;

- Construir modelos explicativos para o número de casos de Covid-19 por bairro, considerando a dependência espacial deste fenômeno com variáveis socioeconômicas, de uso do solo e características de deslocamento.

## **1.2 Estrutura da dissertação**

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta o referencial teórico abordando trabalhos sobre o cenário da mobilidade urbana em tempos de Covid-19, como também os conceitos relacionados às ferramentas de análise utilizadas ao longo deste estudo, e sua aplicação em trabalhos semelhantes.

No Capítulo 3 são apresentados os objetos de estudo, o método de coleta de dados, as variáveis estudadas e as ferramentas utilizadas para análise. No Capítulo 4 são apresentados os resultados alcançados pelo estudo de como as medidas de isolamento social impactaram nos deslocamentos da população de Itajubá e São João del Rei.

O Capítulo 5 apresenta por meio da aplicação do OLS e GWR como as características socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamentos podem explicar o número de casos de Covid-19 por bairro da cidade de São João del Rei. Em seguida, no Capítulo 6 são apresentadas as discussões dos resultados alcançados ao longo do trabalho, contrapondo com outros estudos realizados. E por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais da dissertação e em seguida, tem-se as referências bibliográficas citadas ao longo do trabalho.



## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O referencial teórico deste trabalho é composto por três subcapítulos em que se pretende abordar os conceitos essenciais ao desenvolvimento de um modelo de análise da associação entre características de deslocamento, uso do solo e socioeconômicas no número de casos de Covid-19. Sendo assim, foram abordados os seguintes temas: mobilidade urbana em tempos de Covid-19, análise Qui-quadrado de Pearson em estudos sobre mobilidade urbana e análise estatística pelo OLS e GWR.

O item 2.1 aborda a evolução do foco da mobilidade urbana, partindo do conceito relacionado apenas ao deslocamento físico e atualmente abordando questões de equidade e sustentabilidade. Em seguida, o item 2.2 refere-se às mudanças sofridas pela mobilidade urbana devido à pandemia por Covid-19. Busca-se neste item demonstrar a importância de estudos que abordem a resiliência da mobilidade urbana e fazer uma contextualização das principais mudanças que ocorreram frente à pandemia.

O item 2.3 aborda o conceito da análise Qui-quadrado de Pearson e sua aplicação em estudos sobre a associação entre variáveis socioeconômicas e os padrões de mobilidade, para dessa forma verificar como a pandemia por Covid-19 impactou na mobilidade urbana de diferentes grupos.

Por fim, o item 2.4 aborda os métodos de análise estatística OLS e GWR utilizados para o desenvolvimento do modelo de análise da associação entre características de deslocamento, uso do solo e socioeconômicas no número de casos de Covid-19. O item tem por objetivo definir os métodos de análise e apresentar sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos.

### **2.1 Mobilidade Urbana: do conceito relacionado ao deslocamento físico e aos atributos de equidade e sustentabilidade**

A Mobilidade Urbana pode ser definida como um atributo relacionado aos deslocamentos realizados pelos indivíduos nas suas atividades de estudo, trabalho, lazer, entre outras, e apresenta todas as características de um sistema muito complexo, que possui um grande número de agentes, muito heterogêneo e com diferentes funções, necessidades e objetivos (MAGAGNIN e DA SILVA, 2008; MAGGI e VALLINO, 2016).

No que se refere à mobilidade urbana, até o final da década de 70, o conceito de mobilidade urbana era fortemente vinculado ao fornecimento de serviços de transporte, sendo que seus principais objetivos eram, o foco no planejamento rodoviário; priorização do transporte individual em detrimento do transporte coletivo, a desconsideração dos modos não motorizados e a separação completa entre planejamento urbano e planejamento de transportes (SILVA *et al.*, 2007).

Entretanto, os mesmos autores destacam que nas últimas décadas, ocorreu uma mudança no planejamento do sistema de circulação no meio urbano, como também no desenvolvimento de um novo conceito de mobilidade. Esse novo conceito assume que os problemas de mobilidade envolvem complexas questões ambientais, econômicas, sociais e comportamentais.

Magagnin e Da Silva (2008) destacam ainda que a atual discussão do planejamento de transportes incorpora visões de infraestrutura, circulação e transporte público associados a questões de uso do solo, meio ambiente e outros aspectos. Sendo que outro conceito agregado ao planejamento de transportes é o de sustentabilidade. Litman (2019) ressalta que a mobilidade urbana voltada à sustentabilidade contempla os pilares econômico, ambiental e social.

Neste sentido, a mobilidade urbana sustentável pode ser definida como as condições de deslocamento de pessoas para as suas diversas atividades no espaço urbano, apresentando o menor uso de recursos naturais, além de uma configuração espacial que assegure segurança e conforto (FARIA E LIMA, 2016). A mobilidade urbana sustentável também envolve o uso de energia renovável e o estabelecimento de limites para as emissões e resíduos compatíveis com a capacidade do planeta para absorvê-los (GUERRA *et al.*, 2016).

Para Boareto (2003) um dos enfoques que deve ser abordado pelo Plano de Mobilidade Sustentável é a redução da necessidade de viagens motorizadas, ou seja, as pessoas devem morar perto do seu local de trabalho e acessar os serviços essenciais sem a necessidade de deslocamentos motorizados, realizando pequenas viagens a pé ou de bicicleta.

Destaca-se ainda que o desenvolvimento da mobilidade urbana sustentável será possível com o desenvolvimento nas seguintes áreas: novas formas de propulsão; novas formas de controle de veículos; modelos de negócio sobre uso e propriedade de veículos; tecnologias móveis que equipam e capacitam os indivíduos e por fim, oportunidades para se realizar atividades sem a necessidade de viagens (LYONS, 2018). Por fim, Okraszewska (2018) ressalta que a mobilidade urbana depende de estratégias direcionadas a reduzir as viagens e incluir medidas para direcionar o uso do solo centrado na redução de distâncias.

Tanto o estudo sobre a demanda de viagens quanto sobre a escolha de modo de transporte faz parte do processo convencional de planejamento de transportes em quatro etapas, que são: geração de viagens, distribuição de viagens, escolha do modo de transporte e atribuição de rotas (SHI e ZHU, 2019).

As características do ambiente construído são as variáveis que mais impactam na demanda por viagens e podem ser definidos por: densidade, diversidade, desenho urbano, acessibilidade e distância (EWING e CERVERO, 2010). Entretanto, para Wei H *et al.* (2017) estudos recentes sugerem que a associação entre o uso do solo e fatores econômicos também influenciam o comportamento e a demanda por viagens.

Sobre a escolha do modo de transporte, ela se faz necessária quando existe a possibilidade de utilização de mais de um modo de transporte que permite o deslocamento de passageiros de um ponto de origem até um ponto de destino. A decisão sobre a escolha do modo de transporte, e por consequente sobre os padrões de mobilidade, é influenciada por fatores racionais e subjetivos. Sendo que os fatores racionais são aqueles determinados a partir de características socioeconômicas dos indivíduos, e os fatores subjetivos são aqueles não expressos diretamente (BOURAHILI, 2018).

Destaca-se também que a forma como as pessoas se deslocam são influenciadas por fatores socioeconômicos, geográficos ou sociológicos (ARENA *et al.*, 2014), e também por características pessoais como gênero, educação, situação de emprego e renda (CHIOU *et al.*, 2015; HAN *et al.*, 2018).

Como forma de atender às necessidades de mobilidade dos indivíduos de forma mais eficaz e sustentável, foi desenvolvido o conceito de mobilidade como um serviço, que utiliza diferentes modos de transportes, como o transporte público, carro compartilhado, e o compartilhamento de caronas, táxis e bicicleta (HIATANEN, 2014; UTRIANEN e POLLALLEN, 2018).

Logo, além de estar relacionada à capacidade de uma dada população realizar seus movimentos diários em um espaço urbano, e também à ocupação do solo, a promoção da mobilidade urbana tenta focar agora mais nas pessoas, compreendendo antes de tudo a construção de um sistema que facilite aos cidadãos de hoje e do futuro o acesso às oportunidades e às funções econômicas, culturais e sociais das cidades; como também ao próprio tipo de cidade que se poderia produzir, mais democrática, sustentável e menos desigual (SILVA, 2016; LESSA *et al.*, 2019),

Deste modo, os investimentos em infraestrutura urbana não devem apenas atender à crescente demanda por transportes, mas também ser igualmente distribuídos para que as cidades possuam uma estrutura de equidade social e desenvolvimento sustentável, ou seja, os ambientes urbanos devem ser planejados para o uso de todas as pessoas, visto que se não forem bem planejados eles podem favorecer um grupo em detrimento de outro e propagar um acesso desigual à mobilidade (MA *et al.*, 2017; LIMA e MACHADO 2019).

Sabendo que várias características afetam o padrão de mobilidade das pessoas, o conceito de mobilidade voltada à equidade busca edificar a oferta do serviço de mobilidade em mais lugares, uma mudança em quem se beneficia, e um melhor acesso às oportunidades sociais proporcionadas pela mobilidade urbana, o que demanda uma mudança de como os recursos são avaliados (ENRIGHT, 2019). Logo, para promover uma estrutura de mobilidade urbana de forma mais equânime e sustentável é necessário entender como ocorrem as interações entre os diversos componentes que condicionam o padrão de mobilidade das pessoas.

## **2.2 A Mobilidade Urbana em tempos de Covid-19**

A mobilidade urbana é um dos requisitos fundamentais da vida urbana, e apresenta impactos sociais significativos, incluindo produtividade, economia, bem-estar social e adaptação às mudanças. Sabe-se também as partes que compõem o sistema de mobilidade urbana, e o ambiente que os cercam estão continuamente evoluindo, e mudando seus padrões de comportamento específicos. Sendo que, o comportamento de qualquer sistema é o resultado das interações entre seus componentes (MAGGI e VALLINO, 2016).

Destaca-se que os movimentos humanos seguem padrões específicos durante os períodos normais, mas ainda são limitados os conhecimentos sobre como esses padrões de movimentos mudam devido a eventos extremos (ROY *et al.*, 2019). Isso indica que eventos incomuns e mudanças no ambiente natural podem de fato influenciar no cotidiano e padrões de mobilidade das pessoas (WANG e TAYLOR, 2016; MARTINS *et al.*, 2019).

Logo, faz-se necessário um aprofundamento sobre como esses eventos extremos influenciam no padrão de mobilidade das pessoas. Nesse sentido surge o conceito de resiliência da mobilidade urbana, que é segundo Fernandes *et al.* (2017) a capacidade de persistir, a capacidade de adaptar e o potencial de transformação que a mobilidade possui quando confrontada com alguma situação.

Ainda segundo os mesmos autores, a capacidade de persistir está relacionada com o potencial dos indivíduos manterem seus padrões de mobilidade, afetando talvez as condições socioeconômicas. A capacidade de adaptar está relacionada ao potencial de adotar alternativas diferentes dos padrões usuais de mobilidade, e por fim o potencial de transformação está ligado ao potencial de criar novas condições para persistir e adaptar frente a futuras ameaças.

Neste sentido, é cada vez mais importante se estudar a resiliência da mobilidade urbana uma vez que é a partir desse estudo que é possível entender como os sistemas urbanos são capazes de responder aos choques endógenos e exógenos (MARTINS *et al.*, 2019), e os sistemas de transporte estão na linha de frente dos impactos causados por quase todos os tipos de perturbações, desde mudanças ambientais, sociais e econômicas (AZOLIN *et al.*, 2020).

Atualmente, o mundo passa pela pandemia da Covid-19 em que o primeiro caso de infecção foi registrado na China no início de dezembro de 2019, e o rápido avanço da doença e sua disseminação em nível global, fez com que a OMS a considerasse como uma pandemia (WANG *et al.*, 2020 e XIAO, 2020). Por conseguinte, com o objetivo de reduzir os impactos da pandemia, alguns países adotaram medidas como o isolamento de casos suspeitos, fechamento de escolas e universidades, bem como a quarentena de toda a população (BROOKS *et al.*, 2020).

A pandemia por Covid-19 impactou significativamente a vida nas cidades e criou um cenário sem precedentes, sendo que o setor de transportes foi um dos mais afetados, uma vez que a maioria dos países impuseram restrições aos deslocamentos impactando significativamente o comportamento de viagem das pessoas (FATMI, 2020). A interrupção das atividades de transporte resultantes das medidas de isolamento é semelhante à causada por um desastre natural, com efeito em escala global, testando dessa forma a resiliência da mobilidade urbana (GALEAZZI *et al.*, 2020).

De Vos (2020) destaca como resultado do distanciamento social, a queda da demanda por viagens devido ao aumento de trabalhos em casa, *e-learning* e um número reduzido de atividades e eventos públicos. Desta forma, resultando em uma redução do tráfego de carros, menos congestionamentos durante as horas de pico e a redução do uso do transporte público.

Como forma de verificar a ocorrência desses impactos na mobilidade das cidades, vários estudos foram realizados. Fatmi (2020) conduziu um estudo em Kelowna, Canadá sobre a mudança imediata de comportamento dos indivíduos devido à pandemia por Covid-19 em suas atividades diárias, que incluem atividades fora de casa, dentro de casa e viagens de longa distância. Como resultado os autores apresentam que as atividades realizadas fora de casa

reduziram em aproximadamente 50% durante a pandemia por Covid-19, e no caso das atividades realizadas em casa predominou-se as pessoas de maior renda familiar, enquanto que os domicílios de baixa e média renda estavam mais envolvidos em atividades de lazer.

Carlitz e Makhura (2020) também analisaram as mudanças em padrões de mobilidade devido à Covid-19 na África do Sul. Por meio do estudo realizado, os autores identificaram que os principais fatores relacionados à redução de mobilidade das pessoas foram o número de casos de Covid-19 confirmados antes do período de *lockdown* e a economia de cada província.

Cui *et al.* (2020) mensuraram através de dados de tempo real o desempenho das condições de tráfego antes e durante a Covid-19 para verificar como a pandemia remodelou os padrões de mobilidade Urbana na região de Geater Seattle, Estados Unidos. O estudo realizado demonstra que durante a pandemia por Covid-19 a demanda por transportes diminuiu, como também a taxa média geral de velocidade das rodovias foi visivelmente menor.

Outro estudo conduzido nos Estados Unidos foi realizado por Lee *et al.* (2020), no qual os autores avaliaram o impacto da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana através de dados de localização de dispositivos móveis, detectando uma redução dos movimentos públicos após a declaração de emergência devido à pandemia, bem como o aumento da população que permanece em casa.

Shamsshiripour *et al.* (2020) também realizaram uma pesquisa nos Estados Unidos, porém na região metropolitana de Chicado. Os autores desenvolveram uma pesquisa com foco na dinâmica do dia a dia das pessoas e nos seus comportamentos de viagens. Para isso foi realizada uma survey com perguntas relacionadas aos comportamentos, hábitos e percepções de viagens dos indivíduos em suas atividades diárias antes e durante a pandemia por Covid-19, bem como suas expectativas sobre o futuro. Foi identificado um aumento das pessoas que trabalham todos os dias em casa, e também cerca de 14% dos trabalhadores de tempo integral foram temporariamente dispensados.

Parady *et al.* (2020) analisaram a região de Kanto, incluindo a metrópole Tóquio quanto às mudanças de comportamento devido à pandemia por Covid-19 nas viagens realizadas por motivo de compras de mantimento, outros tipos de compra, comer fora e lazer. Indicando uma redução na frequência das compras, e aumento da restrição para comer fora de casa e realizar atividades de lazer.

Na Espanha, Aloi *et al.* (2020) analisaram o impacto das medidas de confinamento impostas devido à pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana da cidade de Santander, através de comparações entre fluxos de viagem antes e durante o confinamento. Os autores

avaliaram também o impacto em externalidades como emissões de NO<sup>2</sup> e a quantidade de acidentes de trânsito. Durante a pandemia por Covid-19 ocorreu uma queda na mobilidade de 76% nessa região, sendo que para o transporte público coletivo essa redução chegou à 93%. Os acidentes de trânsito foram reduzidos em até 67%.

Ainda na Espanha, a cidade de Conuña foi avaliada pelos autores Orro *et al.* (2020), que analisaram o impacto da Covid-19 na mobilidade urbana através da mudança do número de passageiros por linha de ônibus, do uso das paradas, bem como dos principais fluxos de origem-destino na cidade. Os autores identificaram que ocorreu uma redução no fornecimento do ônibus e também do número de passageiros, porém ocorreu uma melhoria na confiabilidade desse transporte devido à redução dos tempos de viagem.

Pepe *et al.* (2020) avaliaram o impacto das políticas de isolamento social sobre os padrões de mobilidade urbana da Itália, por meio da medição dos fluxos de tráfego de usuários entre as províncias do país, mudanças na média de distância percorrida e mudança na proximidade espacial dos usuários do sistema de transportes. As mudanças nessas dimensões ocorreram da seguinte forma, redução de 50% nas viagens entre as províncias, redução de 50% da distância média percorrida e redução de 47% na proximidade espacial dos usuários.

Galeazzi *et al.* (2020) realizaram um estudo sobre as mudanças dos padrões de mobilidade da França, Itália e Reino Unido devido à pandemia por Covid-19 através de gráficos que representavam dados geo-localizados de usuários do Facebook em cada país, e concluíram que devido à pandemia por Covid-19 ocorreu uma forte redução nas conexões de longa distância em favor de caminhos locais.

O estudo de Badr *et al.* (2020) analisou por meio do teste de *Pearson* o impacto do distanciamento social na propagação da Covid-19 em 25 cidades dos EUA. O resultado encontrado pelos autores mostrou que existe uma forte associação entre o distanciamento social e a queda no número de casos de Covid-19. Os autores também sugerem que as mudanças dos padrões de mobilidade, na transmissão da Covid-19 são perceptíveis após 3 semanas.

Para Vasconcelos (2001) renda, gênero, idade, ocupação e nível educacional são os principais fatores que condicionam a mobilidade dos cidadãos. Portanto, além de as mudanças do ambiente afetarem o padrão de mobilidade das pessoas, as variáveis socioeconômicas também realizam esse papel.

Devido à importância de se entender como as variáveis socioeconômicas impactam nos fatores relacionados à mobilidade urbana, diversos pesquisadores têm realizado estudos na área. No contexto da pandemia por Covid-19, Pawar *et al.* (2020) realizaram um estudo na Índia

que buscou compreender o impacto da pandemia por Covid-19 na preferência modal dos passageiros e a associação desse comportamento de escolha com características socioeconômicas.

Portanto, nota-se a relevância de se estudar o impacto da pandemia por Covid-19 nas cidades brasileiras, como forma de compreender como os padrões de mobilidade das cidades brasileiras de médio porte respondem a perturbações extremas, e como as variáveis socioeconômicas condicionam esse comportamento. Para que desta forma sejam direcionadas as medidas de enfrentamento ao contágio da Covid-19 como também seja possível identificar quais os grupos mais vulneráveis ao longo desse período de pandemia, e direcionar ações para que essas pessoas se reestabeçam após a pandemia por Covid-19.

## **2.3 Análise Qui-quadrado de Pearson em estudos sobre mobilidade urbana**

Dentre as ferramentas utilizadas para avaliar a associação entre os fatores relacionados à mobilidade urbana e as características socioeconômicas, tem-se o teste Qui-quadrado de Pearson. O teste Qui-quadrado de Pearson é um teste de significância estatística que compara as diferenças entre os valores esperado e observado, e é mais comumente utilizado como um teste de independência, que procura por evidências de que a distribuição das variáveis observadas é diferente da distribuição esperada. A estatística de Pearson para o teste Qui-quadrado é definida segundo a Equação (1) (NIKILIN, 1973; GREENWOOD e NIKULIN, 1996).

$$Q_p = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \frac{(n_{ij} - \hat{\mu}_{ij})^2}{\hat{\mu}_{ij}}, \quad (1)$$

Onde:

$n_{ij}$  é a frequência observada na célula (i,j), a qual é calculada pela multiplicação da chance observada pelo tamanho da amostra;

$\hat{\mu}_{ij}$  é a frequência esperada para a célula (i,j).

O teste Qui-quadrado de Pearson pode ser realizado utilizando uma planilha e são considerados os valores observados e esperados para o cálculo das estatísticas do teste. Destaca-se ainda que quanto maior o p-valor menos provável a diferença estatística entre os resultados observados e esperados (CURTIS e YOUNGGUIST, 2013).

Olawole (2015) utilizou o teste Qui-quadrado de Pearson para analisar a associação entre as pessoas que escolhem caminhar para diferentes destinos com suas variáveis



socioeconômicas, sendo que o estudo foi realizado em Ilesa, Nigéria. A partir da análise realizada, foi identificado que caminhar como forma de deslocamento até o local de trabalho, e caminhar até atividades sociais está associado ao sexo dos idosos.

Grasso *et al.* (2020) realizaram um estudo em Baltimore, Maryland sobre a associação de características socioeconômicas e o uso do compartilhamento de bicicletas, pela análise Qui-quadrado de Pearson, e identificaram que pessoas de cor, hispânicos, baixo nível educacional, mulheres, pessoas de baixa renda e desempregados estão sub-representados no uso do compartilhamento de bicicleta.

No Brasil foram realizados estudos com o mesmo intuito de identificar associação entre características da mobilidade urbana com variáveis socioeconômicas. Galvão *et al.* (2013) analisaram a dependência da taxa de mortalidade por acidentes de bicicleta em Pernambuco, com as variáveis socioeconômicas. Os autores identificaram que há uma variação entre os tipos de acidente de acordo com a faixa etária envolvida, sendo que as crianças de 0 a 11 anos estão geralmente envolvidas em acidentes com transporte pesado ou ônibus. A faixa etária de 12 a 17 anos e os adultos estão mais envolvidos em acidentes com automóveis, carros e caminhonetes. E por fim, a partir dos 60 anos a distribuição entre os tipos de acidentes é equânime.

Navarro *et al.* (2015) avaliaram através do teste Qui-quadrado de Pearson a associação entre os idosos jovens e longevos com características de deslocamento e com a percepção do ambiente urbano em que vivem, e identificaram que a percepção da existência de poucos bancos, falta de faixa de segurança, tempo de sinal muito curto para pedestre, degraus muito altos e mau cheiro dos banheiros públicos estão associados às duas categorias de idosos estabelecida.

Mascarenhas *et al.* (2016) estudaram a associação entre acidentes envolvendo motocicletas e as características socioeconômicas no Distrito Federal e outras 24 capitais brasileiras. Os autores identificaram que nos acidentes de motocicletas predominam homens, jovens de 20 a 39 anos, pretos/pardos, e que exercem atividade remunerada. Os autores destacam também que os acidentes foram mais frequentes nos finais de semana, no período da manhã e no final da tarde.

Por fim, o trabalho de Santos *et al.* (2017) avaliou em São Paulo, Brasil a associação entre percepção da mobilidade urbana dos idosos que utilizam o ônibus como modo principal de transporte com o desempenho no Mini-BESTest, sendo que os idosos que possuem uma mobilidade mais comprometida apresentaram maior dificuldade para acessar o transporte público por ônibus e maiores quedas durante a sua utilização.

O trabalho de Li *et al.* (2020) realizou um estudo sobre a mobilidade ao longo da pandemia por Covid-19 utilizando a ferramenta Qui-quadrado de Pearson, os autores mapearam através de uma pesquisa origem/destino os pontos de interesse de dezesseis cidades nos Estados Unidos, e identificaram a associação entre as mudanças de fluxo nesses locais com cada categoria de negócio que os pontos de interesse pertenciam.

Visto que o trabalho realizado por Li *et al.* (2020) não apresenta um olhar sobre as mudanças da mobilidade urbana durante a Covid-19 devido às características socioeconômicas da região, e sabe-se do impacto dessas variáveis nos padrões de mobilidade urbana, ressalta-se a necessidade de abordar como a pandemia por Covid-19 impactou nas questões de mobilidade urbana em diferentes grupos socioeconômicos.

## 2.4 Análise estatística pelo OLS e GWR

O OLS é um método de regressão linear utilizado em estudos que exploram relações entre uma variável dependente e múltiplas variáveis independentes com base na distância mais curta para a média (SOLTANI *et al.*, 2020).

Segundo Gebreab e Roux (2012) modelo de regressão OLS pode ser definido pela Equação 2:

$$\gamma_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad k = 1, \dots, k \quad (2)$$

Para o modelo estudado, as variáveis podem ser descritas da seguinte forma:

$\gamma_i$  é o número de casos de Covid-19 para a observação  $i$ ,

$x_{ik}$  é o valor da variável independente  $K$ -ésima para a observação  $i$ ,

$\beta_0$  é o parâmetro de interceptação;

$\beta_k$  é o coeficiente de regressão para a variável independente

$\varepsilon_i$  é um termo de erro aleatório para a observação  $i$ .

Comber *et al.* (2020) destacam que o primeiro passo para a aplicação da regressão geograficamente ponderada ou GWR é aplicar o OLS. Sendo que o principal objetivo da análise do OLS é entender como as variáveis explicativas se relacionam com a variável de resposta. Primeiramente deve verificar quais as relações são estatisticamente significativas, em seguida buscar evidências para especificar um termo de erro autocorrelacionado e por fim realizar o ajuste da própria regressão linear.

O GWR (*Geographically weighted regression*) introduz o componente espacial à análise das variáveis. Sendo que nesse modelo as relações entre as variáveis explicativas podem variar ao longo da área de estudo. Uma máxima geográfica básica é que as entidades próximas tendem a compartilhar mais semelhanças do que entidades que estão distantes. Desta forma, os modelos GWR, são necessários para medir os relacionamentos entre as variáveis independentes e dependentes por localidade (BRUNSDON *et al.*, 1998; WHEELER e PÁEZ, 2010; GEBREAB E ROUX, 2012)

Logo, o modelo GWR é uma melhoria do modelo OLS, permitindo que os parâmetros sejam estimados localmente. Sendo que o GWR é capaz de gerar parâmetros locais para refletir a diferenciação espacial, incluindo o R<sup>2</sup> local, resíduos do modelo e coeficientes locais (HUILEI *et al.*, 2017).

De acordo com Özbil Torun *et al.* (2020) a regressão geograficamente ponderada, além de ser uma relevante técnica utilizada em grande parte da literatura para lidar com problemas que incluem variáveis espaciais, ela é uma técnica mais explicativa do que a OLS, pois pode explicar via mapas a relação entre as variáveis. Isso se deve ao fato de que o modelo GWR calcula a relação entre as variáveis utilizando um coeficiente diferente para cada unidade geográfica, sendo possível mapear onde as relações entre essas variáveis são fracas e fortes, significativas e não significativas.

Gebreab e Roux (2012), definem o modelo GWR pela Equação 3:

$$y_i = \beta_{i0}(\mu_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_{ik}(\mu_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Para o modelo estudado, as variáveis podem ser descritas da seguinte forma:

$\gamma_i$  é o número de casos de Covid-19 para a observação  $i$

$\beta_{i0}(\mu_i, v_i)$  é o parâmetro de interceptação no ponto  $i$ ,

$\beta_{ik}(\mu_i, v_i)$  é o coeficiente de regressão local para a  $K$ -ésima variável independente no ponto  $i$ ,

$(\mu_i, v_i)$  é a coordenada do  $i$ -ésimo ponto na área de estudo.

A função de ponderação do GWR é definida pelo tipo e tamanho de Kernel (largura da banda), essa função é dada por  $w_{ij}$  que determina o peso geográfico da  $j$ -ésima observação no  $i$ -ésimo ponto da regressão. Neste caso, o peso deve diminuir gradativamente conforme a distância entre  $i$  e  $j$  aumenta, convergindo a zero. Para isso existem dois tipos de Kernel comumente empregados, o Kernel gaussiano que possui largura de banda fixa, em que cada

modelo de regressão local tem o mesmo tamanho espacial, mas pode cobrir um número diferente de dados. Já o Kernel bi-quadrado possui largura de banda adaptável e que cobre o mesmo número de pontos, sendo que quaisquer pontos fora da largura de banda têm peso zero e são excluídos, sendo que este tipo é uma escolha mais comum que a anterior (CHENG *et al.*, 2011).

Além da utilização do  $R^2$  para comparar a performance dos modelos OLS e GWR, pode-se abordar também a autocorrelação das variáveis, por meio do teste I de Moran para os resíduos dos modelos gerados. O I global de Moran reflete a similaridade espacial entre unidades vizinhas, e pode detectar autocorrelação espacial entre elas (HUILEI *et al.*, 2017). Por premissa, assume-se que os resíduos do modelo são independentes e normalmente distribuídos com média igual a zero.

#### **2.4.1 OLS e GWR aplicados à estudos epidemiológicos**

Vários estudos utilizando essas ferramentas têm sido desenvolvidos ao longo dos anos como forma de identificar a relação entre doenças que afetam a população e as variáveis socioeconômicas. Existem estudos que utilizaram apenas uma das ferramentas, mas o comum é que as duas sejam utilizadas como forma de identificar qual método se ajustou melhor ao modelo.

Gebreab e Roux (2012) avaliaram através das ferramentas OLS e GWR a diferença entre a mortalidade por doença cardíaca coronária nos Estados Unidos devido às diferenças raciais, bem como as contribuições da pobreza e segregação para o aumento da mortalidade por essa doença. Os autores identificaram uma heterogeneidade significativa nas diferenças entre pessoas pretas e brancas na mortalidade por doença cardíaca coronária

Farah *et al.* (2014) avaliaram através do GWR a associação entre fatores sócio demográficos como idade, gênero, etnia, situação de saúde com o número de pacientes por doenças respiratórias (pneumonia, asma, bronquite) nos hospitais de Maine, Reino Unido, sendo que os resultados apresentaram correlação espacial entre as doenças transmissíveis e não transmissíveis.

No Condado de Harris, Texas foi realizado um estudo utilizando o OLS e GWR para mensurar a associação entre a taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares e as características de idade, raça e nível educacional. A variável privação social apresentou associação significativa com a mortalidade por doenças cardiovasculares, e o modelo GWR

apontou um melhor ajuste aos dados, reforçando a importância da análise da localidade quanto ao estudo de fatores explicativos da doença (FORD e HIGHFIELD, 2016).

Wei *et al.* (2016) buscaram compreender a relação entre os casos de Tuberculose com baciloscopia positiva na província de Xinjiang na China e os fatores socioeconômicos através da comparação entre os métodos OLS e GWR, e identificaram que o modelo GWR poderia explicar a variação espacial do conjunto de dados, enquanto que o modelo OLS não poderia.

Ainda na china, Yang *et al.* (2017) avaliaram a dependência das epidemias de malária na província de Yunnan com as variáveis socioeconômicas e meteorológicas através da aplicação apenas do GWR. Os autores identificaram que a temperatura média anual, a precipitação anual acumulada, a produção de arroz por quilômetro quadrado e a proporção de trabalhadores rurais apresentaram associação positiva com a taxa de incidência de malária.

Na região de Guangzhou-Foshan, também na China, avaliou-se através da aplicação do GWR a influência de fatores socioeconômicos e ambientais na incidência da epidemia por dengue. Foi identificado que as variações espaciais da epidemia por dengue foram suficientemente explicadas pelo tamanho da população, densidade de estradas e situação econômica da região (REN *et al.*, 2017).

Das *et al.* (2019) conduziram uma pesquisa na qual estudaram através das ferramentas OLS e GWR a heterogeneidade espacial da taxa de HIV e sua associação com as características socioeconômicas e demográficas no Distrito de Columbia, Estados Unidos. Sendo que para o modelo OLS as variáveis, idade, evasão do ensino médio e população negra tiveram associação com os casos de HIV. Enquanto que para o modelo GWR as variáveis idade média, porcentagem da população feminina, desemprego e pobreza apresentaram associação espacial.

No contexto da pandemia por Covid-19, Liu *et al.* (2020) aplicaram o GWR para prever o desenvolvimento da situação epidêmica em 220 cidades da China por meio de fatores geográficos apresentando um  $R^2=99,98\%$ . Foram usadas as seguintes variáveis explicativas, população, taxa de hospitais, médicos e leitos, como também o número de casos confirmados, curados e o número de mortes por Covid-19.

O estudo de Carteni *et al.* (2020) avaliaram o impacto da mobilidade na propagação da doença na Itália por meio do modelo de regressão linear. Os autores concluíram em seu estudo que os hábitos de mobilidade, o número de testes por dia e variáveis do meio ambiente (poluição e temperatura) foram as variáveis que melhor explicaram o número de casos diários de Covid-19 naquela região. Os autores ainda destacam que o número de casos diários está relacionado com as viagens feitas em 21 dias anteriores ao diagnóstico positivo.

Já, nos EUA foi desenvolvido um estudo aplicando uma adaptação do GWR para estimar as relações entre a taxa de mortalidade por Covid-19 e 47 fatores de risco, sendo identificado que os fatores, ir para o trabalho caminhando, concentração de benzeno no ar, chefe de família com uma hipoteca, desemprego, concentração de PM<sub>2.5</sub> no ar e porcentagem de negros ou afro americanos estão altamente correlacionados com a distribuição espacial das mortes por Covid-19 (LUO *et al.*, 2020).

Sannigrahi *et al.* (2020) avaliaram como os fatores demográficos têm influência nos casos de óbito por Covid-19 através do OLS e GWR em vários países da Europa, sendo que os fatores que apresentaram as maiores associações com os casos de óbito por Covid-19 foram, população total, taxa bruta de mortalidade, doença de longa duração e população com idade superior a 80 anos.

Por fim, Urban e Nakada (2020) avaliaram pela aplicação do GWR que aspectos sociais como densidade populacional, pessoas com 60 anos ou mais e estabelecimentos urbanos informais possuem correlação significativa com a incidência de mortes por Covid-19 em São Paulo, Brasil. Ressaltam ainda que a alta densidade populacional encontrada em assentamentos informais da cidade de São Paulo é um fator determinante na disseminação da Covid-19, muito porque as pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica podem não conseguir aderir às medidas de isolamento social.

Desta forma, nota-se que as doenças afetam a população de forma distinta devido à fatores humanos e do ambiente, e os métodos OLS e GWR são importantes para a identificação dessas relações. Logo, no contexto da pandemia por Covid-19 a aplicação desses métodos permite entender melhor como esses fatores podem interferir na propagação do vírus, auxiliando na formulação de políticas de controle e prevenção da sua disseminação no momento atual, e também em uma perspectiva futura de planejamento da mobilidade urbana sustentável.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia deste trabalho é composta por dois subcapítulos. O item 3.1 refere-se à classificação da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e método utilizado. Já, o item 3.2 apresenta as etapas desenvolvidas, como também o local de estudo escolhido para atingir os objetivos propostos no capítulo 1.0.

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

De acordo com o escopo do trabalho, de estudar os impactos da pandemia de Covid-19 na mobilidade urbana de cidades localizadas em Minas Gerais utilizando análise estatística espacial, a pesquisa pode ser classificada como de natureza aplicada e abordagem quantitativa (KAUARK *et al.*, 2010). O trabalho busca gerar conhecimentos para aplicação prática, além de traduzir em números, opiniões e informações, como forma de classificá-las e analisá-las. Ressalta-se ainda que pesquisas com métodos quantitativos costumam examinar a associação entre variáveis que podem ser generalizadas para uma população por meio de inferências estatísticas (GALVÃO *et al.*, 2017).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva e exploratória. O viés exploratório se deve à análise das relações entre os casos de Covid-19 e as variáveis do padrão de deslocamentos, uso do solo e socioeconômicas. Já a perspectiva descritiva é retratada tanto pelo entendimento do impacto da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana das duas cidades de médio porte, quanto pelo entendimento das relações entre os casos de Covid-19 e as variáveis estabelecidas em uma das duas cidades. Pesquisas descritivas tendem a interpretar e descrever a realidade atual (MIGUEL *et al.*, 2010).

Para realização da pesquisa é utilizado o método de modelagem. O trabalho busca desenvolver modelos que expliquem, em relações de causa e efeito, o número de casos de Covid-19 por bairro da cidade em função das características socioeconômicas, de uso do solo e do padrão de deslocamento. Também são desenvolvidos ao longo do trabalho por meio de gráficos e mapas, cenários que representem o padrão de mobilidade das pessoas de Itajubá e São João del Rei como forma de identificar como a pandemia por Covid-19 afetou este comportamento. Logo, a escolha do método modelagem se justifica, pois de acordo com Bertrand e Fransoo (2002) é a partir da modelagem que são construídos modelos objetivos que expliquem parte do comportamento de situações da vida real.

## **3.2 Etapas de trabalho**

O trabalho foi dividido em três fases principais, sendo elas: estruturação do problema e descrição dos dados obtidos, análise do impacto da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana de Itajubá e São João del Rei e análise da associação entre os casos de Covid-19 e as variáveis de estudo na cidade de São João del Rei. A Figura 1 apresenta as etapas desenvolvidas em cada uma das fases do trabalho.



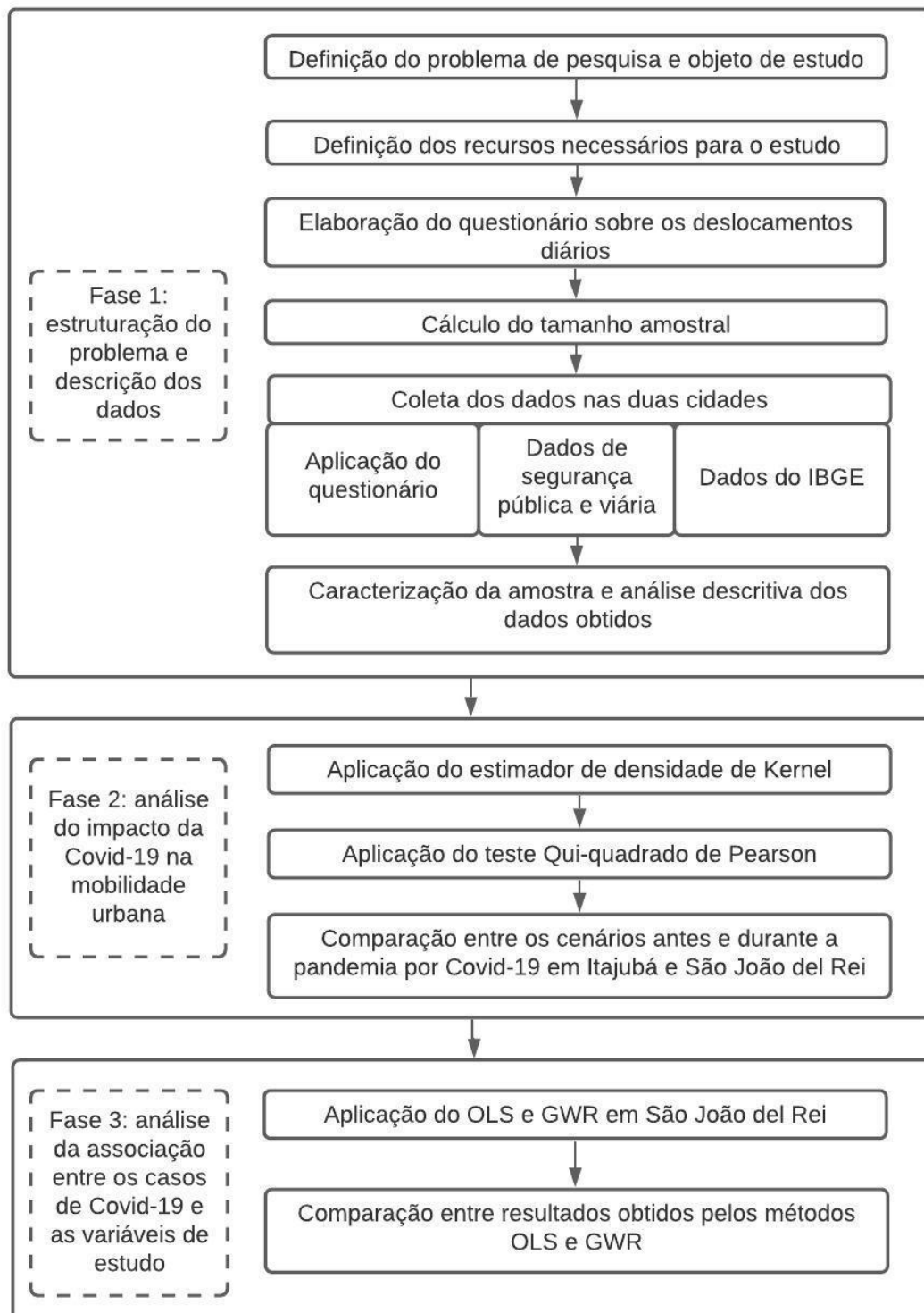


Figura 1: Etapas do trabalho

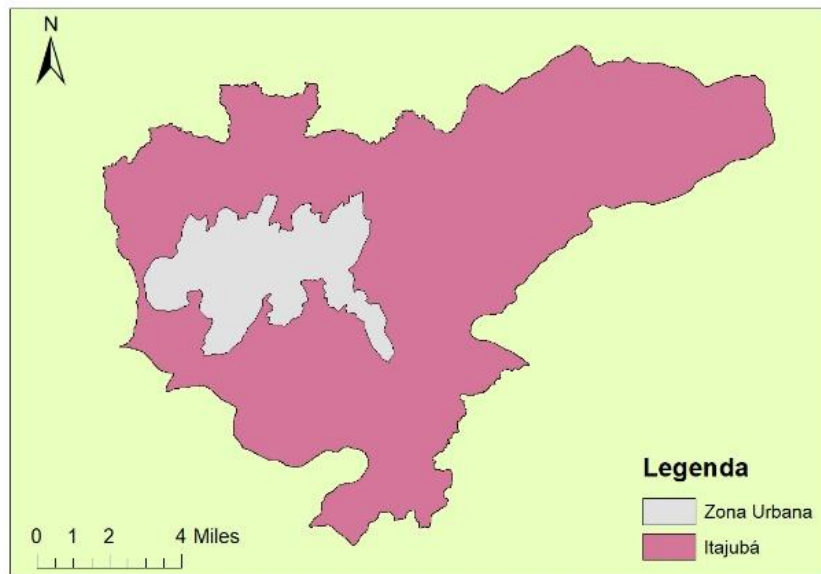
### **3.2.1 Local de estudo e análise descritiva dos dados**

A abordagem metodológica proposta foi desenvolvida nos municípios de Itajubá, localizado no sul do estado de Minas Gerais, na Serra da Mantiqueira e pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí. E o município de São João del Rei, também localizado em Minas Gerais, porém na região do Campo das Vertentes. A localização dos dois municípios do estado de Minas Gerais está apresentada na Figura 2a. Os municípios foram escolhidos em função da maior facilidade de compreensão territorial, como também por possuírem características semelhantes como população, existência de universidades federal e particular, empresas e concentração comercial em uma região da cidade. Fazendo com que dessa forma fosse possível compreender como a pandemia por Covid-19 impactou em municípios com características semelhantes às dos locais de estudo.

Conforme o IBGE, a população estimada para o município de Itajubá no ano de 2020 é de 97.334 pessoas, sendo sua área de 294,835 km<sup>2</sup>. Para o município de São João del Rei, a população estimada para o ano de 2019 é de 90.082 pessoas e área de 1.452,002 km<sup>2</sup>. Logo, ambos os municípios podem ser caracterizados como de médio porte. O estudo foi realizado na região urbana de cada um dos municípios (Figura 2b e 2d), visto que, de acordo com o censo do IBGE de 2010 a população urbana de Itajubá é de 91,3% e de São João del Rei de 94,5%. A Figura 2c e 2e apresenta a divisão da região urbana de cada um dos municípios em bairros.

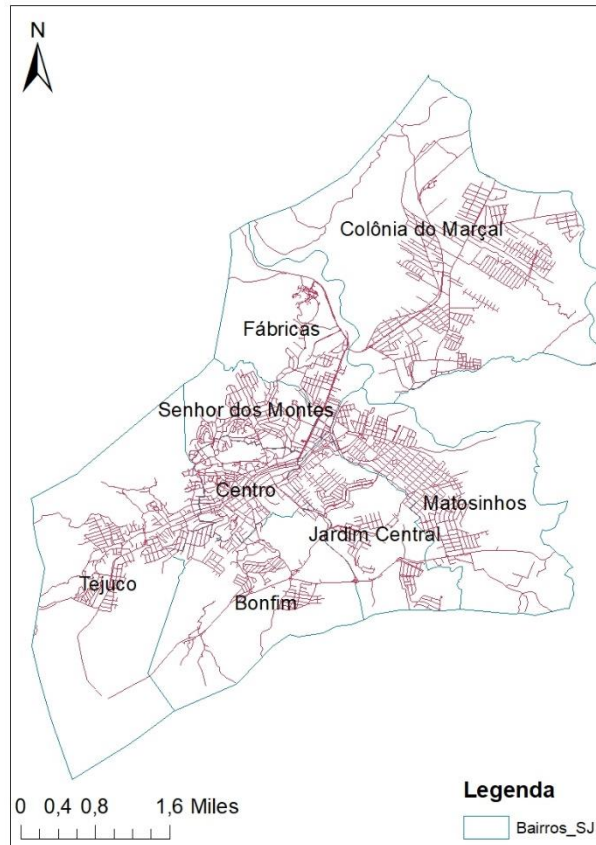


a) Localização dos municípios em Minas Gerais



b) Itajubá





e) Bairros de São João del Rei

Figura 2: Local de estudo

Em um primeiro momento foi elaborado um questionário que abordasse as principais questões referentes ao padrão de deslocamento dos entrevistados das duas cidades bem como suas características socioeconômicas, de forma a compreender como a pandemia por Covid-19 influenciou nesse comportamento. Para isso, o questionário contemplou quatro dimensões, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Estruturação do questionário

<b>Características do entrevistado</b>	Endereço
	Idade
	Gênero
	Renda Familiar
	Escolaridade
	Número de pessoas na residência
	Crianças na residência (menores de 5 anos)
	Idosos na residência (acima de 60 anos)
<b>Atividades pré pandemia por Covid-19</b>	Informações sobre a atividade principal antes da pandemia por Covid-19
	Informações sobre as atividades secundárias antes da pandemia por Covid-19
<b>Atividades durante a pandemia por Covid-19</b>	Informações sobre a atividade principal durante a pandemia por Covid-19
	Informações sobre as atividades secundárias durante a pandemia por Covid-19
<b>Atividades pós pandemia por Covid-19</b>	Expectativa para realização das atividades secundárias após a pandemia por Covid-19

Para esse trabalho considerou-se como atividade principal do entrevistado, trabalho, estudo, atividades domésticas, cuidados de familiares ou pessoas idosas, aposentado, ou seja, são as atividades referentes à ocupação do respondente. Já as atividades secundárias dividem-se em compra em supermercado, compra de roupas e sapatos, compra em farmácias, atividades religiosas, atividade física, lazer, consulta médica, atividade bancária e restaurante.

A coleta de dados aconteceu de forma *online*, no período de 27 de maio de 2020 a 27 de julho de 2020, através da plataforma *Google Forms*. Para isso, foi feita a divulgação do questionário em e-mails e redes sociais de forma a contemplar pessoas com diferentes características socioeconômicas e de localização. Desta forma, foi feita uma amostragem por conveniência, sendo não aleatória e não probabilística.

O cálculo da amostra foi realizado por meio das equações (4) e (5), como nos trabalhos de Antunes e Simões (2013) e Barcelos *et al.* (2017).

$$N_0 = \frac{1}{\varepsilon^2} \quad (4)$$

$$n = \frac{N_0 \cdot N}{N_0 + N} \quad (5)$$

Em que:

$N_0$ : primeira aproximação do tamanho mínimo da amostra;

$\varepsilon$ : erro amostral tolerável;

$N$ : tamanho da população;

$n$ : tamanho da amostra.

Devido à restrição de tempo para a execução da pesquisa foi adotado um erro amostral de 7% para a cidade de São João del Rei, e um erro amostral de 8% para a cidade de Itajubá. O número mínimo de entrevistados para cada cidade de acordo com o cálculo é apresentado na Tabela 2:

Tabela 2: Número mínimo de entrevistados por cidade

Cidade	População	Erro amostral	$\varepsilon^2$	$N_0$	$n$
Itajubá	96.869	8%	0,0064	156,25	156
São João del Rei	90.082	7%	0,0049	204,08	204

De posse dos dados do questionário foi realizada a caracterização da amostra, e uma análise descritiva de como a pandemia por Covid-19 impactou na realização e nos padrões de deslocamentos das atividades principais e secundárias dos habitantes das duas cidades.

### 3.2.2 Análise espacial do impacto da Covid-19 na mobilidade urbana

Como forma de avaliar o impacto da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana das duas cidades brasileiras, foi desenvolvida uma metodologia em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Inicialmente foi realizado esse estudo utilizando os destinos das atividades principais dos habitantes antes e durante a pandemia. Foram considerados os deslocamentos por motivo das atividades principais, visto que o endereço de destino normalmente é fixo e com demanda diária.

Devido às pessoas que permaneceram realizando sua atividade principal em casa durante a pandemia, foram elaborados dois cenários de estudo, o primeiro deles considera a própria residência como um destino do entrevistado, devido ao *home-office* e o segundo cenário não considerou *home-office*, sendo omitidos os respondentes que estavam realizando sua atividade principal em casa durante a pandemia por Covid-19.

Com o auxílio do SIG foram mapeados as origens e os endereços das atividades principais dos entrevistados. Através do agrupamento dessas trajetórias são determinados os

comportamentos típicos, que são os padrões de deslocamentos (MORIS e TRIVEDI, 2009). Segundo Xu *et al.* (2015) os padrões de deslocamento das atividades diárias das pessoas têm sido descritos através da medição do tamanho, geometria e estrutura do espaço que corresponde às atividades humanas.

Na sequência foi aplicado o estimador de densidade de Kernel que realiza uma contagem de todos os eventos dentro de uma área de influência (CÂMARA *et al.*, 2004), representando deste modo as regiões que apresentam maior concentração de deslocamentos, e proporcionando a identificação dos padrões de mobilidade dentro da área de estudo. Segundo Shinohara *et al.* (2015) a Densidade de Kernel é calculada como mostra a Equação (6).

$$\hat{\lambda}_t(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} I\left(\frac{(s-s_i)}{\tau}\right) \quad (6)$$

Em que:

$\hat{\lambda}_t(s)$ : Kernel na área inserida num raio de interesse  $\tau$  em relação ao ponto S

I é a função de distribuição de probabilidades, e é escolhida de forma adequada para construir uma superfície contínua sobre os dados.

O parâmetro  $\tau$  é denominado “largura da faixa” ou “raio de interesse”.

S representa uma localização qualquer na área de estudo e  $s_i$  são as localizações dos eventos observados (neste estudo corresponde a localização dos destinos das atividades principais dos moradores).

n representa o número de eventos.

A classificação escolhida para o estimador de Kernel foi a de intervalos naturais, ou método de Jenks (JENKS, 1967), que estabelece a melhor organização dos valores em diferentes classes, através da minimização da variância dentro das classes estabelecidas, e a maximização da variância entre as classes.

Para um entendimento mais aprofundado sobre como a pandemia por Covid-19 impactou a mobilidade urbana das cidades, foi realizado também um estudo sobre mudanças na segurança pública e viária devido à pandemia, nas cidades de Itajubá e São João del Rei. Para tal, foram levantados junto à Polícia Militar de cada município dados sobre as ocorrências de acidentes de trânsito, e criminalidade que ocorreram nas vias públicas das cidades do período de janeiro de 2018 a julho de 2020.



Sobre os acidentes de trânsito, para as duas cidades foram considerados os acidentes com vítima e sem vítima. As ocorrências sobre criminalidade contemplaram aquelas definidas como roubo ou furto que aconteceram nas vias públicas das cidades.

De posse desses dados foram mapeados em ambiente SIG os cenários antes e durante a pandemia por Covid-19 dos acidentes de trânsito e dos assaltos. Para o cenário antes da pandemia por Covid-19 foram consideradas todas as ocorrências dos anos de 2018 e 2019, e os meses de janeiro de fevereiro de 2020. Para o cenário durante a pandemia foram considerados os dados a partir de março de 2020, visto que para as duas cidades as medidas de distanciamento social se iniciaram neste mês.

Após mapeados os pontos de ocorrência, foi também aplicado o estimador de densidade de Kernel como forma de identificar os pontos de maior concentração das ocorrências referente à segurança pública e viária em casa um dos casos. Sendo que, a classificação escolhida para o estimador de Kernel foi a de intervalos naturais com cinco categorias.

### **3.2.3 Análise estatística do impacto da Covid-19 nas atividades principais**

Ao longo da análise descritiva dos dados obtidos para as cidades de Itajubá e São João del Rei foi observada uma diferença entre a porcentagem de pessoas que não estavam realizando sua atividade principal durante a pandemia. Logo, essa etapa do trabalho buscou avaliar se existe associação entre o local de realização da atividade principal dos respondentes durante a pandemia com as suas características socioeconômicas. Considerou-se a realização da atividade principal em casa (em *home-office*), fora de casa, ou ainda se a pessoa respondente não estava trabalhando naquele momento.

Para isso, utilizou-se análise estatística por meio do teste Qui-quadrado de Pearson no *software* Excel. O nível de confiança adotado foi de 95% ( $p < 0,05$ ), e foram consideradas as seguintes categorias na análise: gênero, faixa etária, renda familiar, escolaridade, tipo de ocupação, tipo de trabalho, posse de automóvel, posse de moto e posse de bicicleta.

### **3.2.4 Análise de correlação espacial do número de casos de Covid-19**

Essa etapa foi desenvolvida para responder aos objetivos específicos 2 e 3 do trabalho e contemplam a Fase 3 do procedimento metodológico (Figura 1). Buscou-se identificar quais variáveis socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamento dos entrevistados de São João del Rei estão correlacionadas ao número de casos de Covid-19, e gerar modelos

explicativos para a variável dependente. A cidade de São João del rei foi escolhida por apresentar informações confiáveis sobre as ocorrências de casos de Covid-19 distribuídos espacialmente por bairros, disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São João del-Rei por meio do boletim epidemiológico diário do município. Além disso, a amostra com os dados coletados de forma *online* apresentou melhor distribuição espacial do que a amostra de Itajubá.

Inicialmente foi aplicada a ferramenta *Exploratory Regression* do ArcGis 10.4.1. Essa ferramenta avalia todas as combinações possíveis das variáveis independentes, procurando por modelos OLS que melhor expliquem a variável dependente. Para isso, foram utilizados os dados coletados e agrupados por bairro da pesquisa sobre as atividades diárias da população, informações do IBGE disponíveis por bairro, além do número acumulado de casos de Covid-19 por bairro até o dia primeiro de setembro de 2020. Essa fase do trabalho seguiu as etapas apresentadas na Figura 3.

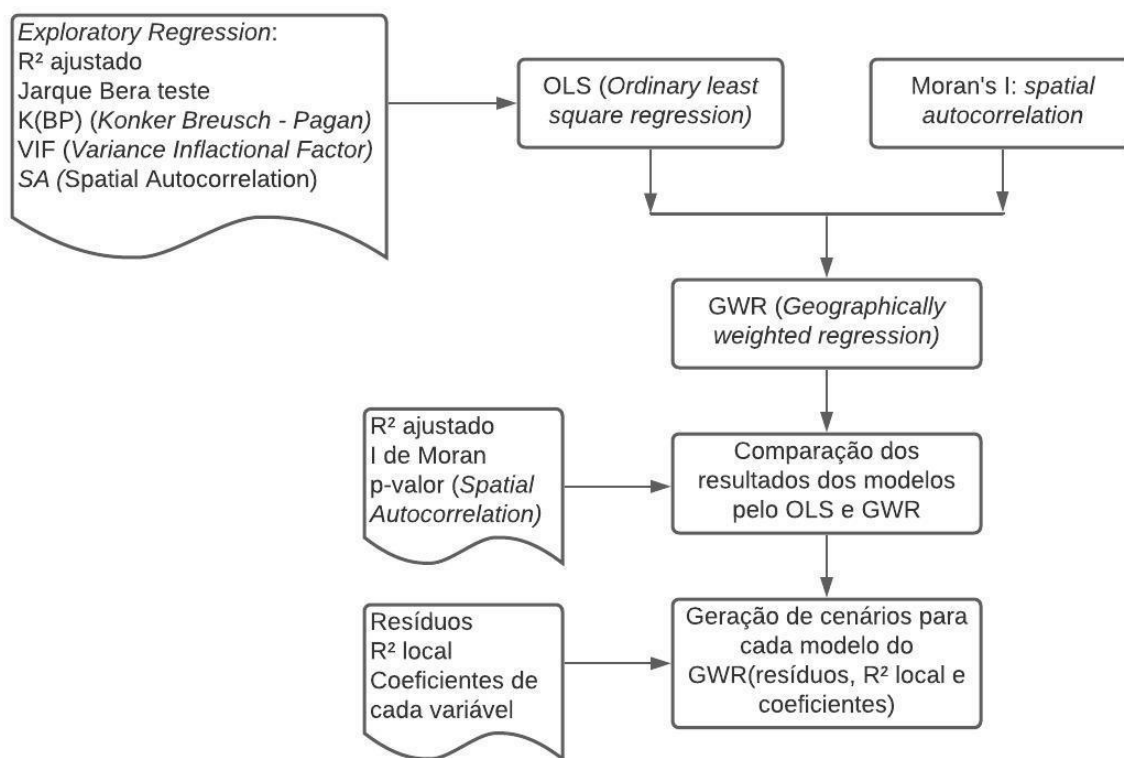


Figura 3: Etapas de aplicação do OLS e GWR

O OLS é um método comumente utilizado para a estimativa de modelos de regressão linear, sendo que o primeiro passo para se aplicar o GWR é entender a regressão global linear (COMBER *et al.*, 2020). A análise dos resultados obtidos pelo OLS por meio da aplicação da *Exploratory Regression* inicia-se por avaliar o desempenho dos modelos gerados através dos

valores de  $R^2$  ajustado. Ambos os valores se mantem em uma escala de 0 a 1. Conforme apresentado pelos autores Comber *et al.* (2020) em geral, são considerados ajustes fortes entre as variáveis, valores maiores que 0,8.

O segundo passo de avaliação foi verificar a significância do teste Jarque Bera realizado pelo *software* ArcGis. Esse teste foi proposto por Bera e Jaques (1980) nos coeficientes de assimetria e curtose para verificação da normalidade. No estudo, mantiveram-se na análise as variáveis que não apresentaram significância nesse teste, garantindo dessa forma que os resíduos do modelo de regressão são normalmente distribuídos. Ou seja, a não significância nesse teste garante que o modelo não é tendencioso.

Em seguida, foi avaliado o p-valor do teste de K(BP), uma vez que um resultado não significativo desse teste indica que as relações estabelecidas pelas variáveis do modelo são consistentes (WALAWENDER *et al.*, 2017).

O quarto passo de avaliação dos modelos gerados pelo OLS foi feito a partir da análise do valor do VIF (*Variance Inflation Fator*) que é segundo Salmerón *et al.* (2020) um teste tradicionalmente utilizado para diagnosticar a existência de multicolinearidade no modelo, ou seja, o teste representa se uma ou mais variáveis independentes estão carregando a mesma informação. Os autores ainda destacam que se o valor do VIF for alto a multicolinearidade é preocupante, sendo que 10 é o valor máximo aceito. Já, para os autores Mol *et al.*, 2020 valores de VIF inferiores a 5 auxiliam na validade dos modelos gerados, pois garantem a ausência de multicolinearidade. Desta forma, para esse trabalho optou-se por utilizar o valor de referência para o VIF de 7,5.

Por fim, foi avaliada a autocorrelação espacial dos resíduos dos modelos através do Índice de Moran. (COMBER *et al.*, 2020). Para a análise, foram selecionadas variáveis do padrão de viagens, socioeconômicas e de uso do solo dos respondentes de São João del Rei conforme apresentado na Tabela 3. Essa etapa do estudo foi aplicada apenas na cidade de São João del Rei devido à disponibilidade de dados quanto ao número acumulado de casos de Covid-19 por bairro, que se caracteriza pela variável dependente do estudo, bem como uma melhor distribuição espacial da amostra coletada. O que garante uma maior confiabilidade do modelo a ser gerado.

Sobre o agrupamento das variáveis, as viagens referentes ao transporte público coletivo na cidade estudada são representadas pelos usuários de ônibus. As viagens por modo de transporte individual motorizado, são as viagens realizadas de carro ou moto, e por fim, as viagens por transporte não motorizado são realizadas caminhando ou de bicicleta.

Tabela 3: Variáveis independentes para o modelo

Variáveis independentes	Descrição	Fonte	
Produção de Viagens	P_TP	Número de viagens produzidas por bairro por transporte público coletivo	Questionário sobre deslocamento diários
	P_TM	Número de viagens produzidas por bairro por transporte individual motorizado	
	P_TNM	Número de viagens produzidas por bairro por transporte não motorizado	
Atração de Viagens	A_TP	Número de viagens atraídas por bairro por transporte público coletivo	
	A_TM	Número de viagens atraídas por bairro por transporte individual motorizado	
	A_TNM	Número de viagens atraídas por bairro por transporte não motorizado	
Atividades diárias e eventuais	AP_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando sua atividade principal fora de casa durante a pandemia	
	AS_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando consultas médicas e com dentistas fora de casa durante a pandemia	
	AB_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando atividade bancária fora de casa durante a pandemia	
	RE_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando atividades de restaurante fora de casa durante a pandemia	
	SU_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando compras de supermercado fora de casa durante a pandemia	
	FA_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando compras de farmácias fora de casa durante a pandemia	
	CO_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando compras de roupa e sapato fora de casa durante a pandemia	
	AL_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando atividades de lazer fora de casa durante a pandemia	
	AR_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando atividades religiosas fora de casa durante a pandemia	
AF_FC	Número de pessoas por bairro que estavam realizando atividades físicas fora de casa durante a pandemia		
Socioeconômicas	NM_PR	Número de pessoas por residência	IBGE
	R_MD	Renda média mensal por domicílio	
Uso do solo	D_CE	Distância do centroide de cada bairro ao centro da cidade.	SIG

D_RU	Número de ruas por quilômetro quadrado do bairro	
D_DM	Densidade demográfica por bairro	IBGE

Após verificados os modelos definidos pela aplicação do *Exploratory Regression* que indicaram quais variáveis independentes possuem influência na variável dependente (número acumulado de casos de Covid-19 por bairro), foi aplicada a técnica GWR como forma de verificar qual das duas ferramentas se ajusta melhor

Assim como para os modelos gerados pelo OLS, para o GWR foi verificado o desempenho dos modelos através da variável  $R^2$  ajustado. Se os resultados dos modelos pelo GWR apresentarem o  $R^2$  ajustado maior do que pelo OLS, indica que o modelo teve um ajuste melhor ao GWR do que ao OLS (GEBREAB e ROUX, 2012; DAS *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2019). Optou-se por utilizar o  $R^2$  ajustado no lugar do  $R^2$  uma vez que, sempre que uma variável é inserida no modelo o valor de  $R^2$  aumenta não representando necessariamente uma melhora no modelo. Por esse motivo, o  $R^2$  ajustado se torna um melhor parâmetro de comparação.

Na análise de regressão procura-se por observações não correlacionadas, e em que os resíduos  $\varepsilon_i$  do modelo também sejam independentes e apresentem distribuição normal com média zero. O teste quantitativo mais comumente utilizado para esse fim é o Índice I de Moran sobre os resíduos (CÂMARA *et al.*, 2004). Logo, os modelos gerados foram também comparados por meio do Índice I de Moran para avaliar se a aplicação do GWR melhora os modelos no sentido da aleatoriedade dos resíduos distribuídos.

Por fim, foram gerados cenários para cada um dos modelos gerados pelo GWR apresentando a distribuição espacial dos resíduos, os valores de  $R^2$  local por região, como forma de apresentar quais regiões da cidade são melhor explicadas por aquele modelo. E finalmente são apresentados os coeficientes de cada variável, de modo a indicar se aquela variável independente influencia de forma positiva ou negativa no número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei.

## **4 MEDIDAS DE ISOLAMENTO SOCIAL E AS CONSEQUÊNCIAS NOS DESLOCAMENTOS DA POPULAÇÃO EM ITAJUBÁ E SÃO JOÃO DEL REI-MG**

Neste capítulo são apresentadas as atividades realizadas nas fases 1 e 2 do trabalho (Figura 1) e que tenta responder ao objetivo específico 1 de avaliar as consequências das medidas de isolamento social nos deslocamentos para as atividades diárias da população, verificando as características socioeconômicas das cidades estudadas.

### **4.1 Caracterização da amostra e análise descritiva dos dados**

Sobre o período de aplicação do questionário, é importante ressaltar em quais fases do isolamento social as cidades encontravam-se. No dia 23 de março de 2020 foi publicado pela prefeitura de Itajubá o Decreto nº 7.781/2020 que declarou estado de emergência da saúde pública no município, permanecendo o funcionamento apenas das atividades essenciais. Posteriormente outros decretos foram estabelecidos liberando de forma gradual o funcionamento de diversas atividades.

Porém, em 14 de maio de 2020 foi publicado pela prefeitura municipal de Itajubá o Decreto N°. 7.860/2020 que suspendeu temporariamente os efeitos dos Decretos nº 7.844/2020 (Autoriza sob condições o funcionamento de atividades em igrejas, templos e locais de quaisquer cultos e liturgias) 7.845/2020 (Autoriza sob condições, o funcionamento de atividades de bares, restaurantes, lanchonetes e similares) 7.848/2020 (Autoriza sob condições, o funcionamento de academias, centros de treinamentos, centros de ginásticas, estúdios, salas de atividades físicas, salas de yoga, estúdios de dança e similares) e 7.850/2020 (Autoriza sob condições o funcionamento de atividades do Parque municipal de Itajubá). Logo quando os habitantes de Itajubá começaram a responder o questionário ainda estavam sob essas condições.

Posteriormente, em 19 de junho de 2020 foi publicado o decreto N° 7.924/2020 que autorizou, sob condições, o funcionamento de atividades em igrejas, templos e locais de quaisquer cultos e liturgias. Possibilitando esse tipo de atividade aos moradores de Itajubá a partir desse período, e permanecendo desta forma até o final de aplicação do questionário devido a publicação do Decreto N° 7.996/2020 no dia 07 de agosto de 2020 que dispôs sobre o funcionamento do Plano Minas Consciente no Município de Itajubá. Neste momento, o

município de Itajubá foi classificado para a Onda Amarela, permitindo o funcionamento das atividades das Ondas Vermelha (Serviços essenciais) e Amarela (serviços não essenciais).

Em São João del Rei o primeiro Decreto de nº 8.601, sobre medidas de prevenção ao contágio e de enfrentamento e contingenciamento da epidemia causada pelo Covid-19, foi publicado no dia 19 de março de 2020, sendo que no dia 21 de março de 2020 foi publicado o Decreto nº 8.604 que declarou situação de emergência no município de São João del Rei em razão da pandemia do Covid-19 sendo mantido o funcionamento apenas das atividades essenciais.

Posteriormente em 25 de maio de 2020 o Decreto nº8.694 que dispôs sobre a adesão do município do Plano Minas Consciente, estando a partir desta data apto a ingressar na “Onda Branca”. Retomando de forma gradual o funcionamento dos estabelecimentos que antes encontravam-se fechados. Desta forma, os habitantes de São João del Rei responderam ao questionário no momento em que as atividades estavam voltando a acontecer na cidade.

Para realizar a coleta de dados nas cidades de Itajubá e São João del Rei, foi aplicado um questionário via *google forms* que somou um total de 376 respostas nas duas cidades, com idades entre 15 e 69 anos. Para a cidade de São João del Rei, 100% dos entrevistados aceitaram participar da pesquisa, contabilizando 211 questionários. Já para a cidade de Itajubá, foram entrevistadas 168 pessoas, porém três pessoas não concordaram em participar da pesquisa, totalizando 165 questionários preenchidos. Desta forma, ambas as cidades atingiram o número mínimo de entrevistados necessários, conforme Tabela 4. A Tabela 5 apresenta a caracterização da amostra por cidade estudada.

Tabela 4: Número de entrevistados por cidade

<b>Cidade</b>	<b>Número mínimo de entrevistados</b>	<b>Número de entrevistados</b>
Itajubá	204	211
São João del Rei	156	165

Tabela 5: Caracterização da amostra por cidade

<b>Variável</b>	<b>Categoria</b>	<b>Itajubá</b>		<b>São João del Rei</b>	
		<b>Frequência</b>	<b>Porcentagem</b>	<b>Frequência</b>	<b>Porcentagem</b>
Continua residindo na cidade?	Sim	153	92,80%	183	86,80%
	Não	12	7,20%	28	13,20%
Gênero	Feminino	90	58,40%	111	60,65%
	Masculino	64	41,60%	72	39,34%

Tabela 5: Caracterização da amostra por cidade (Continuação)

Faixa etária	< 20	10	6,64%	15	8,20%
	21 - 40	89	58,17%	117	63,93%
	41 - 60	49	32,03%	43	23,50%
	> 60	5	3,27%	9	4,92%
Faixa de renda	Até 1 salário mínimo	6	3,92%	14	7,65%
	Entre 1 e 2 salários mínimos	25	16,34%	43	23,50%
	Entre 2 e 5 salários mínimos	46	30,07%	76	41,53%
	Entre 5 e 8 salários mínimos	28	18,30%	32	17,49%
	Mais de 8 salários mínimos	48	31,37%	18	9,84%
Escolaridade	Ensino Básico	0	0,00%	1	0,55%
	Ensino Fundamental	1	0,65%	5	2,73%
	Ensino Médio	36	23,53%	77	42,08%
	Ensino Superior	66	43,14%	82	44,81%
	Mestrado/Doutorado	50	32,68%	18	9,84%
Ocupação	Aposentado	6	3,92%	10	5,46%
	Atividades domésticas	7	4,58%	10	5,46%
	Cuidados de familiares	1	0,65%	1	0,55%
	Estudo	14	9,15%	48	26,23%
	Outra atividade	3	1,96%	6	3,28%
	Trabalho	122	79,74%	108	59,02%
Tipo de trabalho	Autônomo	6	3,92%	21	11,48%
	Comércio	11	7,19%	18	9,84%
	Construção Civil	1	0,65%	2	1,09%
	Educação	38	24,84%	23	12,57%
	Indústria	10	6,54%	13	7,10%
	Outra ocupação	19	12,42%	58	31,69%
	Outro setor	18	11,76%	14	7,65%
	Saúde	8	5,23%	13	7,10%
	Serviço doméstico	1	0,65%	4	2,19%
Servidor público	41	26,80%	17	9,29%	
Número de moradores na casa	1	17	11,1%	13	7,1%
	2	31	20,3%	53	29,0%
	3	42	27,5%	51	27,9%
	4 ou mais	63	41,2%	66	36,1%
Número de crianças na residência (menores de 5 anos)	Nenhum	124	81,0%	166	90,7%
	1	23	15,0%	14	7,7%
	2	6	3,9%	3	1,6%



Tabela 5: Caracterização da amostra por cidade (Final)

	Nenhum		116	75,8%	138	75,4%
Número de idoso na residência	1		24	15,7%	29	15,8%
	2		11	7,2%	15	8,2%
	3 ou mais		2	1,3%	1	0,5%
Posse de veículos ou bicicleta	Possui		143	93,46%	167	91,26%
	Não Possui	10	6,54%	16	8,74%	

Em Itajubá, dos 165 questionários respondidos, 153 moradores continuam residindo na cidade durante a pandemia. Sobre o perfil dos respondentes (Tabela 5) é possível observar que ambas as cidades tiveram mais respondentes femininos. Tal diferença pode ser justificada pelo fato de as duas cidades possuírem uma concentração superior de população feminina, 51% para a cidade de Itajubá e 52% para a cidade de São João del Rei conforme dados do Censo do IBGE de 2010, ou porque simplesmente as mulheres se interessaram mais sobre a pesquisa.

A respeito da distribuição de idade dos respondentes, Itajubá contemplou pessoas com idades entre 17 a 68 anos, sendo que a maior concentração está na faixa etária de 31 a 40 anos. Já São João del Rei contemplou pessoas com idades entre 15 a 69 anos, sendo que a maior concentração está na faixa etária de 21 a 30 anos. A menor concentração de respondentes por faixa etária nas duas cidades está acima de 61 anos.

Sobre a distribuição de renda dos entrevistados, em Itajubá a maioria dos entrevistados apresentou renda familiar acima de 8 salários mínimos e entre 2 e 5 salários mínimos, sendo 32% e 30% respectivamente. Na cidade de São João del Rei, a distribuição dos entrevistados por faixa de renda familiar deu-se majoritariamente entre 2 e 5 salários mínimos e entre 1 e 2 salários mínimos, sendo 42% e 23% respectivamente. Ambas as cidades apresentam uma menor concentração de respondentes que possuem até 1 salário mínimo.

A escolaridade dos entrevistados nos dois casos tem predominância do ensino superior, sendo 43% para a cidade de Itajubá e 45% para a cidade de São João del Rei. Itajubá não apresentou nenhum respondente do Ensino Básico.

A Figura 4 apresenta a distribuição dos respondentes de Itajubá em relação ao salário e escolaridade considerando o sexo. A partir de sua análise percebe-se que as mulheres se caracterizam por possuir em sua maioria faixa de renda familiar entre 2 e 5 salários mínimos, e ensino superior completo. Já os respondentes do gênero masculino apresentam em sua maioria faixa de renda acima de 8 salários mínimos, e mestrado ou doutorado completo.

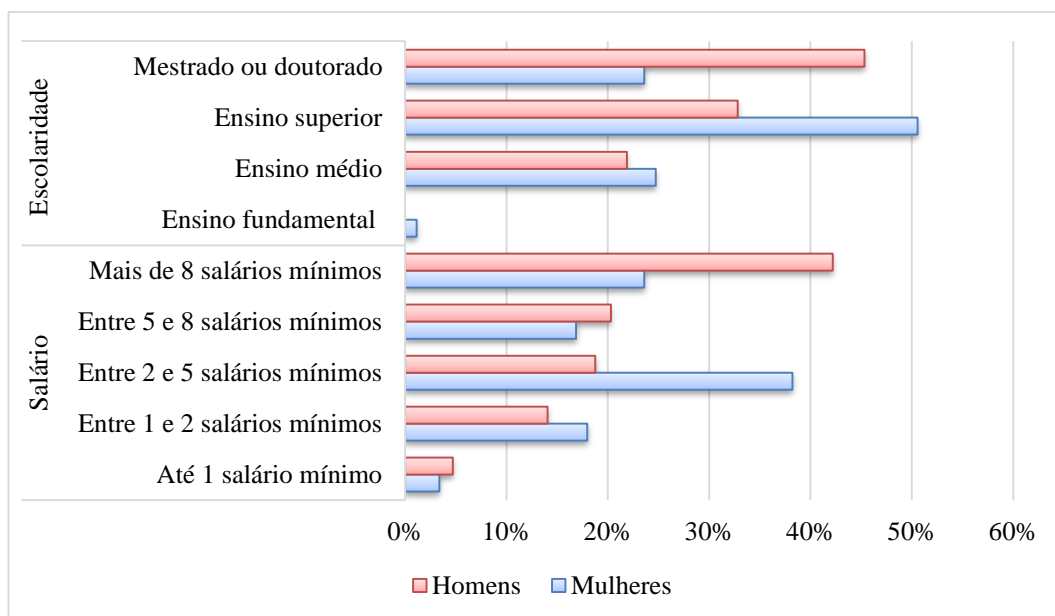


Figura 4: Distribuição dos respondentes de Itajubá faixa de renda e escolaridade

A Figura 5 apresenta a distribuição dos respondentes de São João del Rei em relação ao salário e escolaridade considerando o sexo. Sua análise permite perceber que o perfil das mulheres respondentes de São João del Rei é caracterizado por possuírem em sua maioria faixa de renda familiar entre 2 e 5 salários mínimos, com ensino médio completo. Já os homens, possuem em sua maioria faixa de renda entre 2 e 5 salários mínimos, com ensino superior completo. Além do grau de escolaridade dos respondentes, outra diferença observada entre os gêneros é que a frequência de respondentes do gênero masculino que possuem entre 5 e 8 salários mínimos, e acima de 8 salários mínimos como faixa de renda é expressivamente maior que a frequência de respondentes mulheres. Fato esse que destaca a diferença de faixa de renda e escolaridade encontrada entre os gêneros nas duas cidades estudadas.

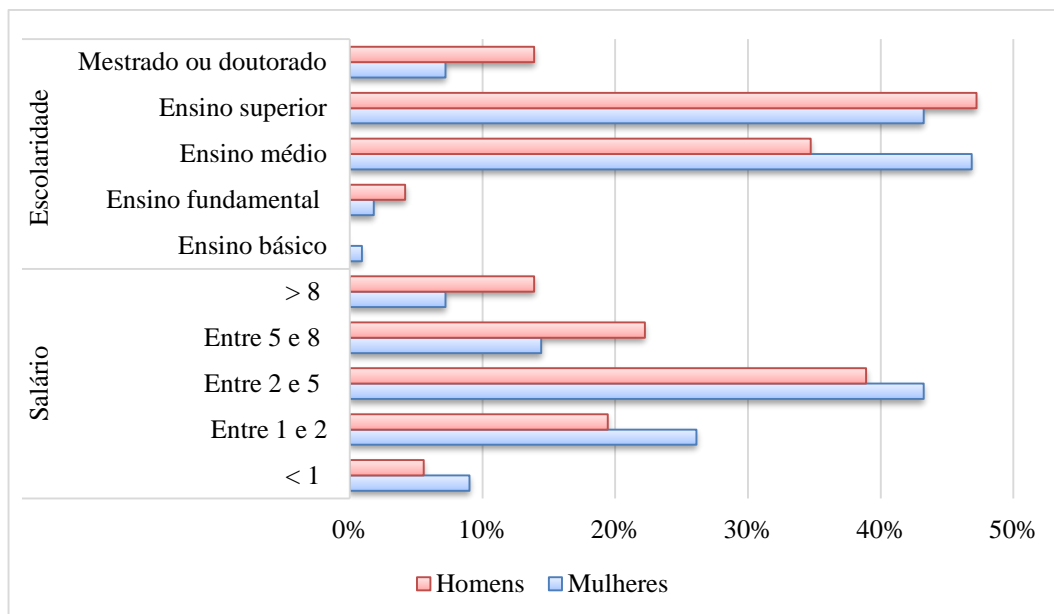


Figura 5: Distribuição dos respondentes de São João del Rei faixa de renda e escolaridade

A atividade principal realizada pela maioria dos respondentes das duas cidades, foram trabalho e estudo, contemplando mais de 85% dos respondentes em cada município. Sendo que, sobre a divisão de setores de trabalhos, para a cidade de Itajubá houve uma predominância de respondentes que trabalham na área do serviço público e da educação respectivamente, atingindo 62% dos trabalhadores entrevistados. Já para a cidade de São João del Rei, mais de 60% dos respondentes são representados pelo conjunto de trabalhadores da área da educação, seguido pelos trabalhadores autônomos, os servidores públicos e aqueles que atuam no comércio.

A respeito o número de crianças e idosos na residência dos entrevistados, as duas cidades caracterizam-se pela maioria dos respondentes não possuem crianças abaixo de 5 anos e pessoas acima de 60 anos em sua composição familiar.

Sobre a posse de veículos, os respondentes das duas cidades possuem características bem semelhantes, visto que mais de 90% dos entrevistados possuem algum tipo de veículo motorizado ou bicicleta. As Figuras 6 e 7 apresentam a distribuição dos respondentes de Itajubá e São João del Rei por posse de veículos e bicicleta.

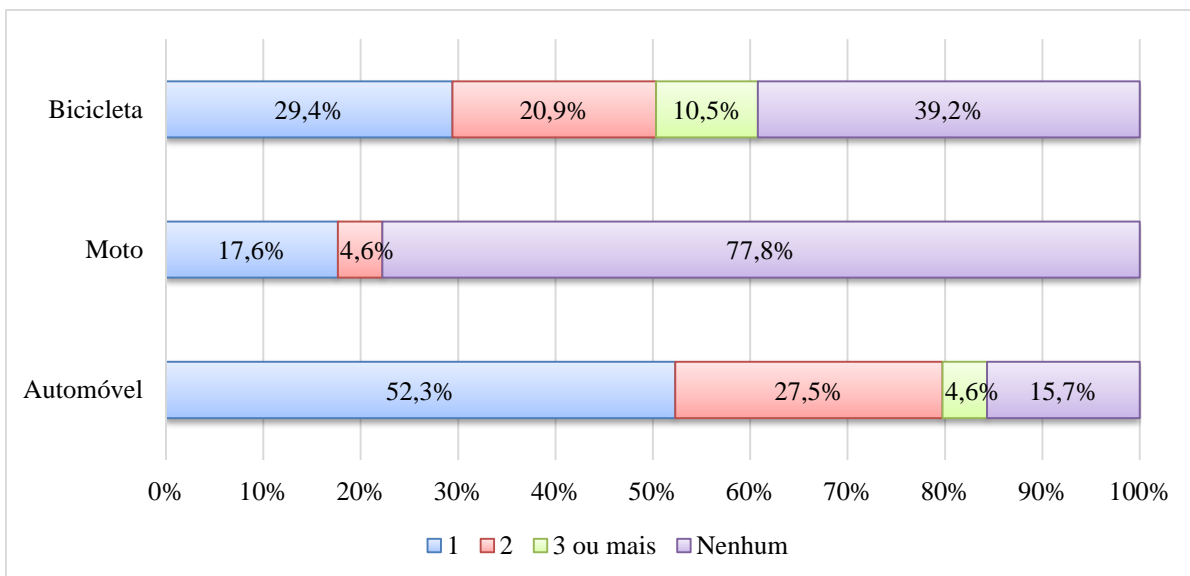


Figura 6: Distribuição dos entrevistados por posse de veículos e bicicleta em Itajubá

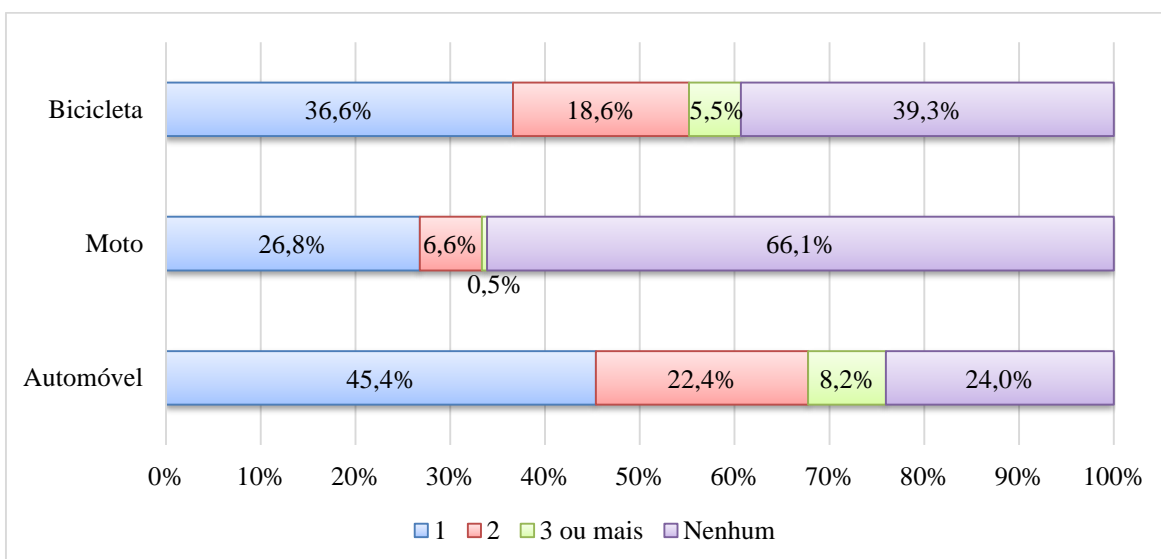
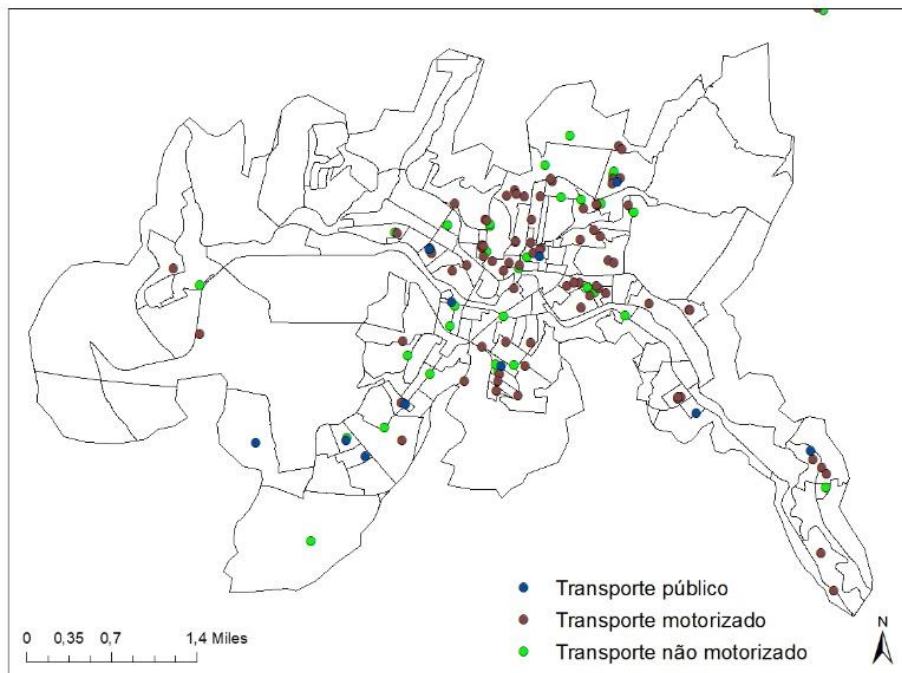
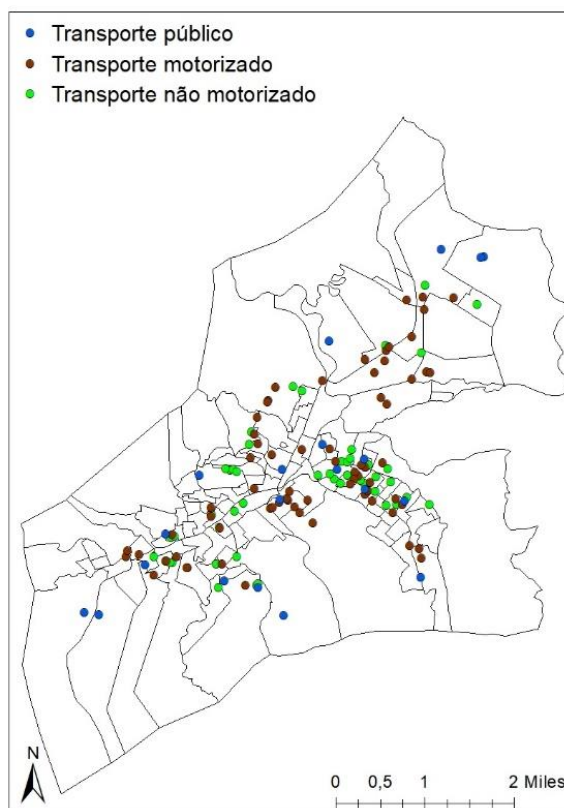


Figura 7: Distribuição dos entrevistados por posse de veículos e bicicletas São João del Rei

A partir da análise das Figuras 6 e 7 nota-se que nas duas cidades a maioria dos respondentes se caracterizam por possuírem um automóvel em casa (52,3% para Itajubá e 45,4% para São João del Rei), nenhuma moto (77,8% para Itajubá e 66,1% para São João del Rei) e nenhuma bicicleta (39,2% para Itajubá e 39,3% para São João del Rei) respectivamente. Sabendo que o automóvel é o principal modo de transporte que as pessoas possuem, foi avaliada a distribuição espacial da origem dos respondentes de acordo com o modo de transporte que utilizam com mais frequência para se deslocarem até sua atividade principal conforme apresentado na Figura 8.



a) Itajubá



b) São João del Rei

Figura 8: Distribuição dos respondentes por modo de transporte

A Figura 8a mostra que para a cidade de Itajubá além de o transporte motorizado ser a principal escolha dos respondentes, o transporte público por ônibus é a escolha de poucas pessoas que no geral residem em regiões mais periféricas cidade. Já para São João del Rei (Figura 8b) apesar de os deslocamentos por meio de transporte motorizado serem a principal escolha dos respondentes, os deslocamentos por modos de transporte não motorizados e por transporte público por ônibus ocorrem ao longo de toda a cidade.

Para identificar como a pandemia por Covid-19 impactou no padrão de deslocamentos das atividades principais foi feita uma análise estatística descritiva sobre os dados coletados. Com o isolamento social imposto nas duas cidades é possível perceber que o padrão de viagem das pessoas mudou expressivamente. Sobre a escolha do modo de transporte para ir até o local da atividade principal, nas cidades de Itajubá e São João del Rei é possível identificar alguns comportamentos em comum como, o aumento percentual da utilização da moto como meio de transporte e a redução da utilização do Ônibus, como apresentado nas Figuras 9 e 10.

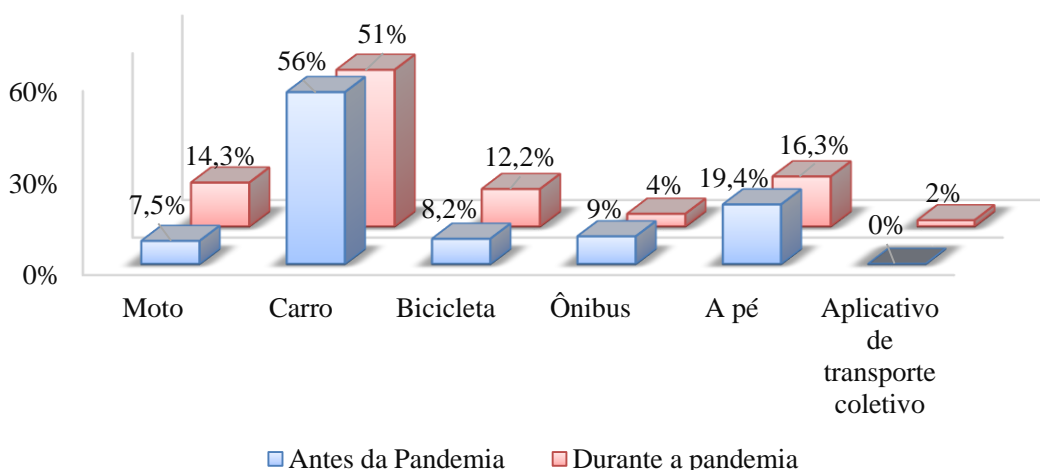


Figura 9: Distribuição por escolha de modo de transporte para a atividade principal em Itajubá

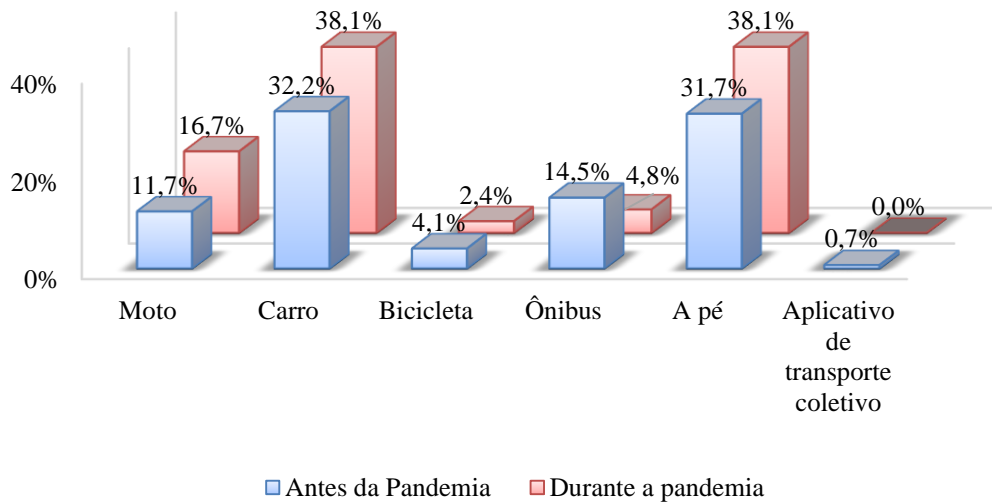


Figura 10: Distribuição por escolha de modo de transporte para a atividade principal em São João del Rei

Para a cidade de Itajubá (Figura 9) a mudança mais expressiva está no aumento percentual da utilização da moto, atingindo uma diferença de 6,8%, seguida pela redução na utilização do carro e do ônibus, com uma diferença de 5% e 4,9% respectivamente. Apesar de não ser uma reação esperada para o período da pandemia, a redução da utilização do carro como meio de transporte pode ser explicada pela redução das pessoas que realizam a sua atividade principal fora de casa. Em Itajubá, 68% do total de pessoas que utilizava o carro como modo de transporte para ir até sua atividade principal antes da pandemia passaram a realizar sua atividade principal em casa, ou a não realizar, explicando assim a redução da demanda pelo uso do carro durante a pandemia.

Já para a cidade de São João del Rei (Figura 10) a mudança mais significativa está na redução da utilização do ônibus, com uma diferença de 9,7%, seguida pelo aumento dos deslocamentos a pé e de carro, atingindo uma diferença de 6,4% e 5,9% respectivamente. A redução da utilização do ônibus na cidade de São João del Rei acontece já que das pessoas que utilizavam o ônibus como meio de transporte antes da pandemia apenas 19% continuaram realizando sua atividade principal fora de casa, sendo que destes, 50% passaram a ir a pé ou de moto, ocorrendo dessa forma um aumento na demanda desses modos de transporte.

Sobre o tempo de deslocamento até a atividade principal dos entrevistados, as duas cidades apresentaram um aumento nos deslocamentos mais rápidos, de até 10 minutos e uma redução na frequência nos demais tempos, conforme as Figuras 11 e 12.

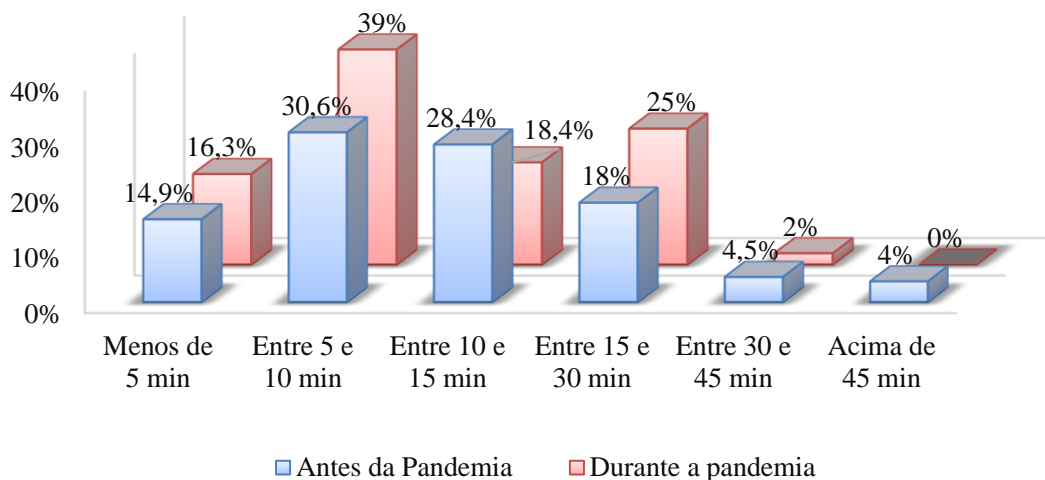


Figura 11: Distribuição dos entrevistados de Itajubá por tempo de deslocamento até a atividade principal

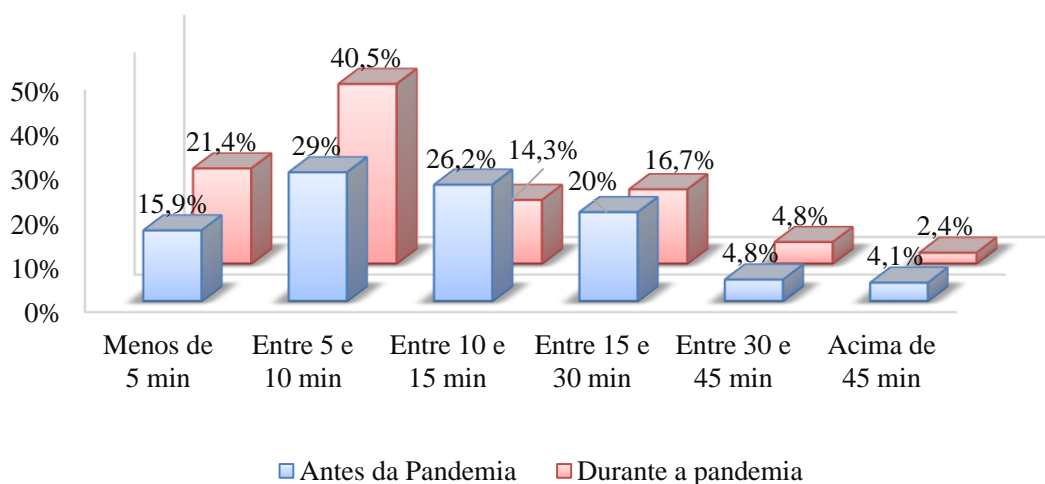


Figura 12: Distribuição dos entrevistados de São João del Rei por tempo de deslocamento até a atividade principal

Sobre o tempo de deslocamento até a atividade principal dos entrevistados, os respondentes das duas cidades apresentaram um aumento nos deslocamentos mais rápidos, de até 10 minutos. Em Itajubá (Figura 11) a porcentagem de respondentes nessas duas categorias totalizava 45,5% antes da pandemia por Covid-19, passando para 55,1% durante a pandemia. Já para São João del Rei (Figura 12) a porcentagem desses respondentes passou de 44,9% para 61,9%. Esse aumento de entrevistados que demandam menos tempo de viagem para chegar até



sua atividade principal pode ser explicada pela menor movimentação nas ruas devido ao crescimento das atividades realizadas em casa ou não desempenhadas durante a pandemia.

Em seguida, buscou-se entender como a pandemia por Covid-19 impactou no local de realização da atividade principal dos entrevistados conforme apresentado na Figura 13.

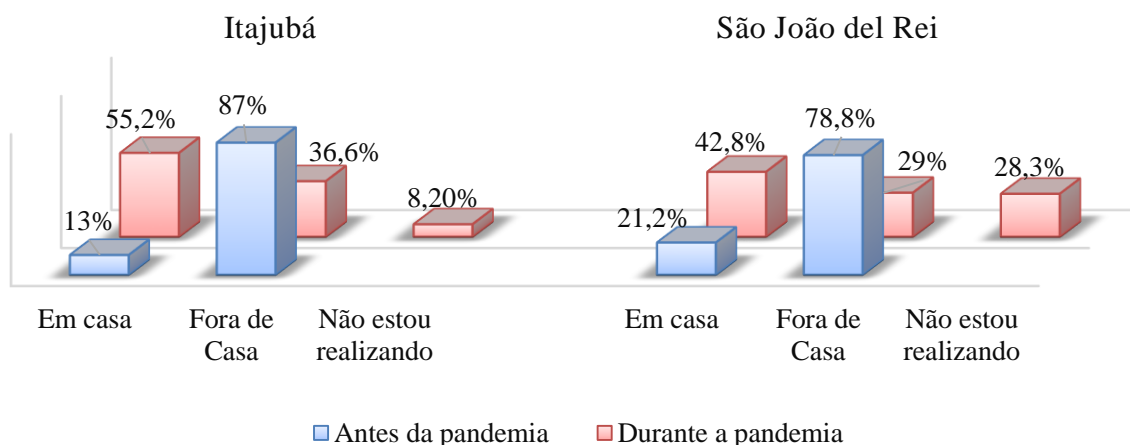


Figura 13: Distribuição dos entrevistados por local de realização da atividade principal

Durante a pandemia por Covid-19 nota-se que ocorreu uma redução dos deslocamentos por motivo das atividades principais realizadas fora de casa de aproximadamente 50% em cada uma das cidades. Devido à redução das atividades principais realizadas fora de casa, duas reações poderiam acontecer, o aumento das atividades realizadas em casa, ou a não realização da atividade principal. Para a cidade de Itajubá, da diminuição de 50,4% das atividades realizadas fora de casa, 42,2% foi convertido em atividades realizadas em casa. Já em São João del Rei, a taxa de pessoas que não realizaram suas atividades durante a pandemia por Covid-19 foi maior em relação a Itajubá, visto que, da diminuição de 49,8% das atividades realizadas fora de casa, apenas 21,6% dessa parcela foi suprido pelas atividades realizadas em casa.

Devido às medidas de prevenção ao contágio do Covid-19 é necessário entender como o comportamento das pessoas mudou na também na realização das suas atividades diárias, e não só das atividades principais. Ao longo deste trabalho, foram consideradas como atividades secundárias compra em supermercados, compra em farmácias, compra de roupas e sapatos, atividades religiosas, atividade física, lazer, consulta com profissionais de saúde, atividade

bancária e consumo em restaurantes. A análise da frequência de realização das atividades secundárias em cada uma das cidades é apresentada nas Figuras 14 e 15.

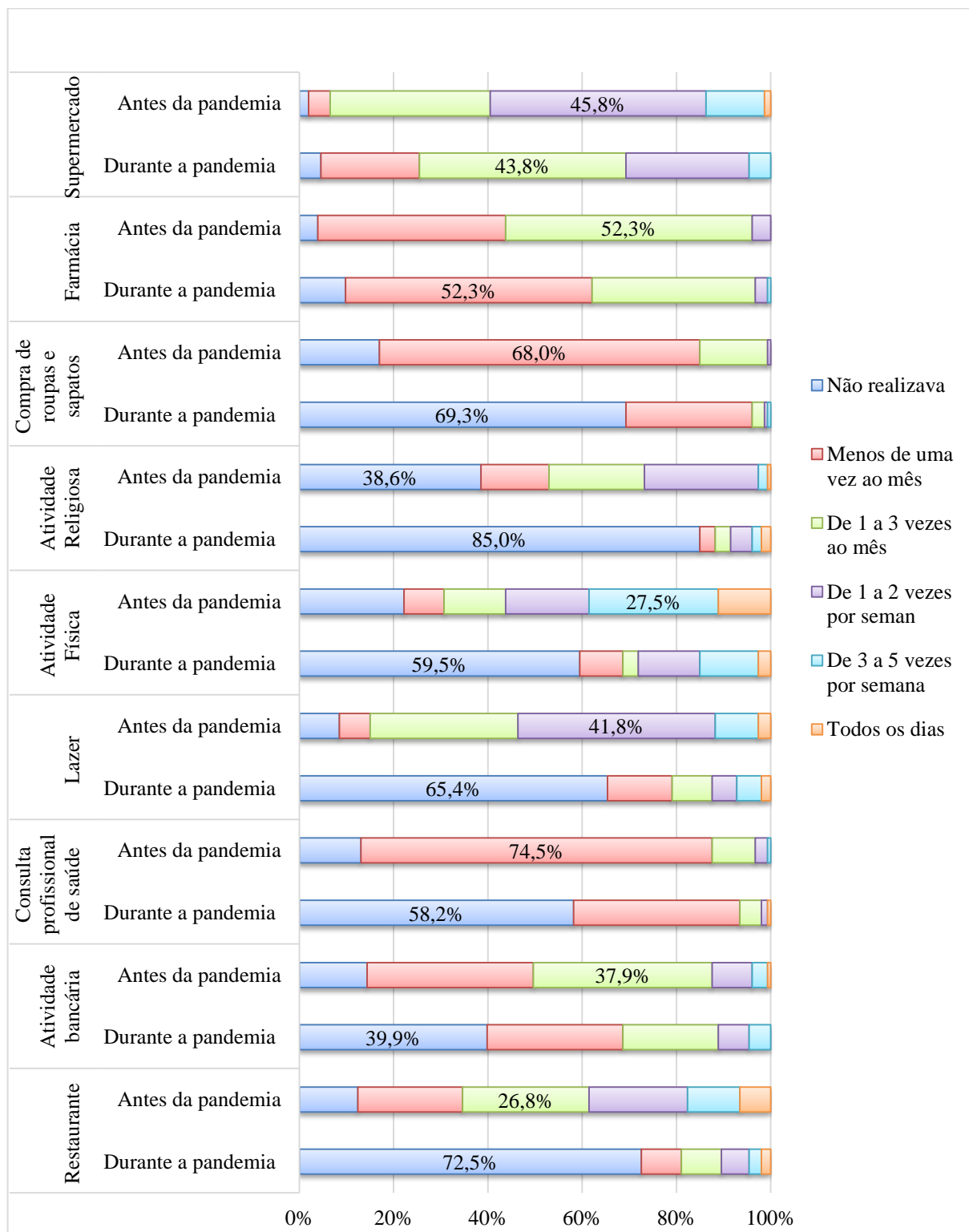


Figura 14: Análise da frequência de realização de atividades secundárias em Itajubá

A partir da análise da Figura 14 é possível perceber que em Itajubá as pessoas passaram a realizar todas as atividades com menos frequência durante a pandemia, sendo que em todos os casos houve também um aumento da não realização das atividades durante esse período. Porém, as únicas atividades que a maioria dos respondentes não deixaram de realizar durante a pandemia por Covid-19 foram compras em supermercados e em farmácias, destacando que são os bens essenciais à sobrevivência.

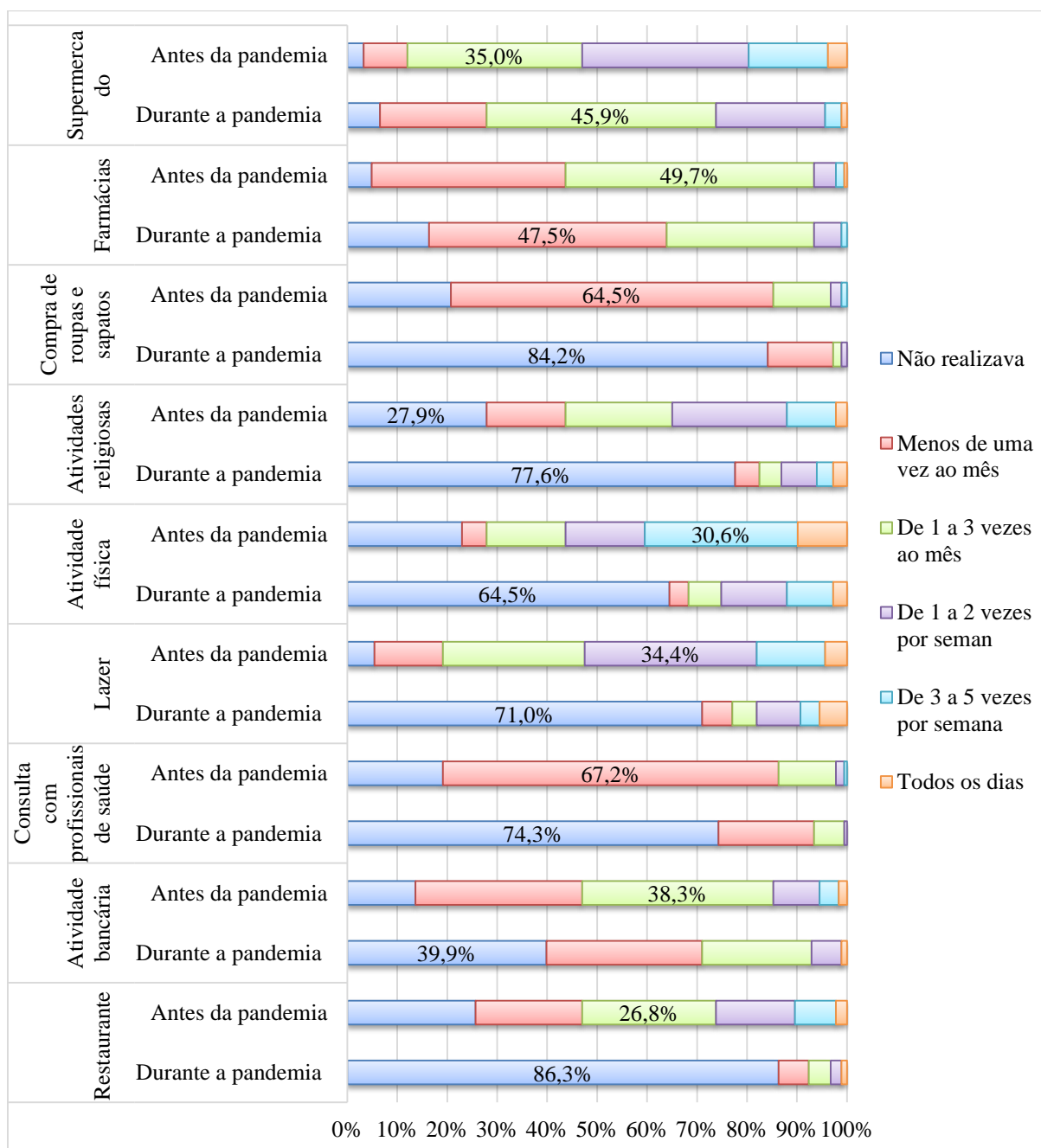


Figura 15: Análise da frequência de realização das atividades secundárias em São João del Rei

Assim como para Itajubá, em São João del Rei (Figura 15) é possível perceber uma redução da frequência de realização das atividades secundárias, sendo que apenas para as compras em Supermercados e em Farmácias a maior parte dos respondentes não deixaram de realizar essa atividade durante a pandemia por Covid-19.

Para as compras em Supermercado tanto antes quanto durante a pandemia a maior parte dos respondentes realizava essa atividade de uma a três vezes por mês. Porém é possível perceber que mais pessoas passaram a realizar compras em supermercado nessa frequência durante a pandemia, indicando uma redução das pessoas que compravam em frequência maiores do que essa antes desse período.

A Figura 16 apresenta a distribuição percentual dos respondentes de Itajubá e São João del Rei em relação ao modo como estavam realizando a atividade de compra em supermercado antes, durante e sua expectativa de realização após a pandemia. Esses dados são importantes para avaliar como as medidas de isolamento impactaram no comportamento das pessoas.

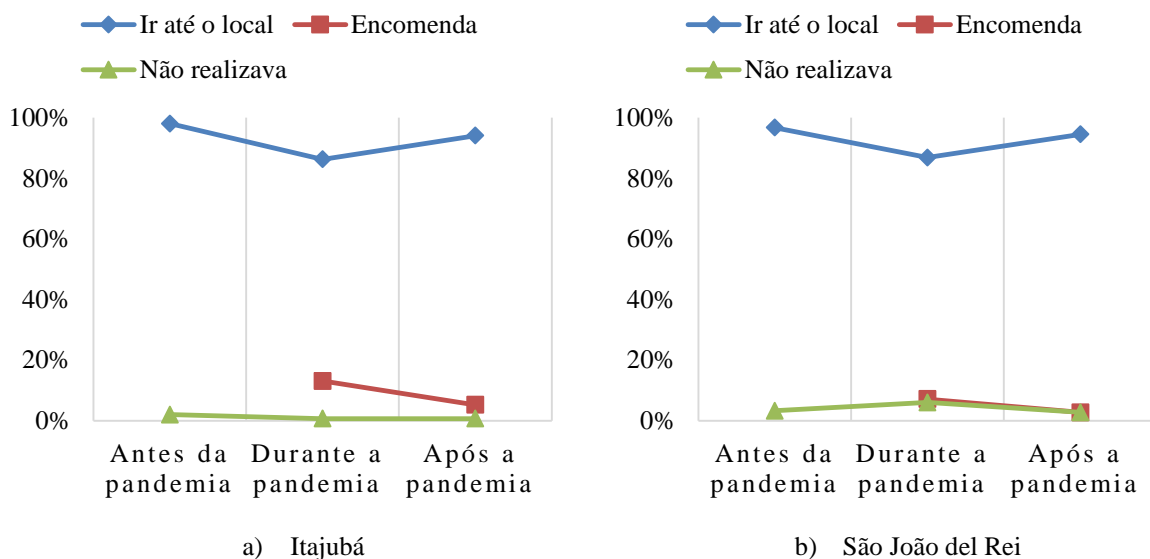


Figura 16: Distribuição dos entrevistados por modo de compra em supermercado

De acordo com a Figura 16, os respondentes das duas cidades tiveram comportamentos bem semelhantes sobre as compras em supermercado, apresentando uma redução nas compras presenciais durante a pandemia e uma expectativa de crescimento para quando a pandemia acabar. Essa redução de compras presenciais durante a pandemia foi suprida pelo surgimento de pedidos por encomenda nos supermercados. Vale ressaltar que uma parcela dos respondentes que realizaram compras por encomenda durante a pandemia, pretendem manter esse padrão de

compra, fazendo com que o crescimento esperado das compras presenciais após a pandemia não atinja seu valor inicial. Em termos gerais, houve uma redução do deslocamento por motivo de compras em supermercados de 11,76% para a cidade de Itajubá (Figura 15a), e 9,84% para São João Del Rei (Figura 16b).

A Figura 17 apresenta o percentual de respondentes que não continuaram comprando no mesmo supermercado durante a pandemia por Covid-19 e os principais motivos listados por eles. Em Itajubá (Figura 17a) 14,9% dos respondentes não continuaram comprando no mesmo supermercado durante a pandemia por Covid-19, enquanto que em São João del Rei (Figura 17a) essa porcentagem foi de 16,3%. Sobre os fatores que os entrevistados das duas cidades consideraram como mais relevantes para a mudança de supermercado estão (Figura 17b), pouca aglomeração, proximidade e espaço físico, sendo que todos os fatores ficaram ordenados da mesma forma nas duas cidades. Vale ressaltar que entrega grátis não foi um fator relevante para que os respondentes de São João del Rei mudassem de supermercado.

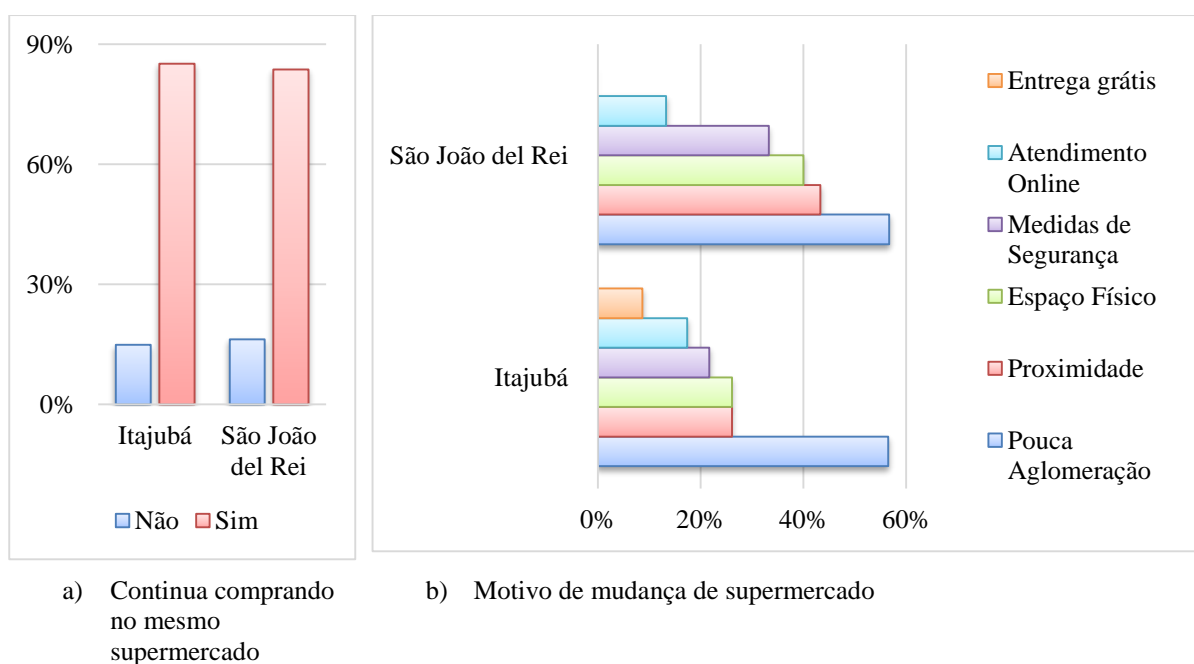


Figura 17: Comportamento dos entrevistados em compra de supermercados durante a pandemia

A Figura 18 apresenta o modo como as pessoas estavam realizando as atividades de compras de roupa e sapato antes e durante a pandemia, e também como pretender realizar essa atividade após a pandemia. Nota-se uma queda brusca nas compras de roupas e sapatos realizadas presencialmente, sendo que tanto em Itajubá (Figura 18a) quanto em São João del Rei (Figura 18b) menos de 20% dos entrevistados continuaram realizando essa atividade

presencialmente. Desta forma, ocorreu uma redução dos deslocamentos por esse motivo no valor de 58,82% para Itajubá (Figura 18a) e 63,93% para São João del Rei (Figura 18b). Espera-se que após a pandemia volte a ocorrer mais compras presenciais, porém não atingindo o valor inicial, devido aos entrevistados que migrarão para as compras por encomenda ou por aqueles que não pretendem realizar essa atividade.

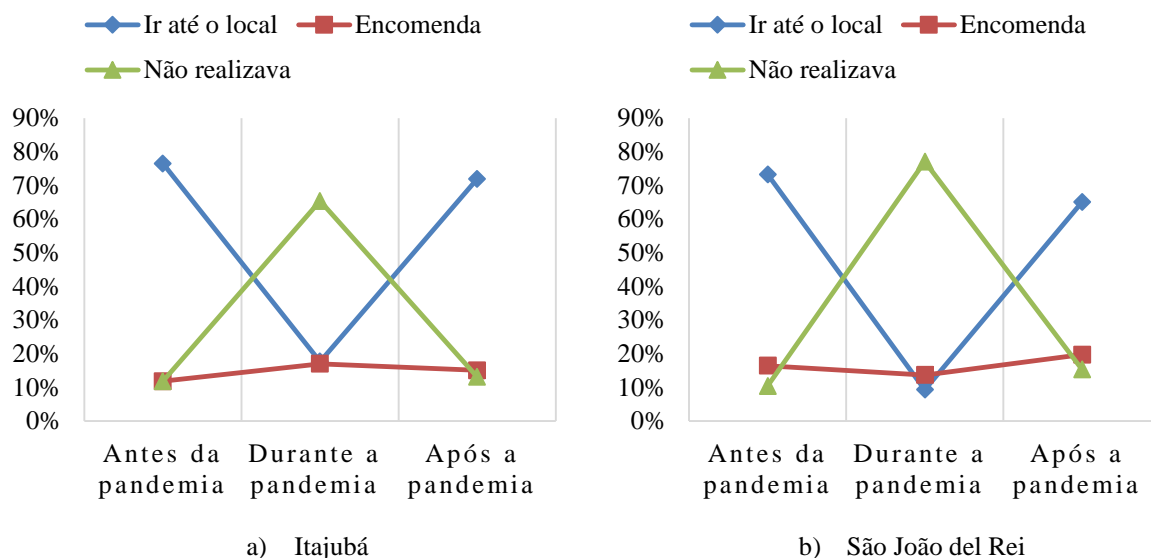


Figura 18: Distribuição dos entrevistados por local de compra de roupas e sapatos

A Figura 19 apresenta o comportamento dos entrevistados quanto às compras em farmácias, sendo que eles tiveram comportamentos bem semelhantes, apresentando uma redução nas compras presenciais durante a pandemia, resultando em uma diminuição dos deslocamentos por motivos de compra em farmácias de 22,22% para Itajubá (Figura 19a) e 26,78% para São João del Rei (Figura 19b), e uma expectativa de crescimento para quando a pandemia acabar. Essa redução de compras presenciais durante a pandemia foi suprida pelo aumento dos pedidos para entrega das farmácias e a não realização por parte de alguns entrevistados. Vale ressaltar que uma parcela dos respondentes que realizaram compras por encomenda durante a pandemia, pretendem manter esse padrão de compra, fazendo com que a porcentagem de pedidos por encomenda seja maior após o fim da pandemia do que antes da sua ocorrência.

Assim como nos casos anteriores, espera-se um retorno das compras presenciais por grande parte da população, porém abaixo do seu valor de antes da Covid-19. Outra análise que pode ser feita a partir dos casos estudados, é que os respondentes consideraram compras em

supermercado e farmácia como essenciais, visto que, apesar de uma pequena redução as compras foram mantidas. Em contrapartida, as compras de roupas e sapatos, não foram realizadas durante a pandemia pela maior parcela dos respondentes.

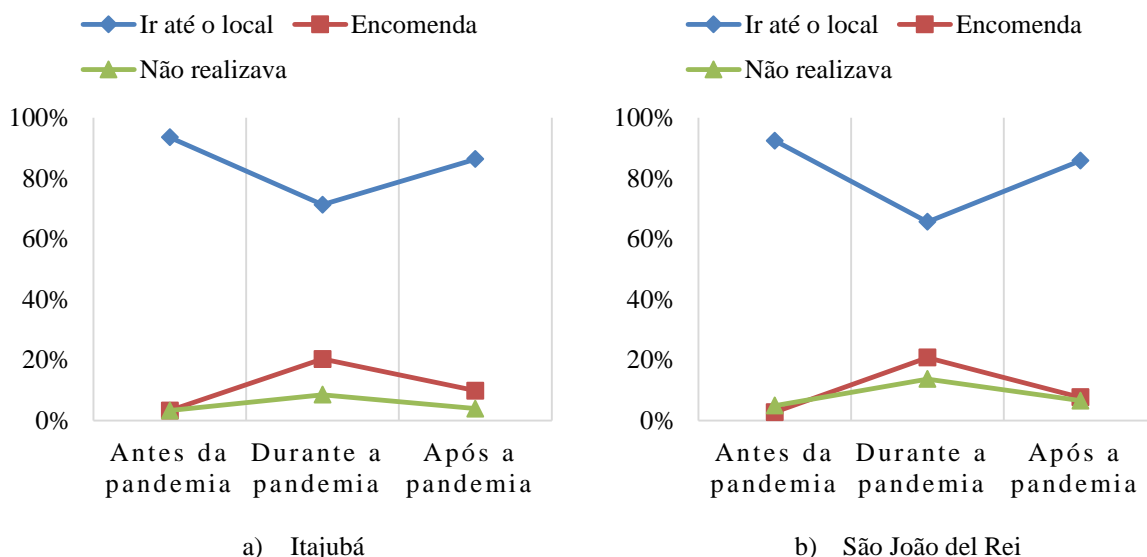


Figura 19: Distribuição dos entrevistados de Itajubá por local de compras em farmácias

A Figura 20 apresenta o comportamento dos entrevistados das duas cidades quanto à realização de atividades religiosas. É possível perceber que durante a pandemia ocorreu uma expressiva redução das pessoas que realizavam as atividades religiosas presencialmente, 52,94% para Itajubá (Figura 20a) e 59,56% para São João del Rei (Figura 20b), fato que pode ser explicado pela impossibilidade de abertura dos templos religiosos em parte do período em que a pesquisa foi realizada como forma de evitar aglomerações. Desta forma, essa queda na demanda foi suprida em parte pelas pessoas que continuaram realizando as atividades religiosas de casa, porém a maioria parou de realizar essa atividade durante a pandemia.

Para o cenário pós pandemia é interessante perceber que a porcentagem de pessoas que pretendem realizar essa atividade é maior do que a porcentagem observada no cenário antes da pandemia.

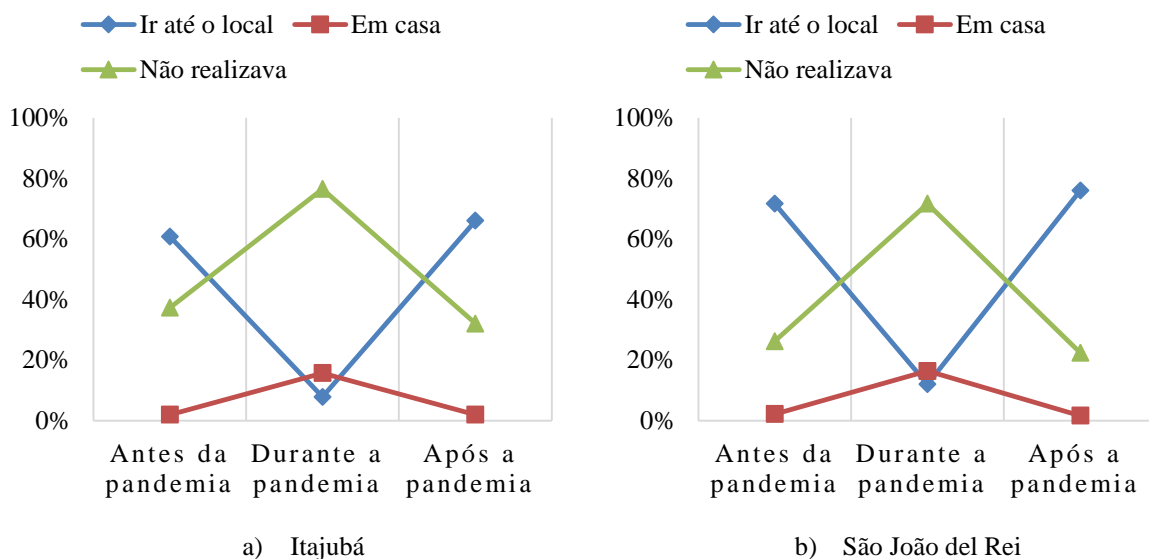


Figura 20: Distribuição dos entrevistados de Itajubá por local de realização das atividades religiosas

A Figura 21 apresenta o padrão de realização das atividades físicas dos respondentes e é possível notar uma diminuição das atividades físicas realizadas fora de casa durante a pandemia, compensada pelo aumento da não realização dessa atividade e, em menor porcentagem, o aumento das atividades físicas realizadas em casa nas duas cidades. A redução dos deslocamentos por motivo de atividades físicas foi de 58,17% para Itajubá e 62,84% para São João del Rei. Assim como nas atividades religiosas, os respondentes demonstraram através de suas respostas que a porcentagem de pessoas que realizam atividades físicas fora de casa será maior após o fim da pandemia do que antes dela.

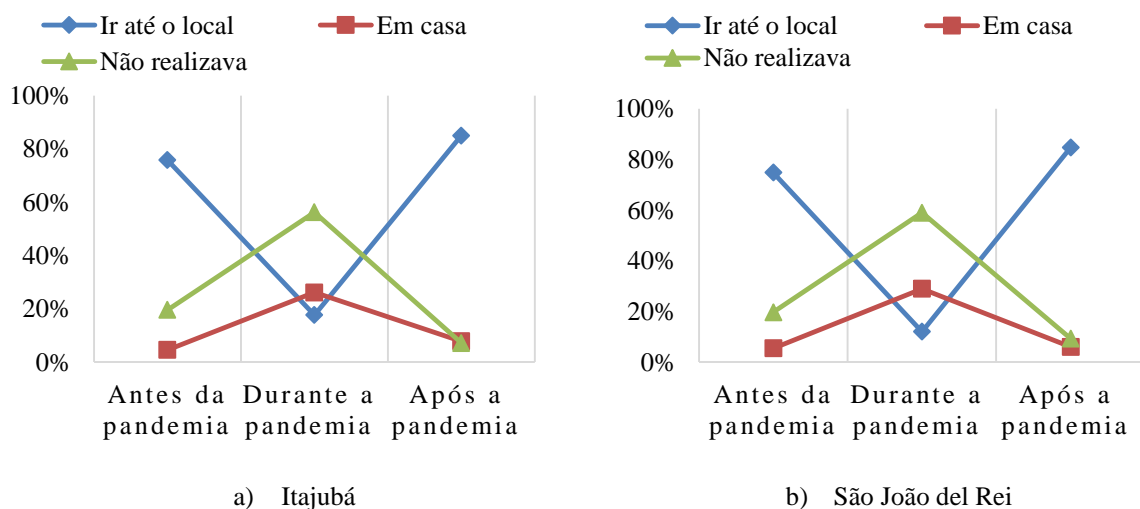




Figura 21: Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades físicas

O padrão do local de realização das atividades de lazer sofreu forte variação com o período da pandemia por Covid-19, sendo a redução dessa atividade realizada fora de casa a mais expressiva, conforme apresentado na Figura 22. Com essa redução, assim como para as demais atividades secundárias, aconteceu o aumento das atividades realizadas em casa e da não realização dessa atividade, sendo a segunda variação mais significativa. As atividades de lazer foram uma das que apresentaram maior redução no percentual de deslocamentos, sendo 75,16% para a cidade de Itajubá (Figura 22a) e 71,04% para São João del Rei (Figura 22b). Espera-se para o fim da pandemia uma maior porcentagem de pessoas realizando atividades de lazer fora de casa.

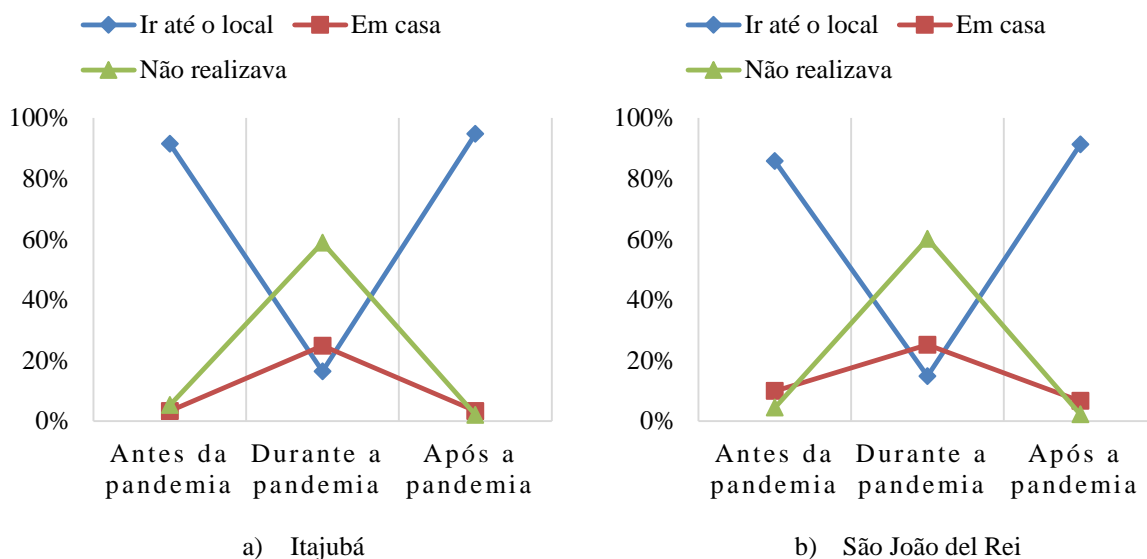


Figura 22: Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades de lazer

A Figura 23 apresenta a condição de realização das consultas com profissionais de saúde em Itajubá e São João del Rei. Nota-se através de sua análise uma diminuição das consultas médicas presenciais durante a pandemia, sendo que nas duas cidades menos de 10% dos respondentes passaram a realizar essa atividade de casa. Esse comportamento resultou em uma redução dos deslocamentos por motivo de consultas com profissionais de saúde em 52,94% para Itajubá (Figura 23a) e 57,38% para São João del Rei (Figura 23b).

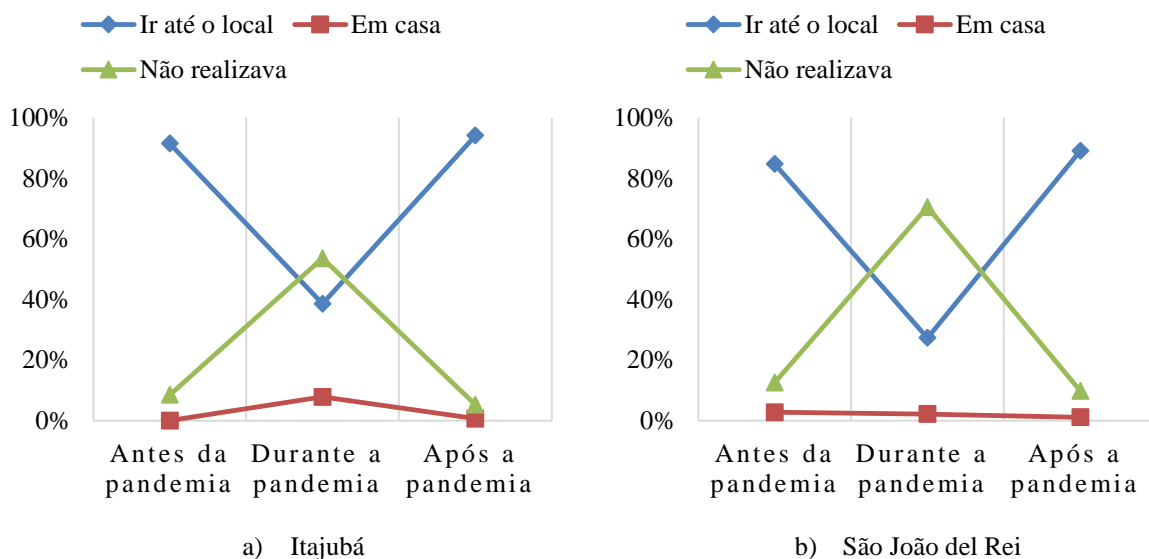


Figura 23: Distribuição dos entrevistados por local de realização das consultas com profissionais de saúde

O comportamento dos respondentes sobre as atividades bancárias é apresentado na Figura 24, e a partir dos gráficos é possível perceber que ocorreu a redução das atividades bancárias realizadas presencialmente durante a pandemia e o aumento dessa atividade realizada em casa (Figura 24). A redução dos deslocamentos por esse motivo foi de respectivamente 33,33% e 30,60% para Itajubá (Figura 24a) e São João del Rei (Figura 24b). Para após o final da pandemia espera-se uma maior porcentagem de pessoas realizando atividades bancárias em casa do que realizavam antes da pandemia por Covid-19, apontando dessa forma uma necessidade de plataformas de atendimento remoto mais eficientes para as agências bancárias.

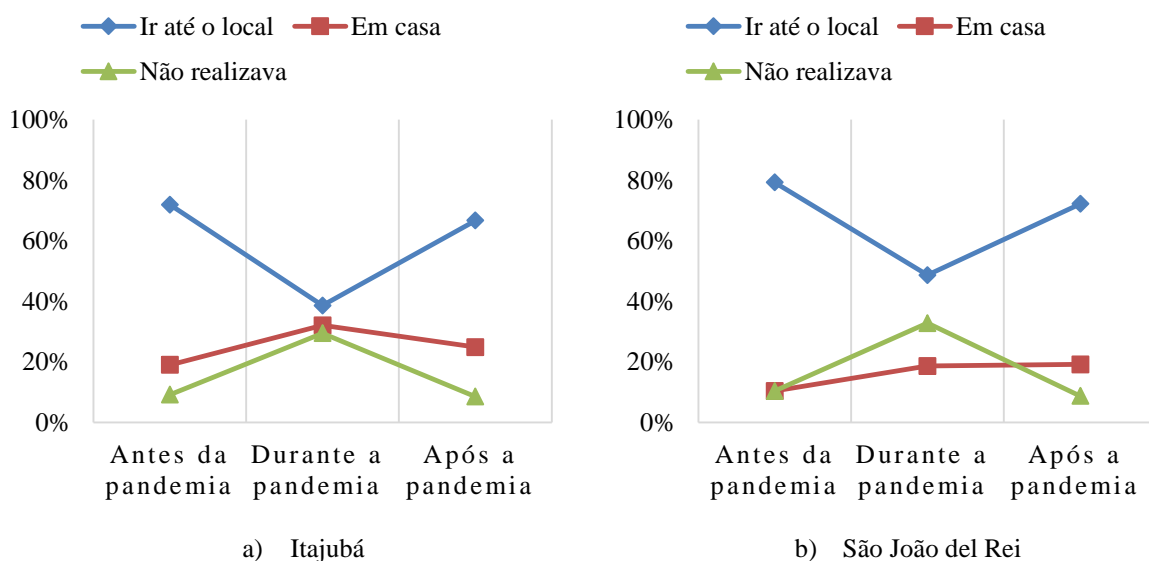


Figura 24: Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades bancárias

A Figura 25 apresenta como as pessoas estavam realizando as atividades de restaurante antes e durante a pandemia, e também suas expectativas para após esse período. Por meio de sua análise é possível perceber uma expressiva diminuição das idas aos restaurantes e um aumento dos pedidos de entrega durante a pandemia. Junto com as atividades de lazer, os deslocamentos para os restaurantes foram os que mais reduziram, sendo 73,86% para Itajubá (Figura 25a) e 68,31% para São João del Rei (Figura 25b). Porém para após o final da pandemia espera-se que mais pessoas passem a ir até os restaurantes do que costumavam ir antes. A média geral da redução dos deslocamentos por motivo das atividades secundárias foi de 48,80% para Itajubá e 50,03% para São João del Rei.

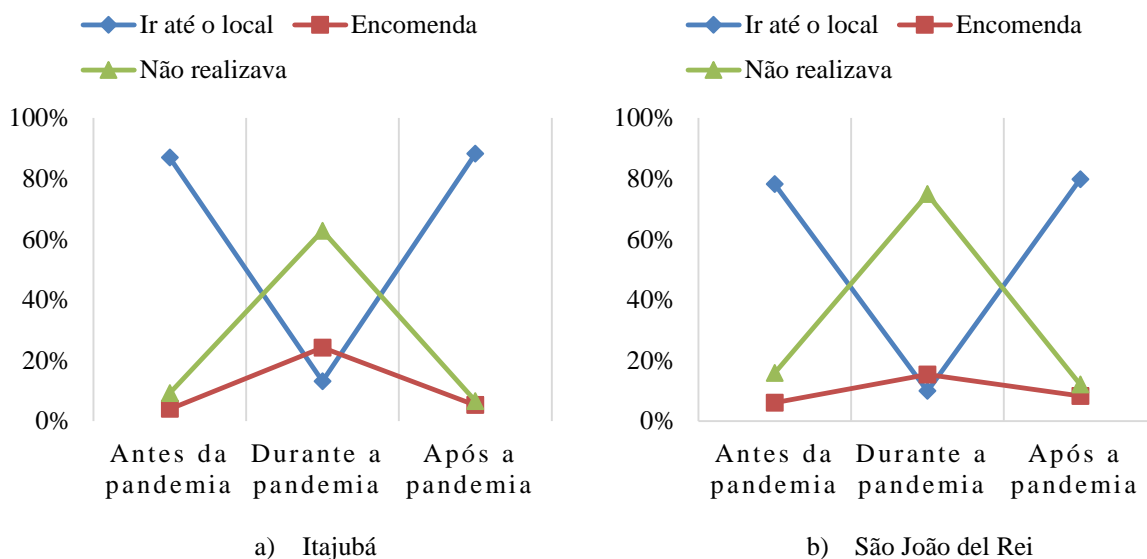


Figura 25: Distribuição dos entrevistados por local de realização das atividades em restaurantes

A Figura 26 apresenta quais atividades as pessoas pretendem dedicar mais tempo após o fim da pandemia. Por meio de sua análise, percebe-se que para as duas cidades, as pessoas pretendem dedicar mais tempo após a pandemia àquelas atividades que tem como característica promover o bem-estar e o convívio social entre as pessoas, que são, lazer, atividade física, atividades religiosas e consumo em restaurantes. Essa informação é complementar à forma que as pessoas pretendem realizar as atividades após a pandemia, visto que essas atividades são aquelas que mais pessoas pretendem realizar presencialmente, sendo que se espera que a demanda por essas atividades de forma presencial seja maior do que costumava ser antes da pandemia.

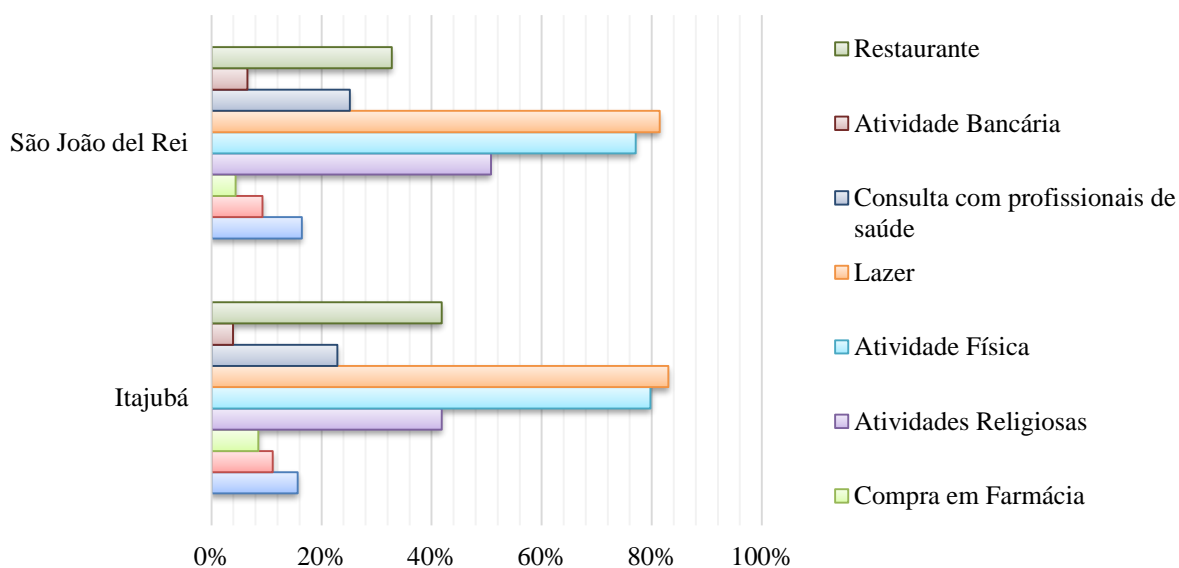


Figura 26: Expectativa de realização das atividades para após a pandemia por Covid-19

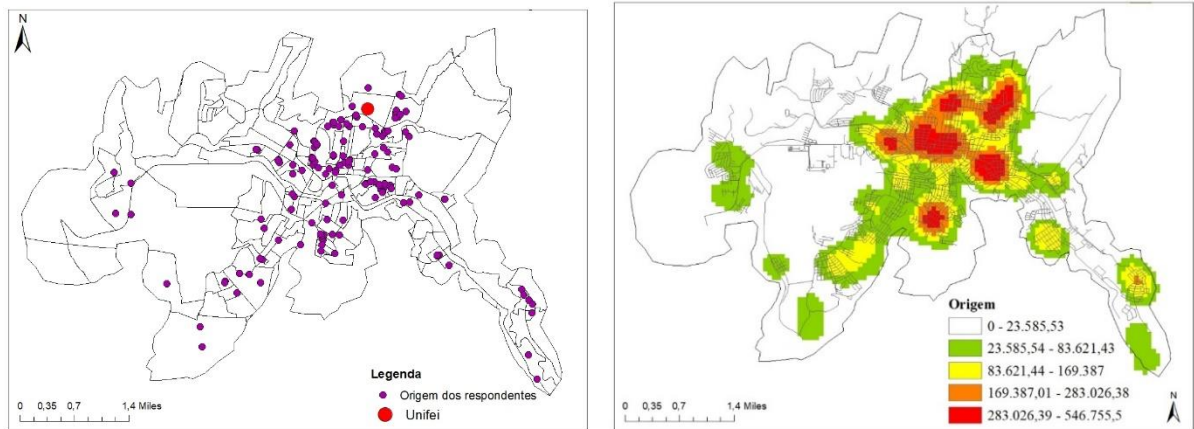
## 4.2 Análise espacial do impacto da Covid-19 na mobilidade urbana

Nesta etapa do estudo, foi desenvolvida a fase 2 do trabalho descrita na seção 3.2.2 da metodologia. Ao longo desta etapa foram mapeados com o auxílio do SIG Arcgis 10.4.1 os pontos de origem e destino dos respondentes das duas cidades como forma de identificar como a pandemia por Covid-19 impactou na distribuição espacial dos deslocamentos das pessoas por motivo das atividades principais durante esse período. Para isso foram considerados dois cenários de destino, o primeiro deles considerando *home-office* e o segundo sem considerar *home-office*. Para os dois cenários foram mapeados os destinos das atividades principais dos respondentes antes e durante a pandemia. Essa etapa do trabalho buscou identificar também o impacto da pandemia por Covid-19 na segurança pública e viária das cidades de Itajubá e São João del Rei.

### 4.2.1 Deslocamentos por motivo das atividades principais em Itajubá

A primeira análise realizada para identificar o impacto da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana das cidades foi através dos pontos de origem dos respondentes, desta forma a Figura 27a apresenta o mapeamento dos pontos de origem dos respondentes de Itajubá, e a Figura 27b apresenta através do mapa de densidade de Kernel os locais de maior e menor concentração desses pontos. É possível perceber que a coleta de dados atingiu espacialmente quase todas as regiões do perímetro urbano de Itajubá, sendo que a maior concentração está na região central da cidade, no bairro pinheirinho, onde fica localizada a Unifei, e nos bairros

varginha e medicina. Sendo que a medida que os pontos se distanciam dessas regiões a concentração vai ficando menor.

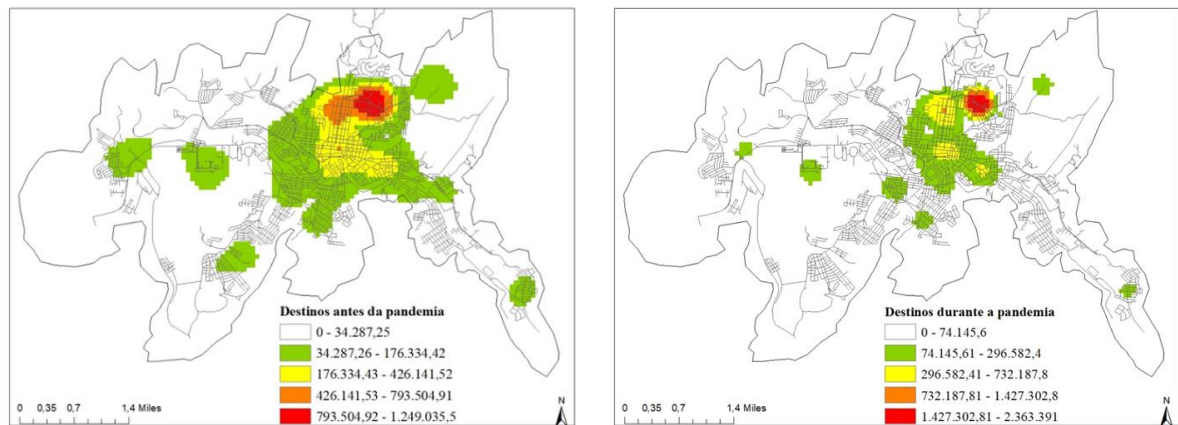


a) Localização dos pontos de origem

b) Densidade de Kernel para os pontos de origem

Figura 27: Origem dos respondentes de Itajubá

A Figura 28 apresenta através do mapa de densidade de Kernel a distribuição dos destinos das atividades principais dos respondentes de Itajubá nos cenários antes e durante a pandemia por Covid-19. Neste caso, a residência foi considerada como o próprio destino do respondente, naqueles casos em que a pessoa realiza *home-office*.



a) Antes da pandemia por Covid-19

b) Durante a pandemia por Covid-19

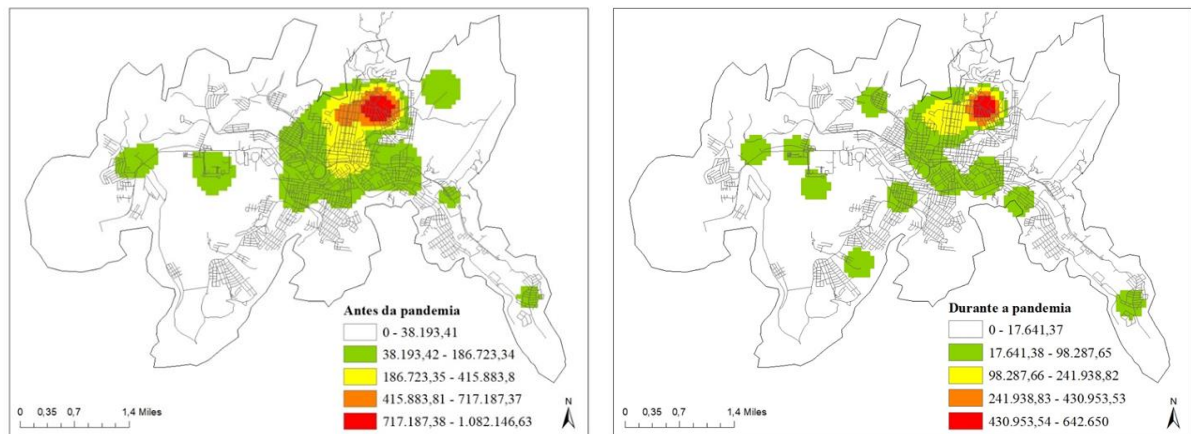
Figura 28: Destino dos respondentes de Itajubá considerando *home-office*.

Através da análise dos mapas de Kernel para a cidade de Itajubá é possível perceber que antes da pandemia (Figura 28a) havia uma tendência de maior concentração dos destinos das atividades principais na região central da cidade e nas proximidades da universidade federal,

sendo que as concentrações dos destinos vão se tornando menores quanto mais distantes dessa região.

Durante a pandemia (Figura 28b), apesar da redução da densidade dos destinos devido às pessoas que não estão realizando sua atividade principal, os pontos de maior concentração continuam semelhantes aos existentes antes da pandemia, fato esse que pode ser justificado por as pessoas residirem próximas do seu local de destino, fazendo com que a realização das atividades principais em casa por mais de 50% dos respondentes não seja responsável por mudar os locais de maior densidade de destino das atividades principais no mapa.

A Figura 29 apresenta a distribuição dos destinos das atividades principais dos respondentes de Itajubá nos cenários antes e durante a pandemia por Covid-19 sem considerar *home-office*.



a) Antes da pandemia por Covid-19

b) Durante a pandemia por Covid-19

Figura 29: Destino dos respondentes de Itajubá sem considerar *home-office*

Através da análise dos mapas de Kernel para a cidade de Itajubá é possível perceber que antes da pandemia (Figura 29a) havia uma tendência de maior concentração dos destinos das atividades principais na região central da cidade e nas proximidades da universidade federal, sendo que as concentrações dos destinos vão se tornando menores quanto mais distantes dessa região

Para o cenário durante a pandemia (Figura 29b) é possível perceber uma redução da abrangência dos destinos das pessoas ao longo da cidade, porém os pontos de maior concentração se mantiveram semelhantes.

Apesar de algumas mudanças nos mapas, não é possível perceber grandes alterações em Itajubá nos cenários que consideraram a residência como um destino ou que não

consideraram. Essa observação confirma que grande parte das pessoas de Itajubá residem próximas das suas atividades principais.

#### 4.2.2 Deslocamentos por motivo das atividades principais em São João del Rei

Assim como para a cidade de Itajubá, a primeira etapa na avaliação da distribuição espacial dos deslocamentos dos respondentes de São João del Rei se iniciou pela análise dos pontos de origem. Portanto, a Figura 30a apresenta o mapeamento dos pontos de origem dos respondentes de São João del Rei, e a Figura 30b apresenta através do mapa de densidade de Kernel os locais de maior e menor concentração desses pontos.

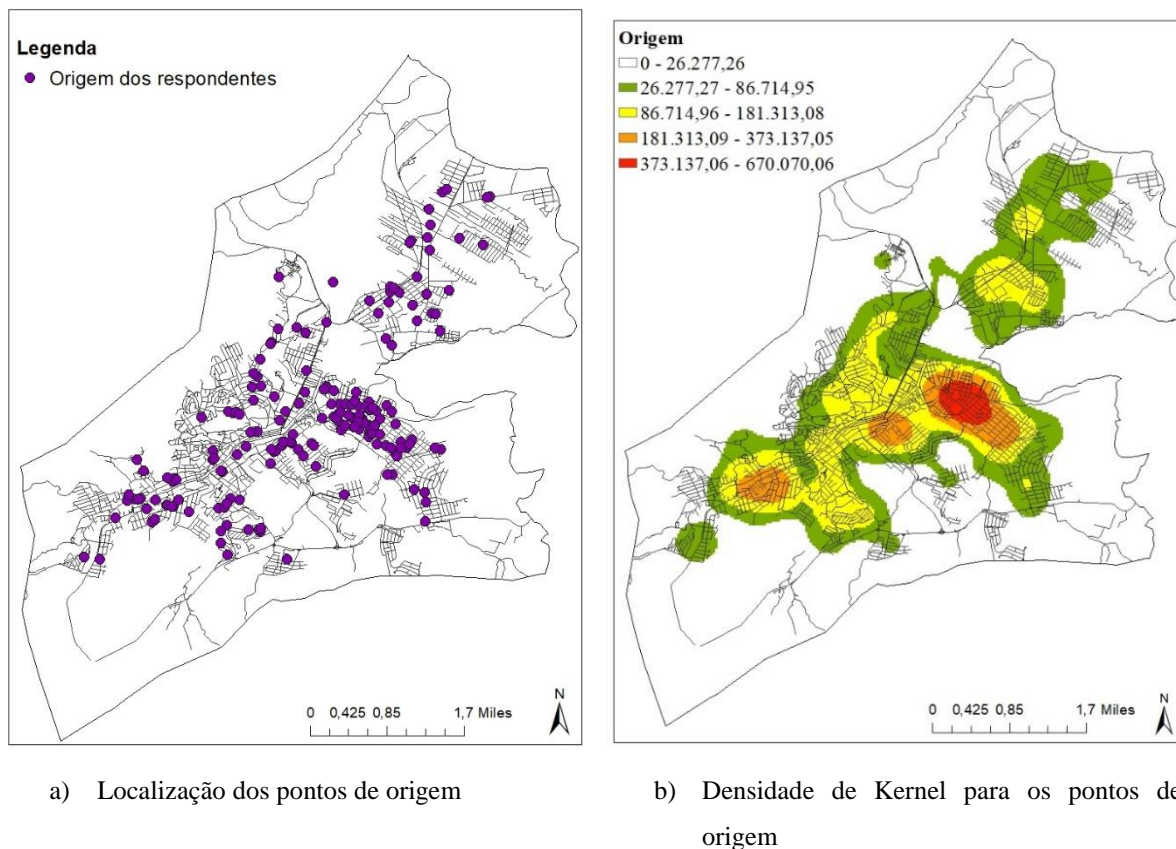


Figura 30: Origem dos respondentes de São João del Rei

A partir da análise da Figura 30, nota-se que a coleta de dados atingiu espacialmente todas as regiões urbanas do município, sendo que as maiores concentrações estão nos bairros Matosinhos, Tejuco e Fábricas respectivamente. Destaca-se que o bairro Matosinhos é o que possui a maior população da cidade, de acordo com o censo de 2010 esse valor era de 20.153

habitantes, para uma população total do município de 84.469 pessoas. As menores concentrações de respondentes estão nas regiões mais periféricas da cidade.

A Figura 31 apresenta através do mapa de densidade de Kernel a distribuição dos destinos das atividades principais dos respondentes de São João del Rei nos cenários antes e durante a pandemia por Covid-19 considerando também, a residência como um destino do respondente em casos de *home-office*.

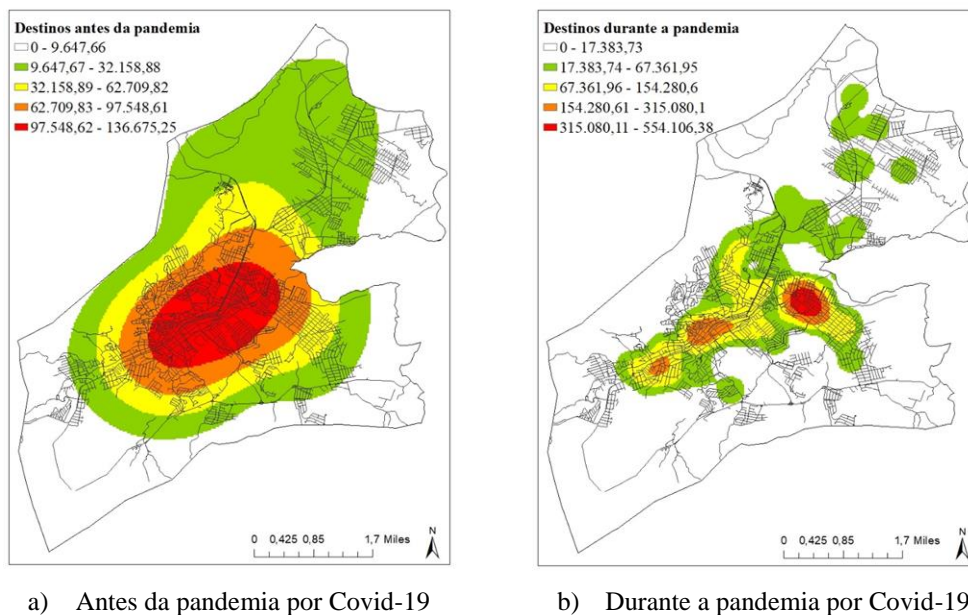


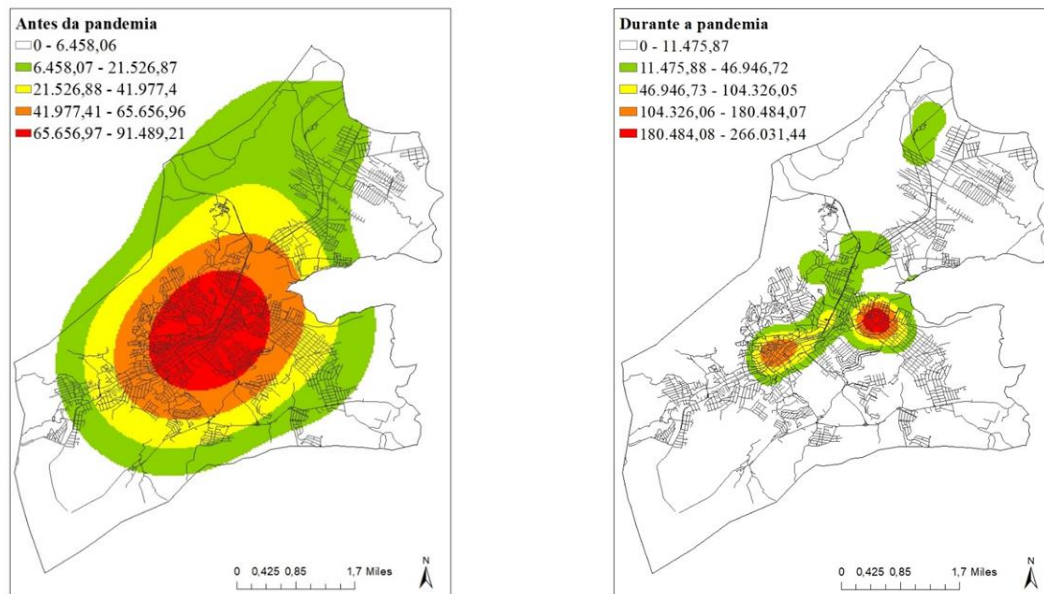
Figura 31: Destino dos respondentes de São João del Rei considerando *home-office*

Na cidade de São João del Rei, antes da pandemia (Figura 31a), a maior concentração de deslocamentos ocorria em três bairros que são os que possuem mais atividades comerciais, bem como escolas e universidades. No cenário durante a pandemia em São João del Rei (Figura 31b) é possível perceber uma redução expressiva na densidade de concentração dos destinos, sendo que as maiores concentrações aconteceram na região central da cidade e nos bairros com maior densidade populacional, sendo estes também os locais com a maior concentração de atividades essenciais, que permaneceram suas atividades durante a pandemia, como supermercados, farmácias e serviços de saúde.

Para o perfil dos destinos durante a pandemia em São João del Rei (Figura 31b), nota-se uma tendência ao formato do mapa de origem (Figura 30b), esse fato se justifica pelo aumento de pessoas que estavam realizando suas atividades de casa. Diferente de Itajubá, a partir dos mapas não podemos inferir que as pessoas de São João del Rei residem próximas à sua atividade principal.



A Figura 32 apresenta o mapeamento dos destinos dos respondentes de São João del Rei nos cenários antes e durante a pandemia por Covid-19 sem considerar as pessoas que realizam *home-office*.



a) Antes da pandemia por Covid-19

b) Durante a pandemia por Covid-19

Figura 32: Destino dos respondentes de São João del Rei sem considerar home-office

Na cidade de São João del Rei, antes da pandemia (Figura 32a), a maior concentração de deslocamentos ocorria em três bairros que são os que possuem mais atividades comerciais, bem como escolas e universidades. Porém toda a região urbana da cidade abrangia as atividades principais, porém em proporção menor do que a área central.

A partir da análise do mapa dos destinos durante a pandemia (Figura 32b), sem considerar *home-office*, é possível perceber que o mapa assumiu um formato bem mais centralizado do que nos cenários anteriores. Isso mostra uma tendência de que os segmentos que mantiveram sua atuação presencialmente estão centralizados em poucas áreas da cidade.

### 4.2.3 Segurança Pública e Viária em tempos de pandemia

Para se analisar a segurança pública e viária das duas cidades nos cenários antes e durante a pandemia, inicialmente foi realizada uma análise gráfica. Tanto para as análises gráfica e espacial foi considerado o período durante a pandemia a partir do mês de março de 2020, visto que neste mês se iniciaram as medidas de isolamento nas duas cidades.

A Figura 33 apresenta o número de acidentes de trânsito com vítima e sem vítima por mês em Itajubá, e a partir de sua análise observa-se que a partir do mês de março de 2020 o

número de acidentes de trânsito na cidade de Itajubá passou por uma redução que se manteve pelos três meses seguintes. Fato este que não ocorreu nos períodos anteriores à pandemia. Ressalta-se ainda que entre os meses de fevereiro e abril de 2020 ocorreu uma redução drástica no número de ocorrências, mostrando como as medidas de isolamento impactaram de forma expressiva na mobilidade da cidade.

Numericamente, a média de acidentes de trânsito em Itajubá por mês era de 8,15 no período antes da pandemia, sendo que essa média caiu para 2,5 nos meses de isolamento social, representando uma redução de 69,33%.

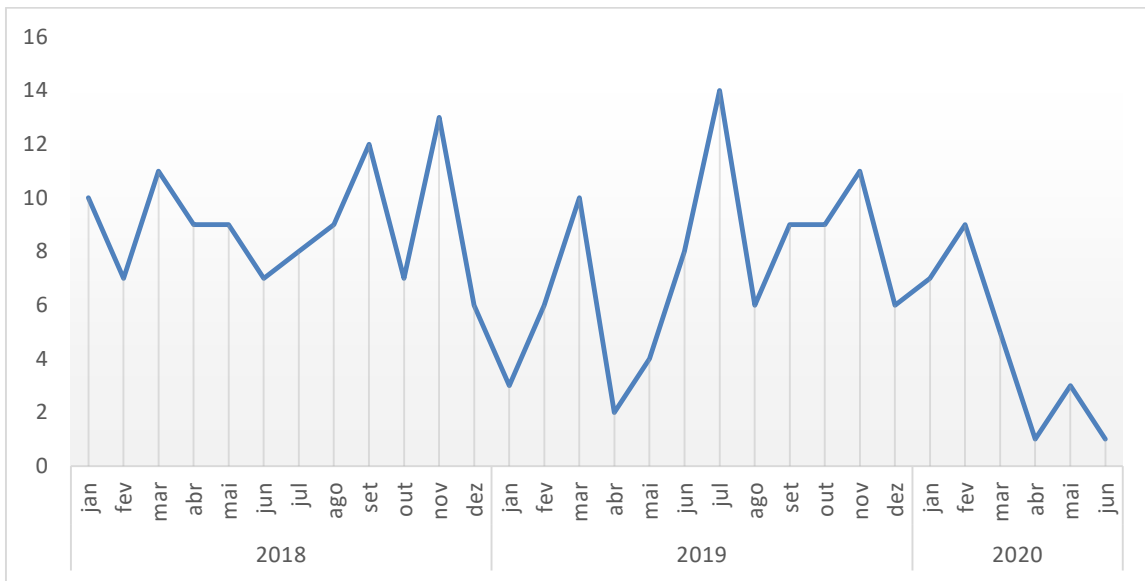
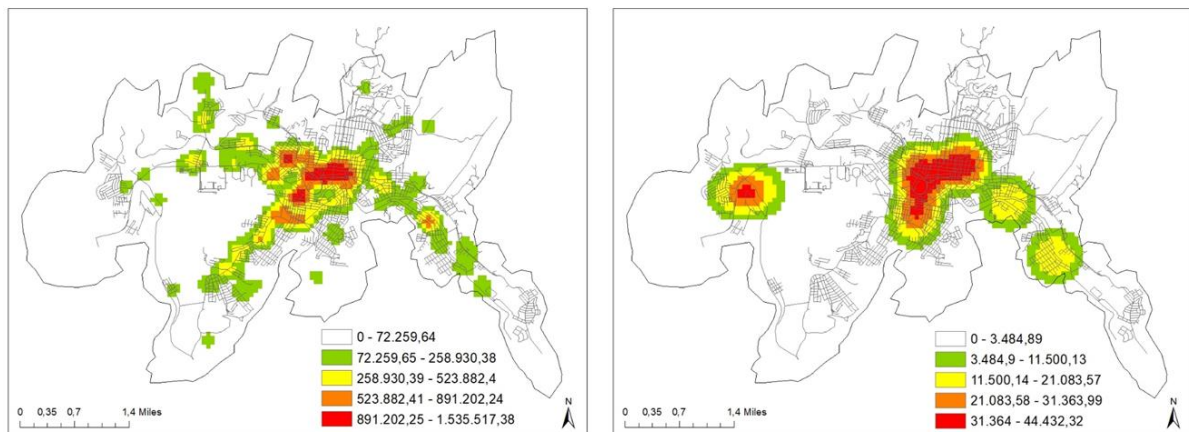


Figura 33: Número de acidentes de trânsito por mês em Itajubá

A Figura 34 apresenta através do mapa de densidade de Kernel a distribuição dos acidentes de trânsito na cidade de Itajubá nos períodos antes da pandemia (janeiro de 2018 a fevereiro de 2020) e durante a pandemia (a partir de março de 2020) por Covid-19.



a) Antes da pandemia por Covid-19

b) Durante a pandemia por Covid-19

Figura 34: Densidade dos acidentes de trânsito em Itajubá

A Figura 34a mostra que os acidentes de trânsito se distribuem por todo o perímetro urbano de Itajubá no período antes da pandemia. Porém, para o cenário durante a pandemia (Figura 34b) é possível perceber uma centralidade desses acidentes, o que pode ser explicado pela redução dos deslocamentos nas regiões mais periféricas da cidade.

Assim como para os acidentes de trânsito, foi verificada através de análise gráfica a diferença na frequência dos assaltos em vias públicas antes e durante a pandemia por Covid-19. A partir da análise da Figura 35 é possível perceber uma redução expressiva nos assaltos em vias públicas na cidade de Itajubá sendo que no mês de junho de 2020 foi verificada a menor frequência desde 2018.

Numericamente, a média de roubos em vias públicas em Itajubá por mês era de 20,08 no período antes da pandemia, sendo que essa média caiu para 6,25 nos meses de isolamento social, representando uma redução de 68,87%.

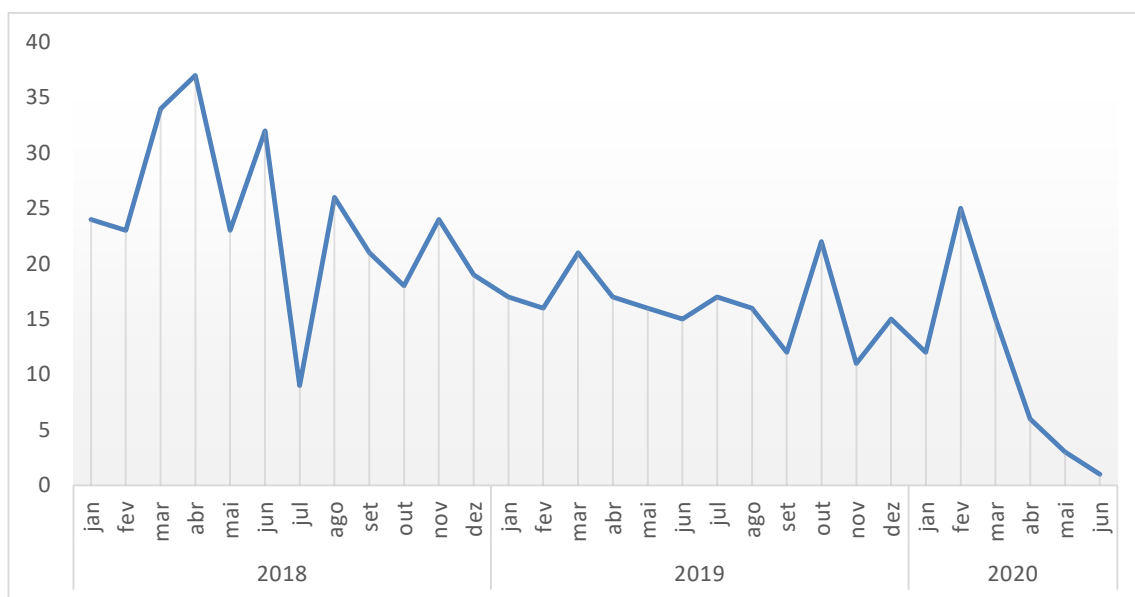


Figura 35: Número de assaltos em vias públicas por mês em Itajubá

A Figura 36 apresenta por meio do mapa de densidade de Kernel a distribuição dos assaltos em vias públicas antes e durante a pandemia por Covid-19. Assim como nos acidentes de trânsito, os assaltos em vias públicas antes da pandemia (Figura 36a) ocorreram em mais regiões da cidade, sendo que durante a pandemia (Figura 36b) essa concentração se manteve, no geral, na região mais central da cidade. Tal comportamento também pode ser explicado pela redução dos deslocamentos nas regiões mais periféricas da cidade.

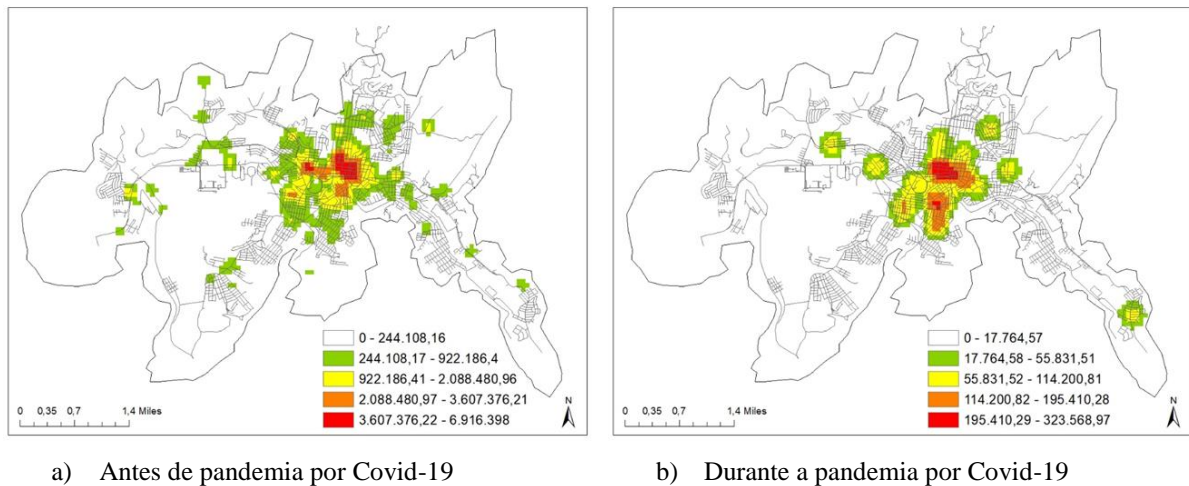


Figura 36: Densidade dos assaltos em vias públicas de Itajubá.

A Figura 37 apresenta através do gráfico a quantidade de acidentes de trânsito em vias públicas de São João del Rei. Assim como em Itajubá é possível observar uma redução no número de ocorrências a partir do início do isolamento social, março de 2020, sendo que no mês de maio deste ano foi contabilizado o menor número de ocorrências. Da mesma forma que no caso de Itajubá, em São João del Rei ocorrer uma queda drástica no número de acidentes de trânsito entre os meses de fevereiro e abril de 2020, representando o impacto das medidas de isolamento social impostas.

Numericamente, a média de acidentes de trânsito em São João del Rei por mês era de 80,27 no período antes da pandemia, sendo que essa média caiu para 50 nos meses de isolamento social, representando uma redução de 37,71%.

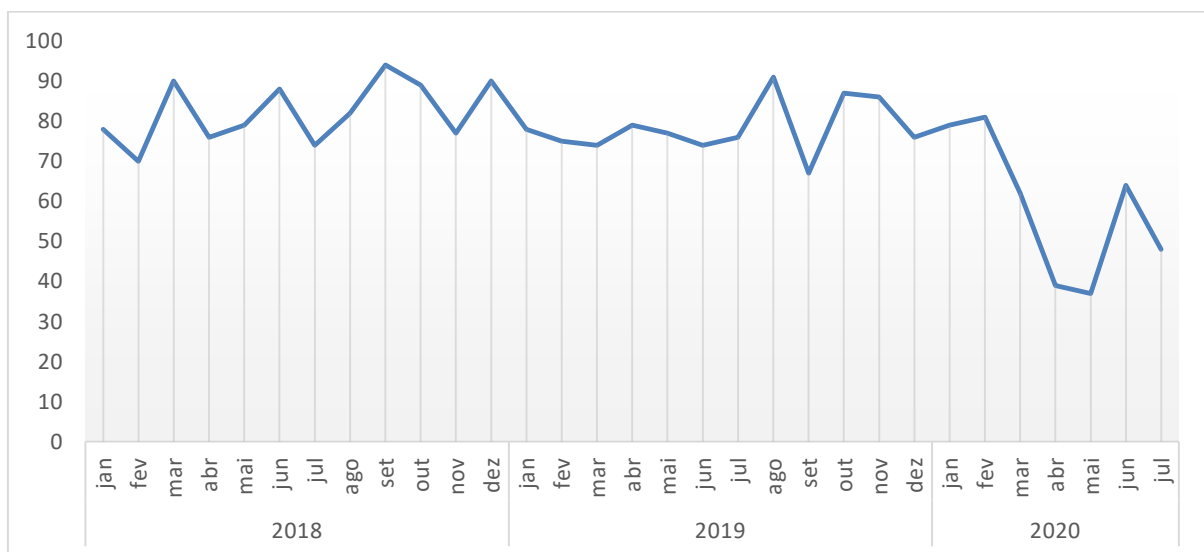


Figura 37: Número de acidentes de trânsito por mês em São João del Rei

É apresentado na Figura 38 através do mapa de densidade de Kernel a distribuição dos acidentes em São João del Rei nos períodos antes e durante a pandemia por Covid-19.

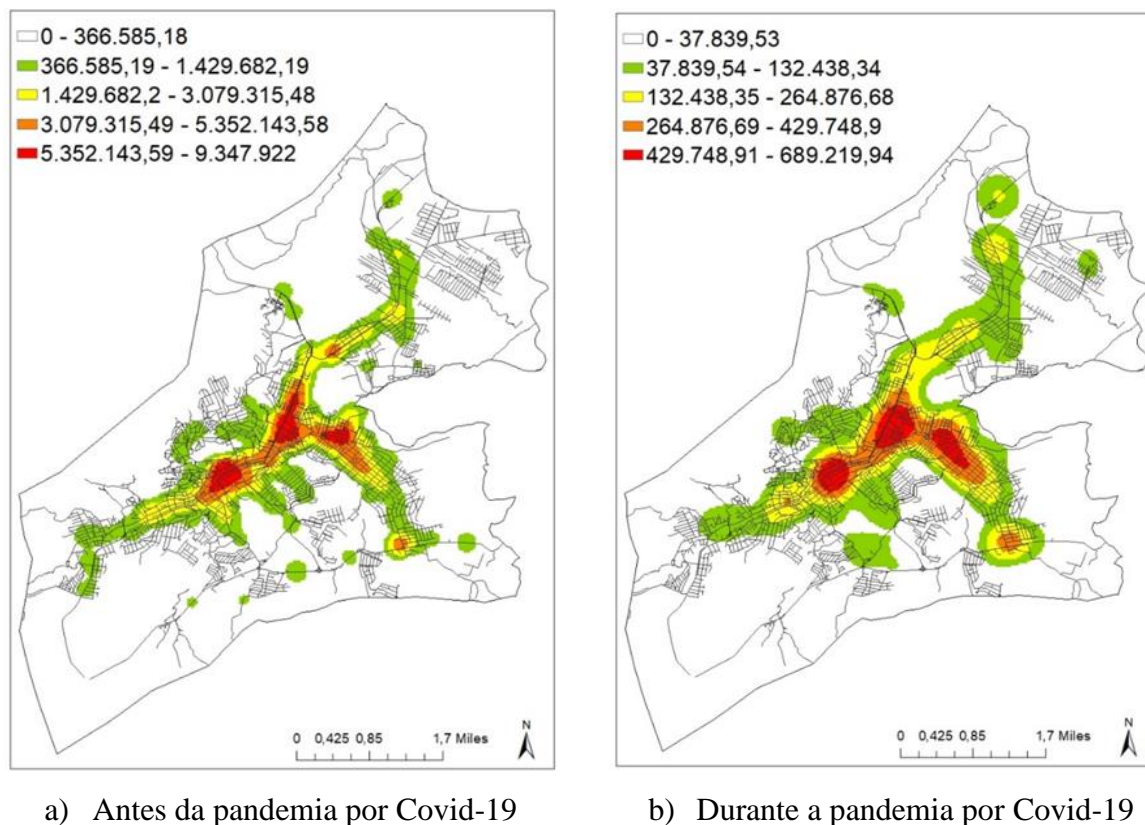


Figura 38: Densidade dos acidentes de trânsito em São João del Rei.

Apesar de identificada uma redução das ocorrências de acidentes de trânsito em São João del Rei, através da análise das Figuras 38a e 38b não é possível perceber grandes mudanças nos locais de ocorrência desses acidentes nos períodos antes e durante a pandemia por Covid-19, visto que nos dois cenários as ocorrências ocuparam todas as regiões da cidade, sendo que a maior concentração se manteve na região central.

Sobre os assaltos em vias públicas é possível observar na Figura 39, que também ocorreu uma redução na frequência dessas ocorrências por mês ao longo da pandemia por Covid-19. Apesar de durante o mês de março de 2020 ter ocorrido um pico dessas ocorrências no ano de 2020, os meses seguintes apresentaram uma redução no número de ocorrências, sendo que os meses de abril, junho e julho apresentaram os menores valores no histórico desde 2018.

Numericamente, a média de roubos em vias públicas de São João del Rei por mês era de 10,27 ocorrências no período antes da pandemia, sendo que essa média caiu para 5,2 nos meses de isolamento social, representando uma redução de 49,36%.

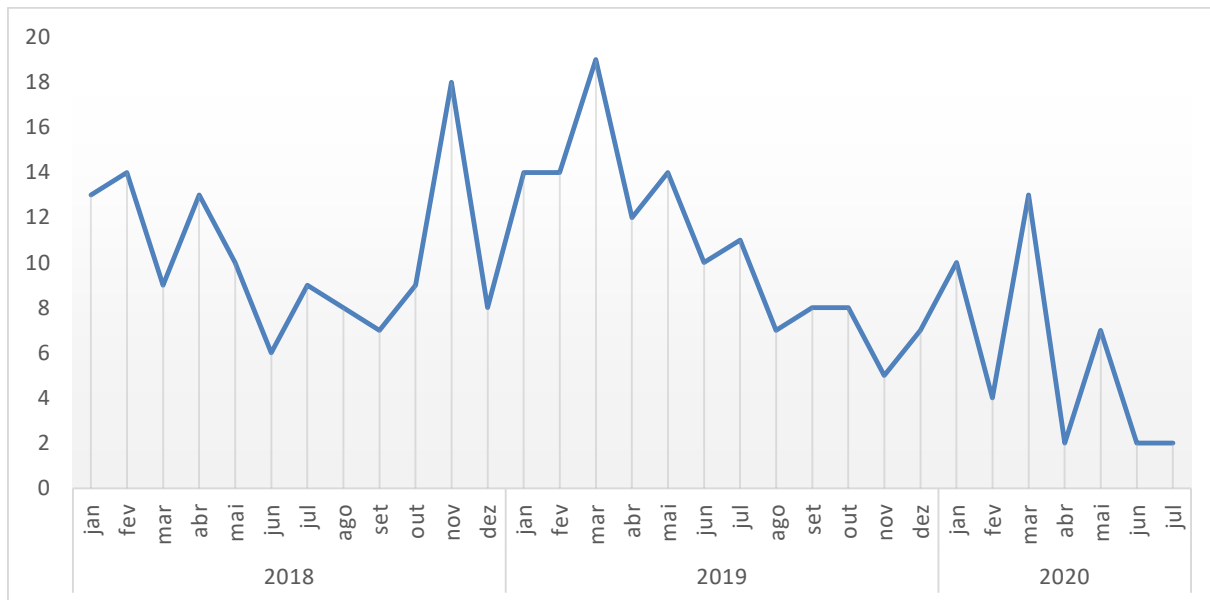


Figura 39: Número de assaltos em vias públicas por mês em São João del Rei

A Figura 40 apresenta os mapas de densidade de Kernel para os assaltos em vias públicas na cidade de São João del Rei. Por meio da análise espacial dos assaltos em vias públicas para a cidade de São João del Rei, antes da pandemia por Covid-19 (Figura 40a) nota-se que várias regiões da cidade eram afetadas por essas ocorrências, sendo que a região central da cidade era a que possuía a maior densidade. Já para o cenário durante a pandemia (Figura 40b) observa-se uma redução significativa das densidades de ocorrências nas regiões mais periféricas da cidade, tal comportamento pode ser explicado pela redução dos deslocamentos nessas áreas.

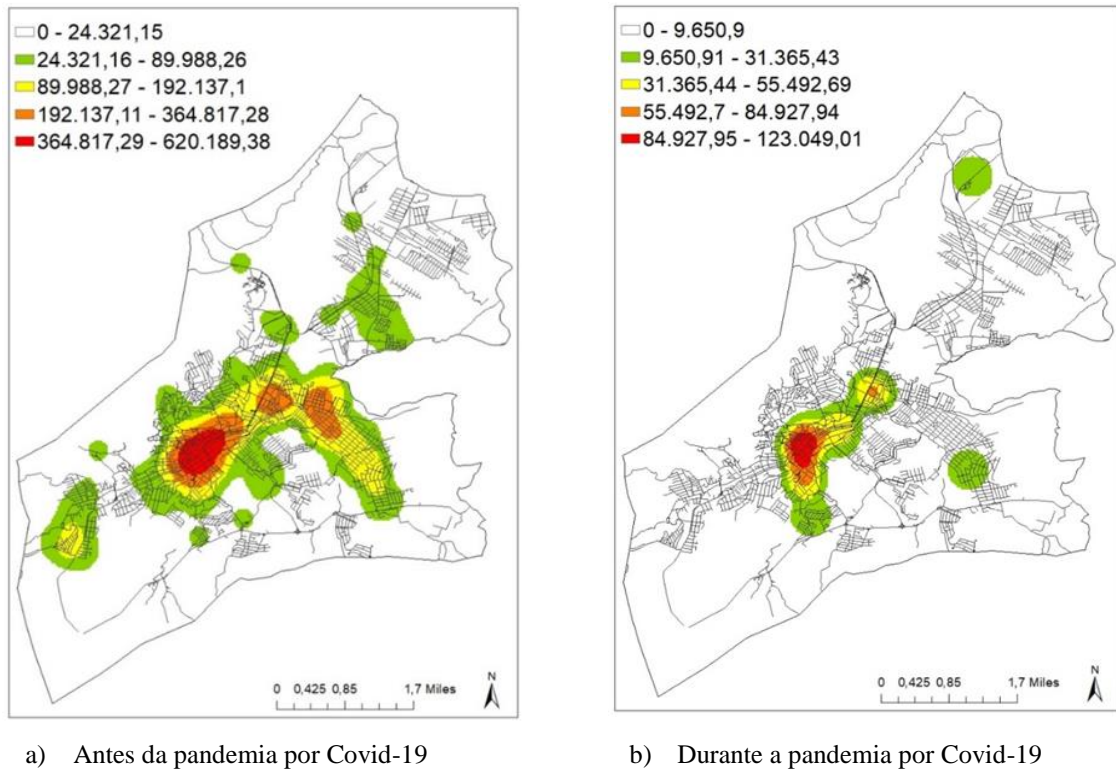


Figura 40: Densidade dos assaltos em vias públicas de São João del Rei.

### 4.3 Análise estatística do impacto da Covid-19 nas atividades principais

Nesta etapa do trabalho serão desenvolvidas as atividades descritas no item 3.2.3 da metodologia como forma de entender se existe associação entre o local de realização da atividade principal dos respondentes de cada uma das cidades durante a pandemia por Covid-19 e suas características socioeconômicas, visto que foi identificada na seção 4.1 (Figura 13) uma diferença considerável entre a porcentagem de pessoas que deixaram de realizar sua atividade principal durante a pandemia por Covid-19 nas cidades de Itajubá e São João del Rei.

Com esse objetivo, foram realizados testes Qui-quadrado de Pearson para identificar essa possível associação entre as variáveis. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de Itajubá

Características sócio demográficas	Categoria	Não realiza		Em casa		Fora de casa		Total		p - valor
		n	%	n	%	n	%	n	%	
		Gênero	Feminino	6	55%	44	59%	26	53%	
	Masculino	5	45%	30	41%	23	47%	58	43%	

Tabela 6: Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de Itajubá (Continuação)

Faixa etária	< 20	0	0%	9	12%	0	0%	9	7%	p < 0,001
	21 - 40	7	64%	31	42%	40	82%	78	58%	
	41 - 60	3	27%	32	43%	9	18%	44	33%	
	> 60	1	9%	2	3%	0	0%	3	2%	
Renda Familiar	Até 1 salário mínimo	3	27%	1	1%	1	2%	5	4%	p < 0,001
	Entre 1 e 2 salários mínimos	4	36%	7	9%	8	16%	19	14%	
	Entre 2 e 5 salários mínimos	1	9%	19	26%	24	49%	44	33%	
	Entre 5 e 8 salários mínimos	1	9%	18	24%	6	12%	25	19%	
	Mais de 8 salários mínimos	2	18%	29	39%	10	20%	41	31%	
Escolaridade	Ensino Fundamental	0	0%	0	0%	1	2%	1	1%	p = 0,008
	Ensino Médio	4	36%	11	15%	14	29%	29	22%	
	Ensino Superior	7	64%	27	36%	23	47%	57	43%	
	Mestrado/Doutorado	0	0%	36	49%	11	22%	47	35%	
Ocupação	Aposentado	1	9%	3	4%	0	0%	4	3%	p < 0,001
	Atividades domésticas	2	18%	1	1%	0	0%	3	2%	
	Cuidados de familiares	0	0%	0	0%	1	2%	1	1%	
	Estudo	1	9%	13	18%	0	0%	14	10%	
	Trabalho	5	45%	57	77%	48	98%	110	82%	
Tipo de trabalho	Autônomo	2	18%	1	1%	0	0%	3	2%	p < 0,001
	Comércio	1	9%	2	3%	7	14%	10	7%	
	Construção Civil	0	0%	0	0%	1	2%	1	1%	
	Educação	2	18%	32	43%	3	6%	37	28%	
	Indústria	0	0%	3	4%	6	12%	9	7%	
	Outra ocupação	2	18%	12	16%	0	0%	14	10%	
	Outro setor	2	18%	2	3%	8	16%	12	9%	
	Saúde	0	0%	0	0%	7	14%	7	5%	
	Serviço doméstico	1	9%	0	0%	0	0%	1	1%	
	Servidor público	1	9%	22	30%	17	35%	40	30%	
Possui automóvel	Sim	5	45%	69	93%	40	82%	114	85%	p < 0,001
	Não	6	55%	5	7%	9	18%	20	15%	
Possui moto	Sim	0	0%	17	23%	15	31%	32	24%	p = 0,095
	Não	11	100%	57	77%	34	69%	102	76%	
Possui bicicleta	Sim	6	55%	45	61%	30	61%	81	60%	p = 0,915
	Não	5	45%	29	39%	19	39%	53	40%	

Em Itajubá (Tabela 6) pode-se afirmar que há evidências de que os fatores faixa etária, renda familiar, escolaridade, ocupação, tipo de trabalho e posse de automóvel, estão associados à forma de realização da atividade principal, visto que o p-valor em cada um dos testes foi



inferior ao valor crítico de 0,05. Não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos feminino e masculino com a forma de realização da atividade principal.

Nota-se que apesar de não representarem a maior porcentagem geral, as pessoas que possuem de 1 a 2 salários mínimos apresentaram a maior parcela daqueles que não estavam realizando sua atividade principal durante a pandemia por Covid-19 (36%). Situação semelhante ocorreu com os autônomos, que na parcela geral representavam apenas 2% dos respondentes, porém 18% dos entrevistados que não estavam realizando sua atividade principal durante a pandemia pertenciam à essa classe. Da mesma forma, aqueles que não possuem automóvel próprio compõem apenas 15% da amostra total, mas representam 55% daqueles que deixaram de realizar sua principal ocupação.

Tabela 76: Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de São João del Rei

Características sócio demográficas	Categoria	Não realiza		Em casa		Fora de casa		Total		p- valor
		n	%	n	%	n	%	n	%	
Gênero	Feminino	31	76%	38	62%	16	38%	85	59%	p = 0,002
	Masculino	10	24%	23	38%	26	62%	59	41%	
Faixa etária	< 20	5	12%	6	10%	1	2%	12	8%	p = 0,566
	21 - 40	26	63%	40	66%	27	64%	93	65%	
	41 - 60	8	20%	12	20%	13	31%	33	23%	
	> 60	2	5%	3	5%	1	2%	6	4%	
Renda Familiar	Até 1 salário mínimo	3	7%	4	7%	2	5%	9	6%	p = 0,022
	Entre 1 e 2 salários mínimos	19	46%	9	15%	7	17%	35	24%	
	Entre 2 e 5 salários mínimos	13	32%	27	44%	21	50%	61	42%	
	Entre 5 e 8 salários mínimos	4	10%	11	18%	8	19%	23	16%	
	Mais de 8 salários mínimos	2	5%	10	16%	4	10%	16	11%	
Escolaridade	Ensino Fundamental	1	2%	1	2%	1	2%	3	2%	p = 0,013
	Ensino Médio	23	56%	15	25%	21	50%	59	41%	
	Ensino Superior	16	39%	33	54%	17	40%	66	46%	
Ocupação	Mestrado/Doutorado	1	2%	12	20%	3	7%	16	11%	p = 0,004
	Aposentado	2	5%	3	5%	1	2%	6	4%	
	Estudo	16	39%	17	28%	1	2%	34	24%	
	Outra atividade	2	5%	3	5%	1	2%	6	4%	
	Trabalho	21	51%	38	62%	39	93%	98	68%	
Tipo de trabalho	Autônomo	8	20%	2	3%	4	10%	14	10%	p < 0,001
	Comércio	5	12%	2	3%	9	21%	16	11%	
	Construção Civil	0	0%	1	2%	0	0%	1	1%	
	Educação	2	5%	19	31%	2	5%	23	16%	

Tabela 7: Teste Qui-quadrado entre o local de realização da atividade principal e características sócio demográficas dos respondentes de São João del Rei (Continuação)

Tipo de trabalho	Indústria	3	7%	5	8%	5	12%	13	9%	p < 0,001
	Outra ocupação	17	41%	19	31%	0	0%	36	25%	
	Outro setor	1	2%	4	7%	6	14%	11	8%	
	Saúde	4	10%	2	3%	7	17%	13	9%	
	Servidor público	1	2%	7	11%	9	21%	17	12%	
Possui automóvel	Sim	31	76%	49	80%	34	81%	114	79%	p = 0,8
	Não	10	24%	12	20%	8	19%	30	21%	
Possui moto	Sim	15	37%	18	30%	18	43%	51	22%	p = 0,373
	Não	26	63%	43	70%	24	57%	93	65%	
Possui bicicleta	Sim	19	46%	41	67%	25	60%	85	59%	p = 0,109
	Não	22	54%	20	33%	17	40%	59	41%	

Em relação à cidade de São João del Rei (Tabela 7) pode-se afirmar que há evidências de que os fatores gênero, renda familiar, escolaridade, ocupação e tipo de trabalho estão associados à forma de realização da atividade principal, visto que o p-valor em cada um dos testes foi inferior ao valor crítico de 0,05. Não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos de diferentes faixas etárias, nem como a posse de algum modo de transporte perante a forma de realização da atividade principal.

De forma semelhante à cidade de Itajubá, apesar de as pessoas residentes de São João del Rei que possuem de 1 a 2 salários mínimos não representarem a maioria dos entrevistados, apresentaram-se como a maior parcela daqueles que não estavam realizando sua atividade principal durante a pandemia por Covid-19 (46%). Outro ponto de convergência das duas cidades foi a condição dos autônomos, que representaram em Itajubá e São João del Rei, 18% e 20 % respectivamente das pessoas que não estão realizando sua atividade principal.

Sobre as pessoas que possuem como principal ocupação o estudo, o cenário das duas cidades manifestou-se de forma bem distinta, visto que em Itajubá apenas 9% das pessoas que não estão realizando sua atividade principal são estudantes, enquanto que em São João del Rei esse número sobe para 39%.

## **5 AS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, DO USO DO SOLO E DO PADRÃO DE VIAGENS E OS CASOS DE COVID-19**

Ao longo desse capítulo serão apresentadas as atividades da Fase 3 da metodologia (Figura 1) conforme seção 3.2.4, como forma de atender aos objetivos específicos 2 e 3 deste estudo, de avaliar se existe correlação entre as características socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamento com o número de casos de Covid-19. Como também, construir modelos explicativos para o número de casos de Covid-19 por bairro da cidade de São João del Rei considerando a dependência espacial deste fenômeno com as variáveis independentes selecionadas.

### **5.1 Análise de correlação espacial com os casos de Covid-19 e geração dos modelos explicativos**

Ao se realizar a caracterização da amostra e distribuição espacial dos respondentes (Seções 4.1 e 4.2) foi possível perceber que a distribuição espacial dos respondentes de São João del Rei contempla toda a região urbana da cidade possibilitando que o estudo de correlação espacial fosse realizado. Além disso, os dados sobre o número de casos de Covid-19 estão disponíveis para acesso de toda a população no boletim epidemiológico divulgado do site da Prefeitura Municipal de São João del Rei. Desta forma, optou-se por seguir com o estudo de correlação espacial entre o número de casos de Covid-19 por região com as características do padrão de deslocamento, aspectos do uso do solo e socioeconômicos apenas para a cidade de São João del Rei.

A Figura 41 apresenta a divisão de São João del Rei em bairros e a distribuição espacial dos casos de Covid-19.

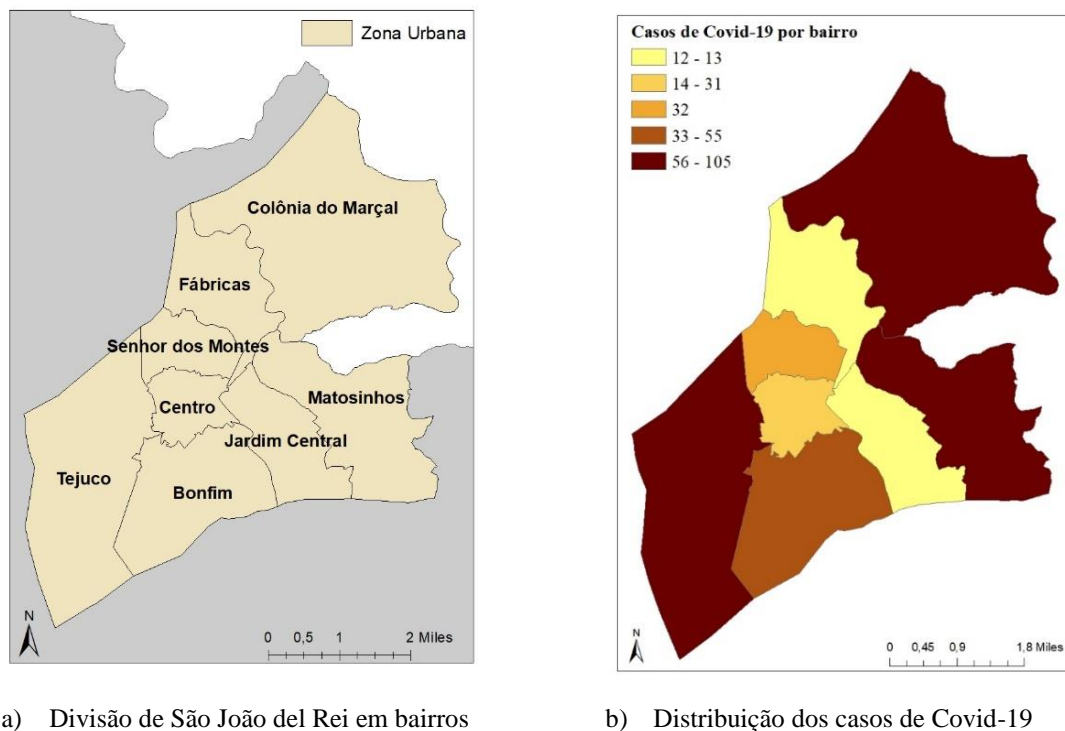


Figura 41: Caracterização dos bairros de São João del Rei

Para essa etapa do estudo foi considerado o número acumulado de casos de Covid-19 por bairro da cidade de São João del Rei até o dia 01 de setembro de 2020. Optou-se por utilizar dados próximos à aplicação do questionário, visto que com o passar do tempo a pandemia continuou evoluindo e o padrão de deslocamento das pessoas pode ter se alterado, como também as medias de isolamento social. Através da análise da Figura 41b nota-se que os bairros Colônia do Marçal, Tejuco e Matosinhos caracterizam-se por serem bairros periféricos e apresentarem a maior incidência de casos de Covid-19 na cidade de São João del Rei. Logo, buscou-se avaliar se existe associação entre o número de casos de Covid-19 com variáveis do padrão de deslocamentos, socioeconômicas e de uso do solo na região estudada.

### 5.1.1 Distribuição espacial das variáveis independentes

Para análise de correlação espacial, inicialmente foi necessário fazer distribuição territorial das variáveis independentes por bairro da cidade de São João del Rei.

A Figura 42 apresenta a distribuição espacial das variáveis relacionadas à produção de viagens. Por meio de sua análise, é possível perceber que o bairro Matosinhos destaca-se por apresentar a maior produção de viagens por todos os modos de deslocamento. Sendo que para a produção de viagens por transporte público coletivo (Figura 42a), e produção de viagens por

transporte individual motorizado (Figura 42b), o bairro Colônia também apresentou uma frequência alta de pessoas que utilizam esses modos de transporte para a atividade principal.

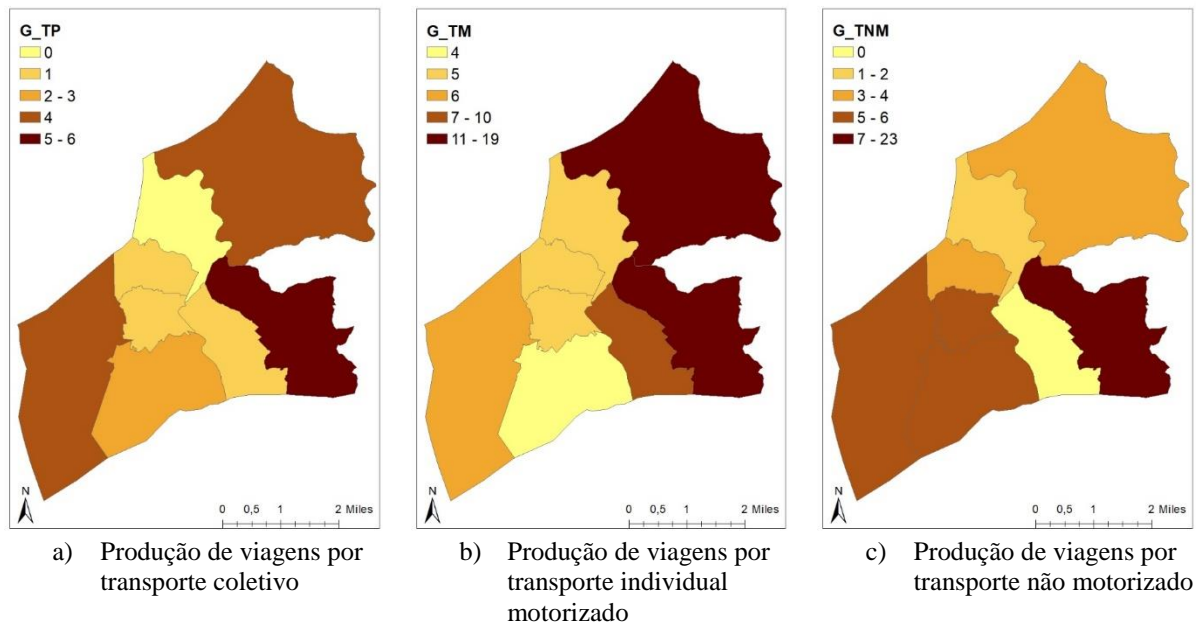
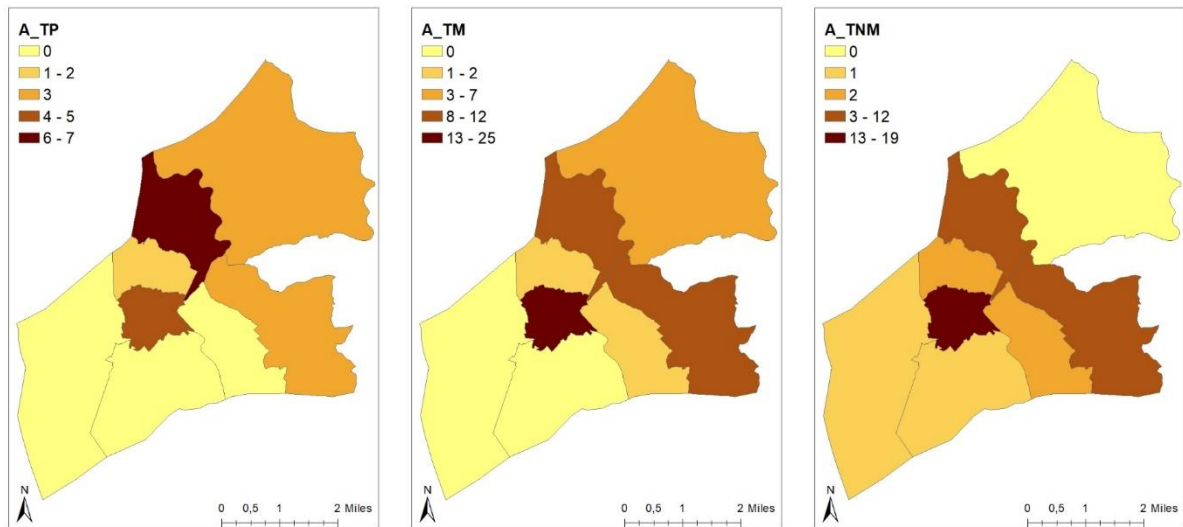


Figura 42: Distribuição espacial das variáveis de produção de viagens

A Figura 43 apresenta a distribuição espacial das variáveis relacionadas à atração de viagens. Sua análise permite constatar que a atração de viagens por ônibus (Figura 43a) concentrou-se mais no bairro Fábricas, enquanto que, o bairro Centro apresentou a maior atração de viagens por transporte individual motorizado e não motorizado (Figura 43b e 43c). O bairro Centro, apresenta grande potencial de atração de viagens por apresentar a maior concentração de atividades de trabalho na cidade.



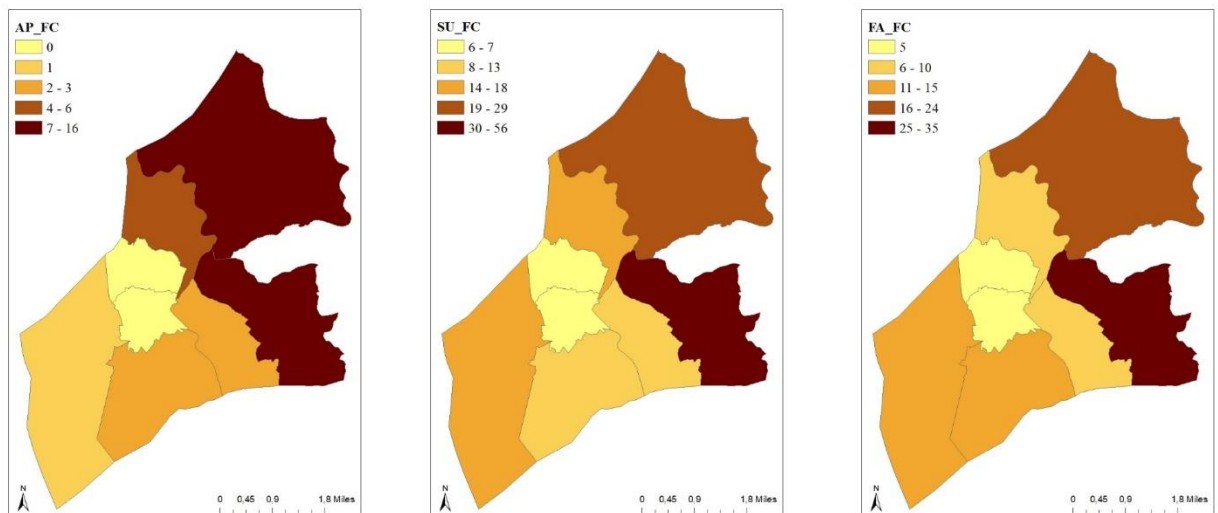
a) Atração de viagens por transporte público coletivo

b) Atração de viagens por transporte individual motorizado

c) Atração de viagens por transporte não motorizado

Figura 43: Distribuição espacial das variáveis de atração de viagens

A Figura 44 apresenta a distribuição espacial dos respondentes por bairro que estavam realizando suas atividades diárias e eventuais fora de casa durante a pandemia. Sobre as atividades principais realizadas fora de casa (Figura 44a) é possível perceber que os bairros Matosinho e Colônia foram os que apresentaram os maiores valores.



a) Atividade principal

b) Compras de supermercado

c) Compras de farmácia

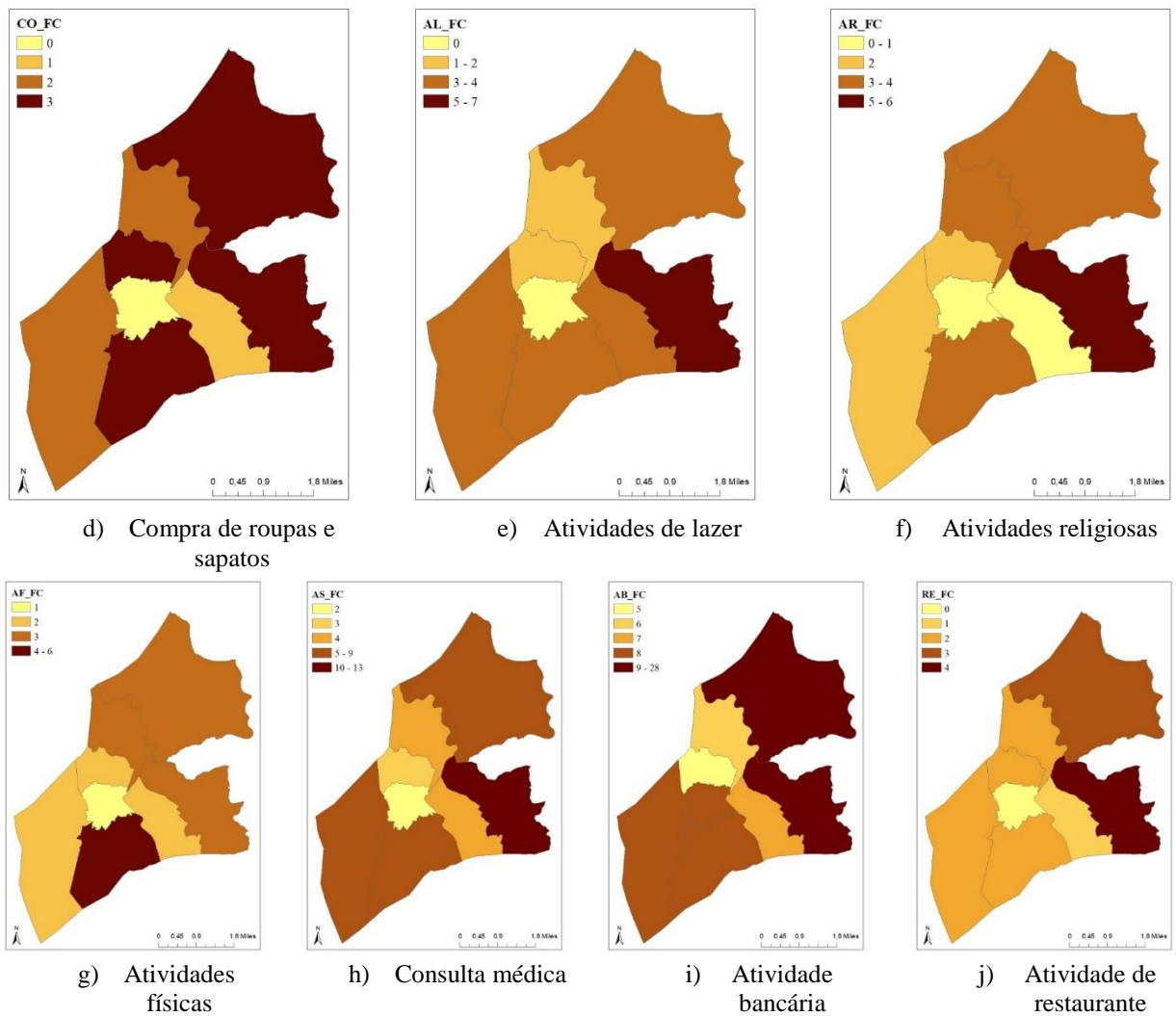


Figura 44: Distribuição espacial das origens das atividades diárias e eventuais realizadas fora de casa

Para as atividades de compras de supermercado (Figura 44b) e compras de farmácia (Figura 44c) o bairro Matosinhos foi o que apresentou o maior número de pessoas realizando essa atividade fora de casa durante a pandemia. Já para a atividade de compra de roupas e sapatos (Figura 44d) destacam-se os bairros Matosinhos, Colônia, Senhor dos Montes e Bonfim.

É possível perceber que o bairro Matosinhos apresentou as maiores frequências para as atividades de lazer (Figura 44e) e atividades religiosas (Figura 44f) realizadas fora de casa. Enquanto que apenas nas atividades físicas destacou-se o bairro Bonfim (Figura 44g).

O bairro Matosinhos foi o que apresentou a maior incidência de pessoas realizando consultas médicas durante a pandemia (Figura 44h), e também indo à restaurantes (Figura 44j). Já para as atividades bancárias (Figura 44i) os bairros Matosinhos e Colônia do Marçal

apresentaram as maiores frequências. Nota-se que o bairro Matosinhos apresentou as maiores frequências na maioria das variáveis, tal fato pode ser justificado por esse bairro apresentar a maior população da cidade.

A Figura 45 apresenta a distribuição das variáveis socioeconômicas por bairro de São João del Rei. Para essas variáveis, o bairro Tijuco foi o que apresentou a maior média de número de pessoas por residência (Figura 45a), já o bairro Jardim Central foi o que apresentou a maior renda mensal média (Figura 45b).

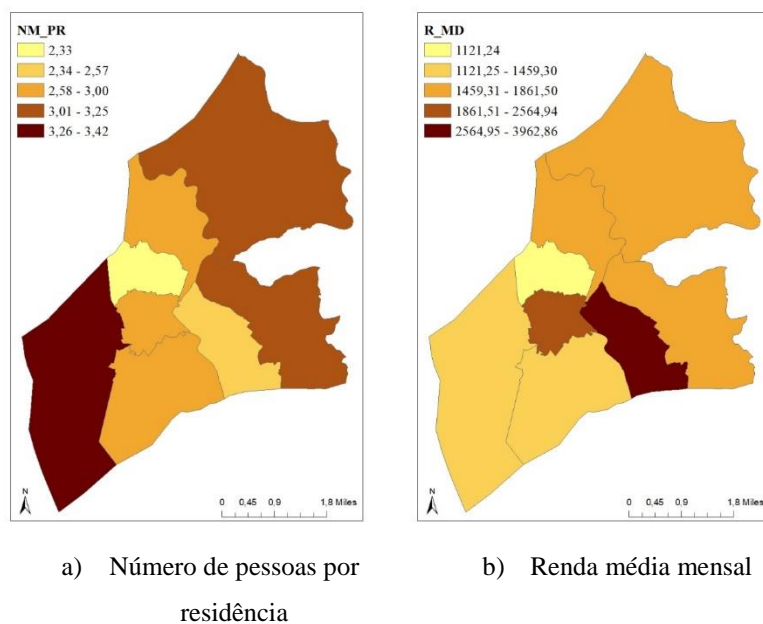


Figura 45: Distribuição espacial das variáveis socioeconômicas

A Figura 46 apresenta a distribuição espacial das variáveis de uso do solo por bairro da cidade de São João del Rei. O bairro Colônia está localizado em uma região mais periférica, apresentando maior distância do centro da cidade (Figura 46a), enquanto que o bairro Centro apresenta a maior densidade de ruas (Figura 46b) e a maior densidade demográfica (Figura 46c).



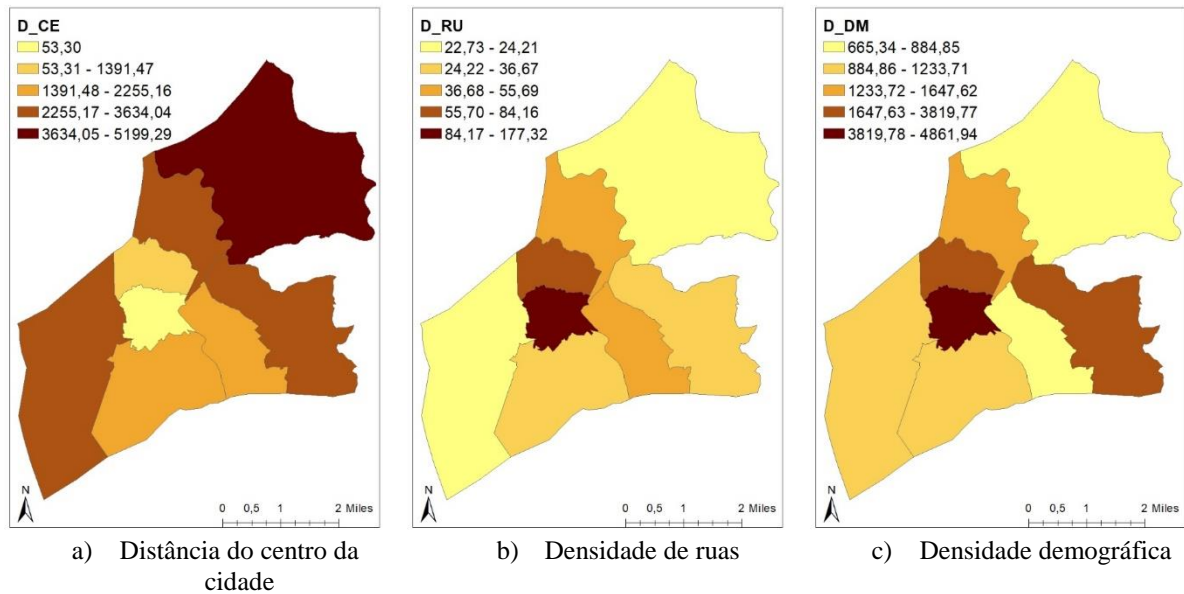


Figura 46: Distribuição espacial das variáveis de uso do solo

### 5.1.2 Análise com OLS dos modelos explicativos para o número de casos de Covid-19

Como forma de verificar a correlação espacial das variáveis socioeconômicas, de uso do solo e do padrão de viagens com os casos de Covid-19 por bairro da cidade de São João del Rei, inicialmente foi aplicada a ferramenta *Exploratory Regression* que busca avaliar todas as combinações possíveis das variáveis explicativas candidatas à entrada do modelo, procurando modelos OLS que melhor explicam a variável dependente. Foram criados modelos para o OLS compostos por uma, duas, três e quatro variáveis independentes.

A Tabela 8 apresenta os modelos que melhor explicam o número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei considerando apenas uma variável isolada.

Tabela 8: Resultado da análise exploratória para uma variável explicativa

Modelo	Variáveis do modelo	R <sup>2</sup> ajustado	Jarque-Bera	K(BP)	VIF	SA (p-valor)
1.1	P_TP	0,75	0,87	0,10	1,00	0,134
1.2	NM_PR	0,56	0,74	0,59	1,00	0,051
1.3	AS_FC	0,50	0,70	0,37	1,00	0,863

Com base na análise dos valores de R<sup>2</sup> ajustado (Tabela 8), é possível perceber que a variável P\_TP, produção de viagens por transporte público coletivo, é a que possui o maior potencial individual de explicação (75%) para o número de casos de Covid-19 em São João del Rei, seguida pelas variáveis NM\_PR, número de pessoas por residência, (56%) e AS\_FC,

consulta médica realizada fora de casa, (50%). Em todos os casos o teste de *Jarque-Bera* não foi significativo indicando que os modelos não são tendenciosos. E todos os modelos apresentaram resultado consistente já que o teste K (BP) também não apresentou significância estatística. Por fim, o p-valor para a autocorrelação espacial foi maior que 0,05 em todos os casos, aceitando-se a hipótese nula de que os resíduos são aleatoriamente distribuídos, sendo interessante prosseguir com a análise pelo GWR.

A Tabela 9 apresenta os modelos que melhor explicam o número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei considerando duas variáveis.

Tabela 97: Resultado da análise exploratória para duas variáveis explicativas

Modelo	Variáveis do modelo	R <sup>2</sup> ajustado	Jarque-Bera	K(BP)	VIF	SA (p-valor)
2.1	P_TP AL_FC	0,86	0,83	0,09	3,26	0,178
2.2	P_TP P_TNM	0,83	0,80	0,44	2,30	0,161
2.3	NM_PR CO_FC	0,82	0,78	0,90	1,00	0,029

A partir da inclusão de mais uma variável no modelo explicativo para o número de casos de Covid-19 em São João del Rei a explicação dos modelos gerados passou a ser de mais de 80% conforme os valores de R<sup>2</sup> ajustado, apresentados na Tabela 9 apresentando dessa forma um ajuste alto. Destaca-se ainda que os modelos gerados por duas variáveis não apresentam informação redundante, devido ao valor de VIF menor que 7,5. Os resultados do teste de *Jarque-Bera* indicam que os modelos não são tendenciosos uma vez que o resultado não foi significativo em nenhum dos casos (p valor > 0,05), todos os modelos apresentaram resultado consistente já que o teste K (BP) também não apresentou significância estatística (p valor > 0,05). Por fim, o p-valor para a autocorrelação espacial foi maior que 0,05 para os modelos 2.1 e 2.2, aceitando-se a hipótese nula de que os resíduos são aleatoriamente distribuídos.

Para os modelos gerados por três variáveis (Tabela 10) a explicação do número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei subiu para mais de 90% (R<sup>2</sup> ajustado). Os modelos também não foram tendenciosos (*Jarque-Bera* > 0,05), apresentaram resultados consistentes visto que, K (BP) >0,05, e não apresentaram informação redundante (VIF<7,5). Por fim, apenas o modelo 3.3 apresentou os resíduos aleatoriamente distribuídos (SA > 0,05).

Tabela 10: Resultado da análise exploratória para três variáveis explicativas

Modelo	Variáveis do modelo	R <sup>2</sup> ajustado	Jarque-Bera	K(BP)	VIF	SA (p-valor)
3.1	P_TP CO_FC AL_FC	0,913	0,59	0,25	3,83	0,024
3.2	P_TP P_TNM AL_FC	0,910	0,78	0,21	3,84	0,024
3.3	P_TP P_TNM A_TP	0,906	0,88	0,21	3,62	0,99

Por fim, foram gerados modelos com quatro variáveis independentes para explicar o número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei (Tabela 11). Os modelos gerados apresentaram uma explicação para o número de casos de Covid-19 por bairro de R<sup>2</sup> ajustado > 0,99. Além disso, os modelos também não foram tendenciosos (Jarque-Bera > 0,05), e apresentaram resultados consistentes visto que, K (BP) >0,05. Porém, o modelo 4.1 apresentou valor de VIF > 7,5, possuindo informação redundante. Todos os modelos apresentaram aleatoriedade em seus resíduos devido ao valor de autocorrelação espacial maior que 0,05.

Tabela 81: Resultado da análise exploratória para quatro variáveis explicativas

Modelo	Variáveis do modelo	R <sup>2</sup> ajustado	Jarque-Bera	K(BP)	VIF	SA (p-valor)
4.1	R_MD A_TNM A_TM NM_PR	0,991	0,42	0,65	8,24	0,217
4.2	P_TP P_TNM AL_FC RE_FC	0,991	0,85	0,22	4,83	0,818
4.3	P_TP A_TP A_TM AL_FC	0,989	0,78	0,65	4,70	0,739

### 5.1.3 Aplicação do GWR e análise comparativa com o OLS para os modelos explicativos

Como forma de avaliar qual método se ajusta melhor à explicação do número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei em função das características socioeconômicas, do padrão de deslocamentos e do uso do solo, seguiu-se com a aplicação do GWR para os modelos definidos anteriormente através da aplicação do *Exploratory Regression*. As Tabelas 12, 13, 14

e 15 apresentam a comparação dos resultados do GWR e OLS para cada modelo explicativo apresentado anteriormente, nas tabelas de 8 a 11.

Tabela 12: Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de uma variável

Modelo	Variáveis do modelo	GWR			OLS		
		R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)	R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)
1.1	P_TP	0,956	0,255	0,098	0,75	0,272	0,134
1.2	NM_PR	0,448	-0,698	0,077	0,56	-0,767	0,051
1.3	AS_FC	0,802	-0,529	0,242	0,50	-0,088	0,863

Por meio da análise da Tabela 12 é possível perceber que os modelos 1.1 e 1.3 apresentaram maior poder de explicação da variável dependente (número de casos de Covid-19) através da aplicação do GWR, visto que apresentou R<sup>2</sup> ajustado maior do que pelo OLS. Além disso, todos os modelos mantiveram a aleatoriedade espacial com a aplicação do GWR.

Por meio da análise dos resultados do GWR para o Modelo 1.1 (Figura 47), que considera a variável explicativa P\_TP, é possível perceber que a distribuição espacial dos resíduos (Figura 47a) não apresenta grandes problemas de autocorrelação espacial, o que significa que a maioria dos resíduos permaneceram entre -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%. Sobre os valores de R<sup>2</sup> local (Figura 47b) todas as regiões da cidade apresentaram um bom poder de explicação para o número de casos de Covid-19 por bairro, uma vez que todos os bairros apresentaram R<sup>2</sup> local >0,75.

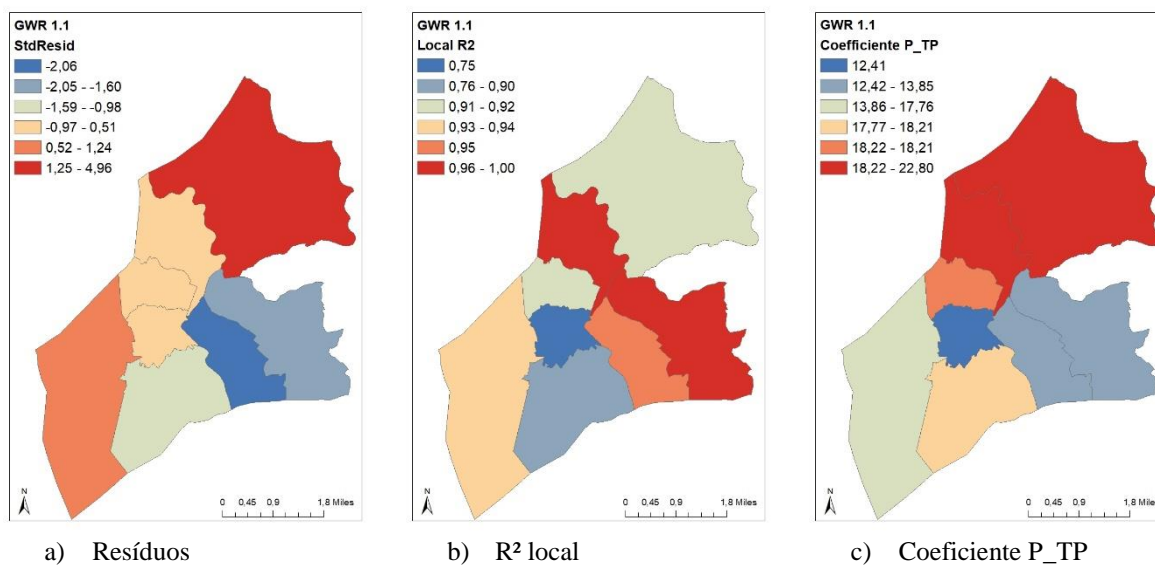


Figura 47: Resultados do GWR para o Modelo 1.1

Destá forma, a variável que compõem o modelo, que está relacionada as viagens produzidas utilizando o transporte público coletivo influencia de maneira positiva em todos os bairros, visto que seu coeficiente é positivo (Figura 47c) indicando que quanto maior o número de pessoas que se deslocam para sua atividade principal utilizando o ônibus, maior será o número de casos por Covid-19 naquela região. Deste modo, é necessário que sejam intensificadas as medidas de segurança sanitária no transporte público coletivo uma vez que ele se torna local de potencial propagação do vírus na cidade.

A Figura 48 apresenta os resultados do GWR para o modelo 1.2 que considera a variável explicativa NM\_PR. Este modelo não apresentou problemas de autocorrelação espacial, visto que todos os resíduos permaneceram entre -1,96 e 1,96 (Figura 48a), ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%. A distribuição espacial dos valores de R<sup>2</sup> não foi alta em todas as regiões (Figura 48b) logo, a variável que compões o modelo, referente ao número de pessoas por residência, é uma boa explicativa dos casos de Covid-19 nos bairros Colônia do Marçal, Jardim Central e Matosinhos, visto que apenas esses bairros apresentaram R<sup>2</sup>>0,67. O coeficiente da variável NM\_PR (Figura 48c) foi positivo em quase todos os bairros, indicando que quanto maior o número médio de pessoas por residência nos bairros maior será o número de casos de Covid-19 naquela região. Tal resultado, demonstra a importância de, se possível, isolar o caso suspeito de uma família em um quarto e banheiro separados, para garantir a segurança dos outros moradores da casa e evitar a propagação do vírus, resultando no aumento de casos naquela região.

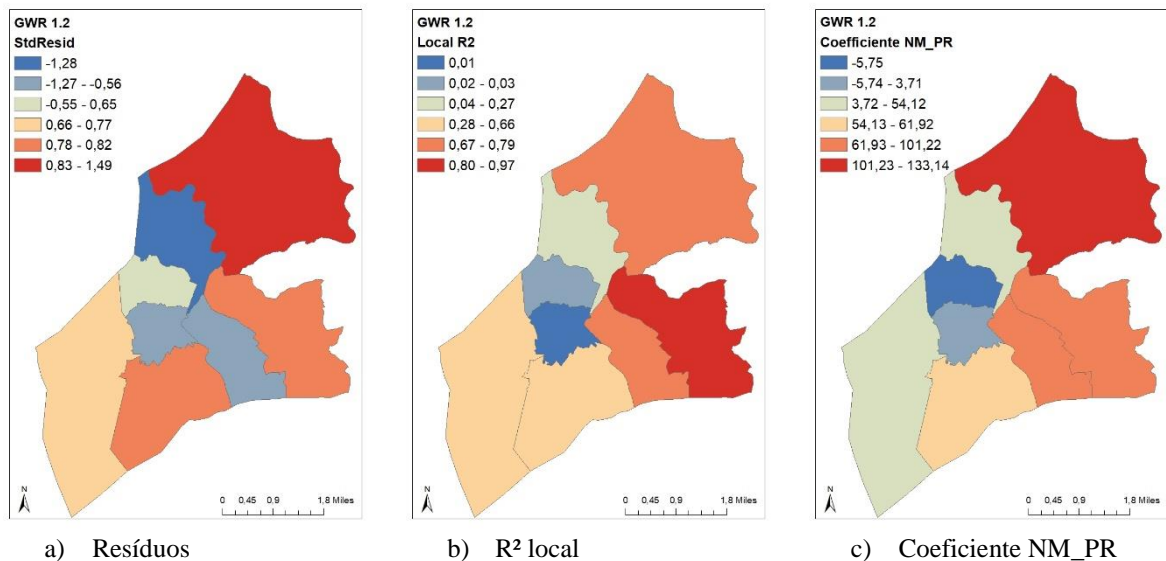


Figura 48: Resultados do GWR para o Modelo 1.2

O último modelo gerado com apenas uma variável contemplou as atividades de saúde realizadas fora de casa, seus resultados estão apresentados na Figura 49.

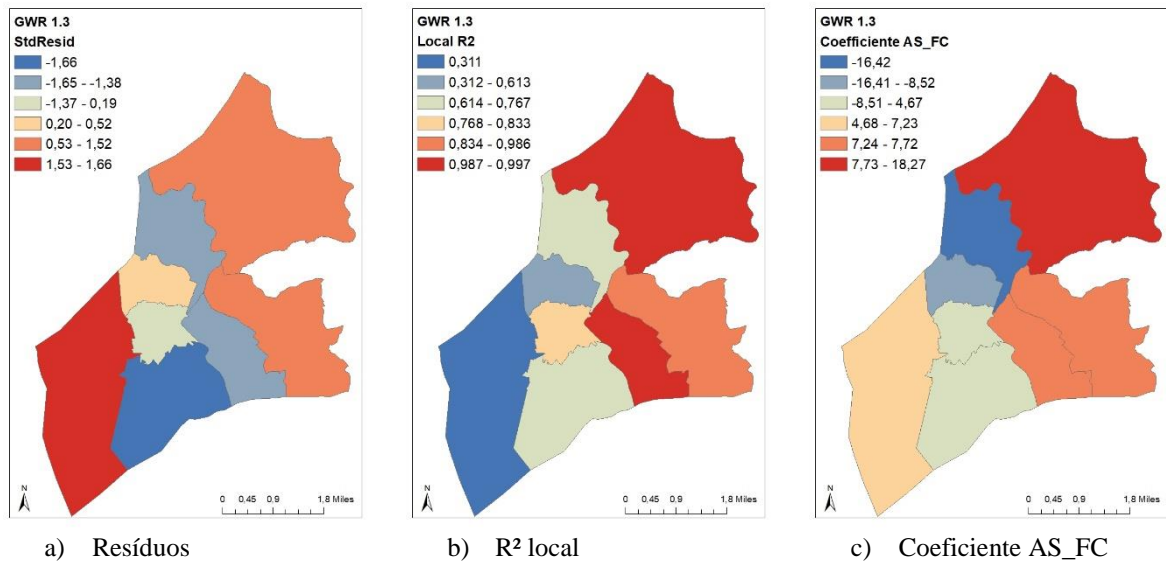


Figura 49: Resultados do GWR para o Modelo 1.3

Neste caso os resíduos gerados (Figura 49a) não apresentaram problemas de autocorrelação espacial, visto que todos permaneceram entre -1,96 e 1,96. Os maiores valores de R<sup>2</sup> (Figura 49b) ocorreram nos bairros Colônia do Marçal, Jardim Central e Matosinhos. Os coeficientes da variável AS\_FC (Figura 49c) apresentaram tantos valores negativos quanto positivos, o que indica que a variável independente influencia de formas diferentes ao longo da região de estudo, porém, vale destacar que nos bairros em que o modelo apresenta maior poder de explicação a variável AS\_FC apresentou coeficiente positivo, indicando que quanto maior o número de pessoas que estavam realizando consultas médicas, maior o número de casos de Covid-19 naquela região.

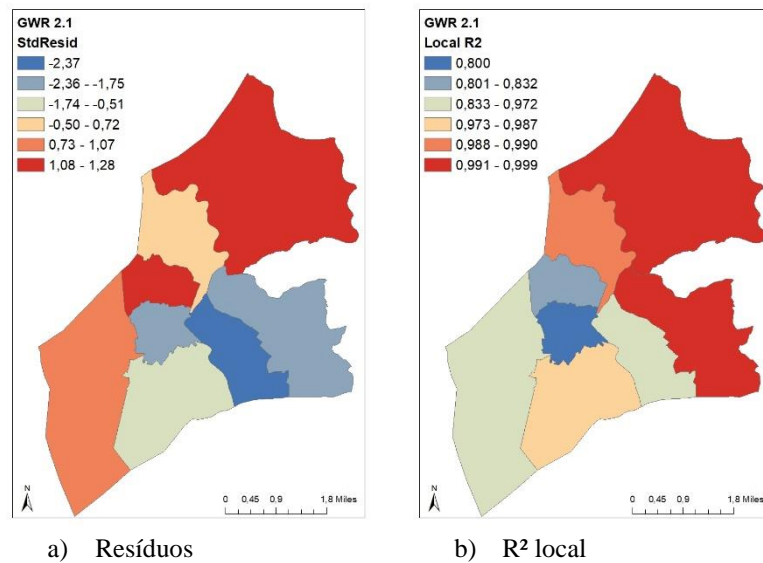
A Tabela 13 apresenta a comparação entre os resultados do GWR e OLS para os modelos compostos por duas variáveis, e a partir de sua análise percebe-se que os modelos 2.1 e 2.2 apresentaram pelo GWR um valor de R<sup>2</sup> ajustado maior do que pelo OLS.

Tabela 13: Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de duas variáveis

Modelo	Variáveis do modelo	GWR			OLS		
		R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)	R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)
2.1	P_TP AL_FC	0,976	0,369	0,122	0,86	0,268	0,178
2.2	P_TP P_TNM	0,934	0,332	0,109	0,83	0,256	0,161
2.3	NM_PR CO_FC				0,82	-0,738	0,029

O componente espacial acrescentado pela análise do GWR aumentou o poder de explicação desses modelos, sendo que, o modelo 2.1 apresentou maior poder de explicação do que o modelo 2.2. Vale destacar, que os dois modelos continuaram apresentando aleatoriedade da distribuição espacial dos resíduos com a aplicação do GWR. Por fim, ressalta-se que não foi possível gerar o modelo 2.3 no GWR.

Sobre o Modelo 2.1 (Figura 50) é possível perceber que a distribuição espacial dos resíduos (Figura 50a) não apresenta grandes problemas de autocorrelação espacial, visto que a maioria dos resíduos permaneceram entre -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%. Os valores de  $R^2$  local do modelo apresentaram uma boa explicação para a variável dependente em toda a região de estudo, uma vez que  $R^2 > 0,80$  (Figura 50b). Sobre os coeficientes das variáveis independentes, a variável P\_TP (Figura 50c) apresentou coeficiente positivo em todos os casos, indicando que quanto maior a utilização do ônibus maior o número de casos de Covid-19. A variável AL\_FC apresentou coeficiente negativo na maioria dos bairros, porém a presença do coeficiente positivo indica que essa variável possui uma relação heterogênea com o número de casos de Covid-19 na região de estudo.



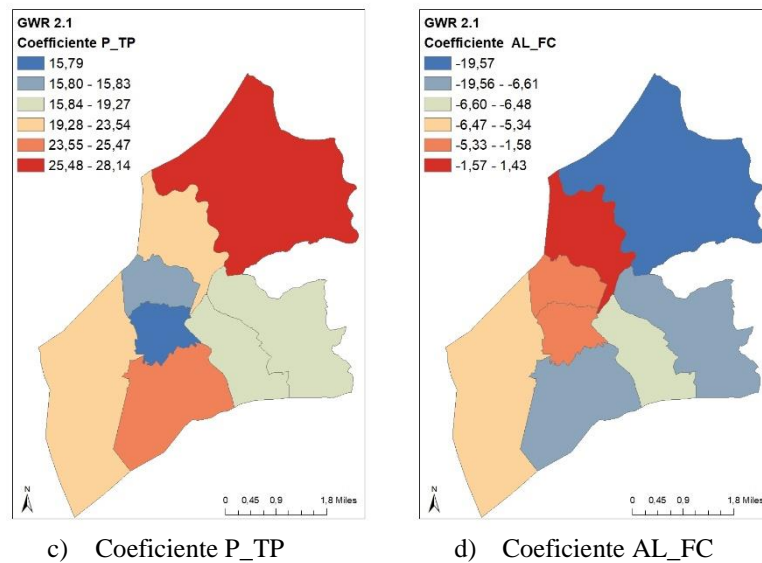


Figura 50: Resultados do GWR para o Modelo 2.1

Os resultados do GWR para o modelo 2.2 são apresentados na Figura 51. Por meio da análise dos resíduos gerados (Figura 51a) pelo modelo 2.2 é possível perceber que eles não apresentam grandes problemas de autocorrelação espacial, visto que a maioria dos resíduos permaneceram entre -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%. Já a explicação do modelo foi alta em todas as regiões,  $R^2 > 0,86$  (Figura 51b).

Por fim, o coeficiente da variável P\_TP (Figura 51c) foi positivo em todos os bairros, e o coeficiente P\_TNM (Figura 51d) foi negativo na maioria dos bairros, indicando que quanto maior o número de pessoas que optam por utilizar modos de transporte não motorizados para se deslocarem até sua atividade principal, menor será o número de casos de Covid-19 naquela região. Desta forma, é necessário que exista o incentivo à utilização dos modos ativos de transporte através de investimentos na construção de ciclovias e melhoria das calçadas, uma vez que a utilização desses modos de transporte é aliada da promoção da mobilidade urbana sustentável e da qualidade de vida, evitando também a transmissão de doenças.



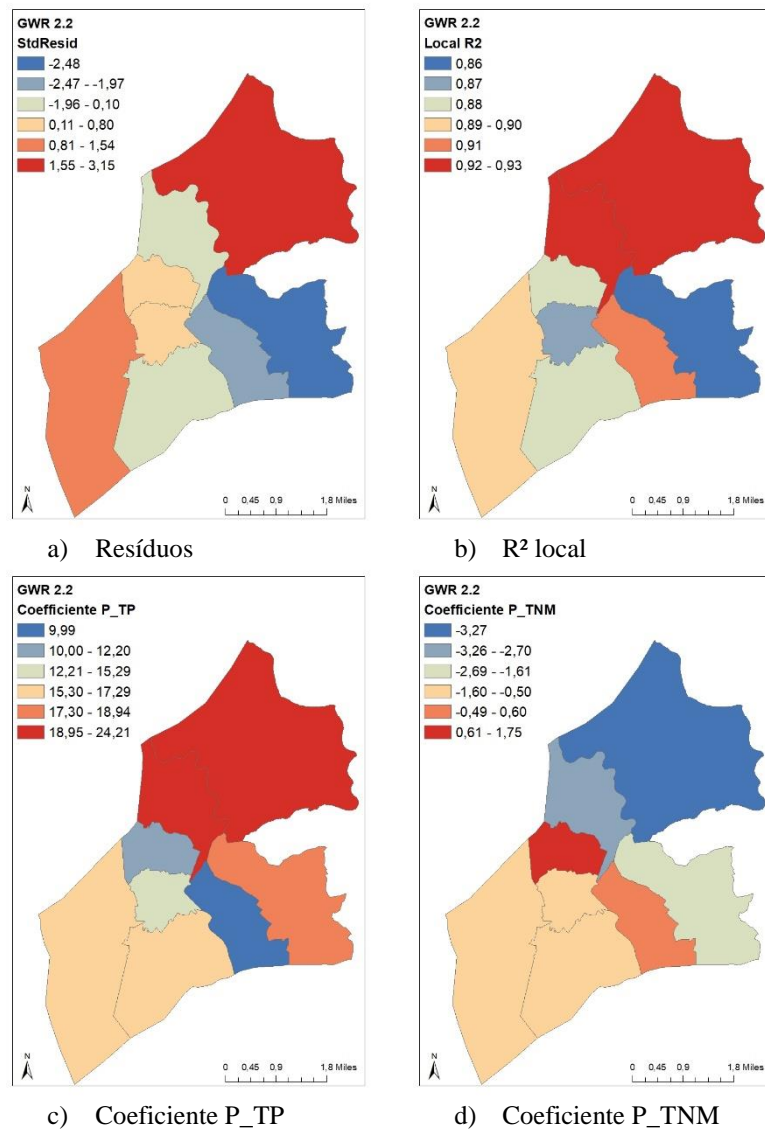


Figura 51: Resultados do GWR para o Modelo 2.2

A Tabela 14 apresenta a comparação entre os resultados do GWR e OLS para os modelos compostos por três variáveis.

Tabela 14: Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de três variáveis

Modelo	Variáveis do modelo	GWR			OLS		
		R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)	R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)
3.1	P_TP CO_FC AL_FC	0,914	0,179	0,316	0,913	0,572	0,024
3.2	P_TP P_TNM AL_FC	0,959	0,391	0,088	0,910	0,572	0,024
3.3	P_TP P_TNM A_TP	0,941	-0,069	0,816	0,906	-0,139	0,990

Todos os modelos compostos por três variáveis tiveram um melhor desempenho de explicação da variável dependente por meio da aplicação do GWR do que pelo OLS (Tabela 14). Vale destacar que com a aplicação do GWR os modelos 3.1 e 3.2 que apresentavam correlação espacial nos resíduos pela aplicação do OLS, passaram a apresentar os resíduos aleatoriamente distribuídos melhorando também o ajuste do modelo. As Figuras 52, 53 e 54 apresentam os resultados do GWR para os modelos de três variáveis (modelos 3.1, 3.2 e 3.3, respectivamente).

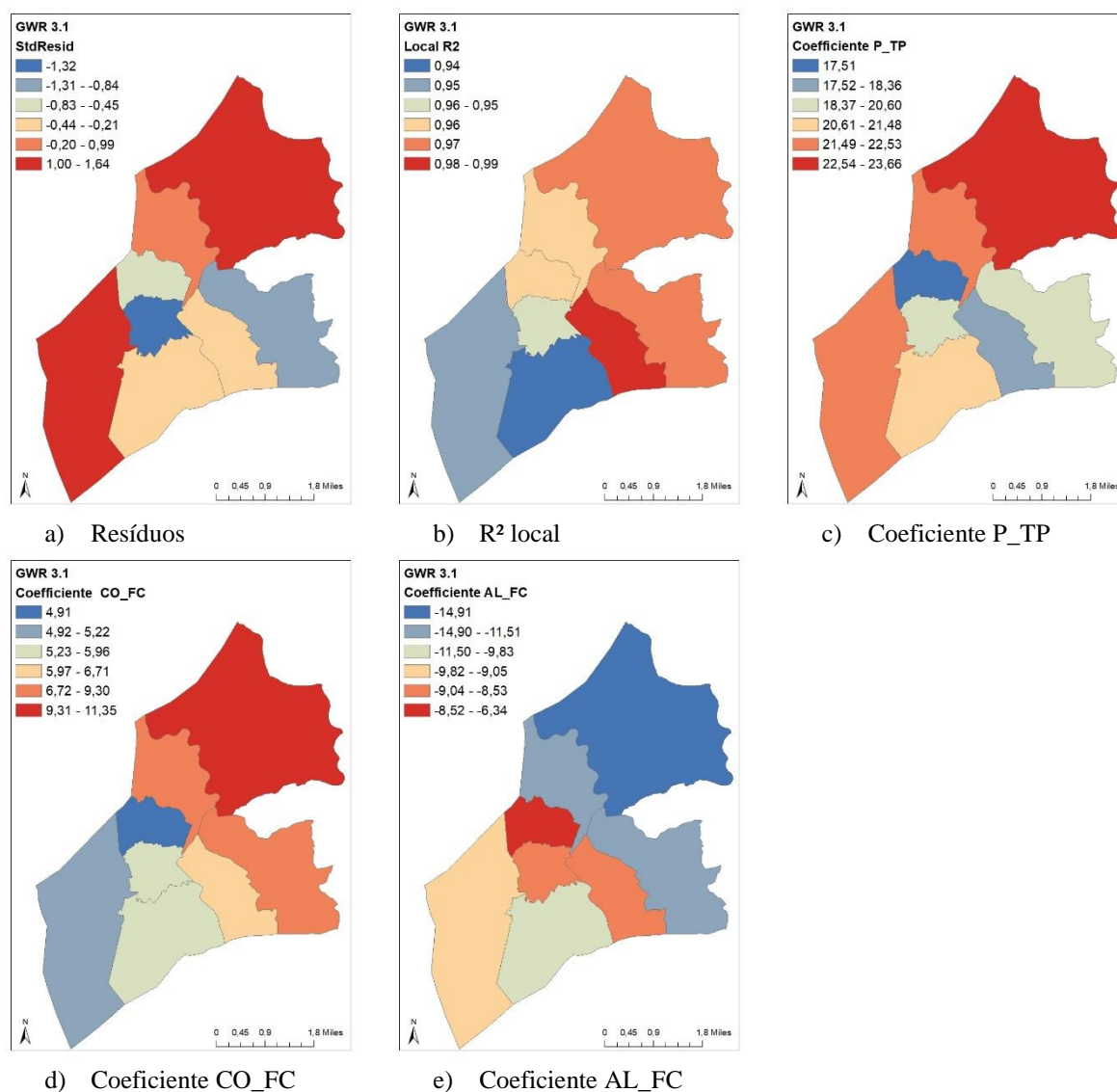
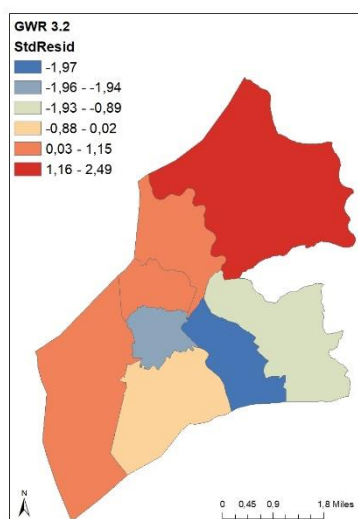


Figura 52: Resultados do GWR para o Modelo 3.1

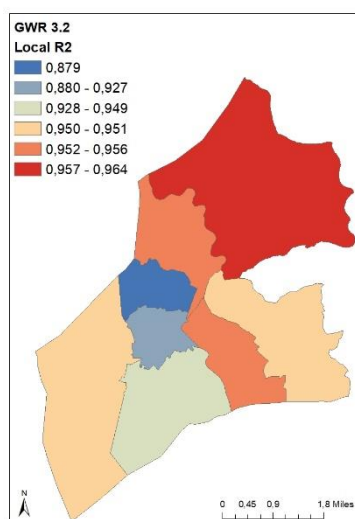
Sobre o Modelo 3.1, seus resíduos não apresentaram problemas de autocorrelação espacial (Figura 52a), visto que todos permaneceram entre -1,96 e 1,96. Os valores de R<sup>2</sup> (Figura 52b) apresentam valores maiores que 0,94 em todos os bairros. E como nos casos

anteriores, o coeficiente da variável P\_TP (Figura 52c) foi positiva em todos os casos, como também os coeficientes da variável CO\_FC (Figura 52d), o que indica neste caso que quanto maior o número de pessoas em uma região que estavam realizando compras presenciais, maior o número de casos de Covid-19 naquele bairro. O que implica a necessidade de uma maior fiscalização do funcionamento das lojas, uma vez que se tornam locais de potencial propagação do vírus já que frequentemente a distância de segurança não é respeitada e esses locais ficam superlotados. Por fim, os coeficientes da variável AL\_FC (Figura 52e) foram negativos em todos os casos.

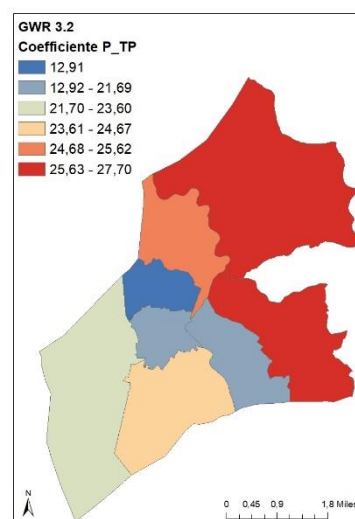
Por meio da análise da Figura 53a é possível perceber que os resíduos gerados pelo modelo 3.2 não apresentam grandes problemas de autocorrelação espacial, visto que a maioria dos resíduos permaneceram entre -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%.



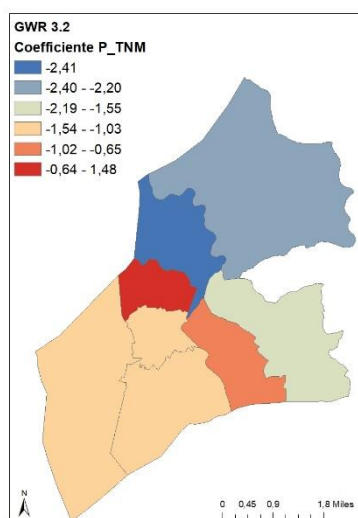
a) Resíduos



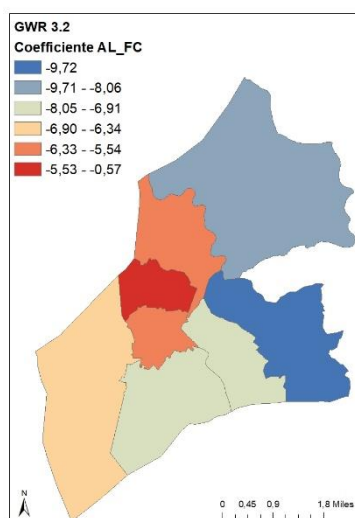
b) R<sup>2</sup> local



c) Coeficiente P\_TP



d) Coeficiente P\_TNM



e) Coeficiente AL\_FC

Figura 53: Resultados do GWR para o Modelo 3.2

Os valores de  $R^2$  local (Figura 53b) apresentaram alta explicação para o modelo, visto que seus valores foram maiores que 0,879 em todas as regiões. Assim como nos casos anteriores, a variável P\_TP (Figura 53c) apresentou coeficiente positivo em todas as áreas, a variável P\_TNM (Figura 53d) apresentou coeficiente negativo em quase todos os bairros, e a variável AL\_FC (Figura 53e) apresentou coeficiente negativo em todas as regiões.

Sobre o Modelo 3.3 (Figura 54), seus resíduos não apresentaram problemas de autocorrelação espacial (Figura 54a), visto que todos permaneceram entre -1,96 e 1,96. Os valores de  $R^2$  (Figura 54b) apresentam valores maiores que 0,88 em todos os bairros, sendo que entre os modelos de três variáveis foi o que apresentou maior poder de explicação por bairro, uma vez que esse valor varia em toda a região de estudo.

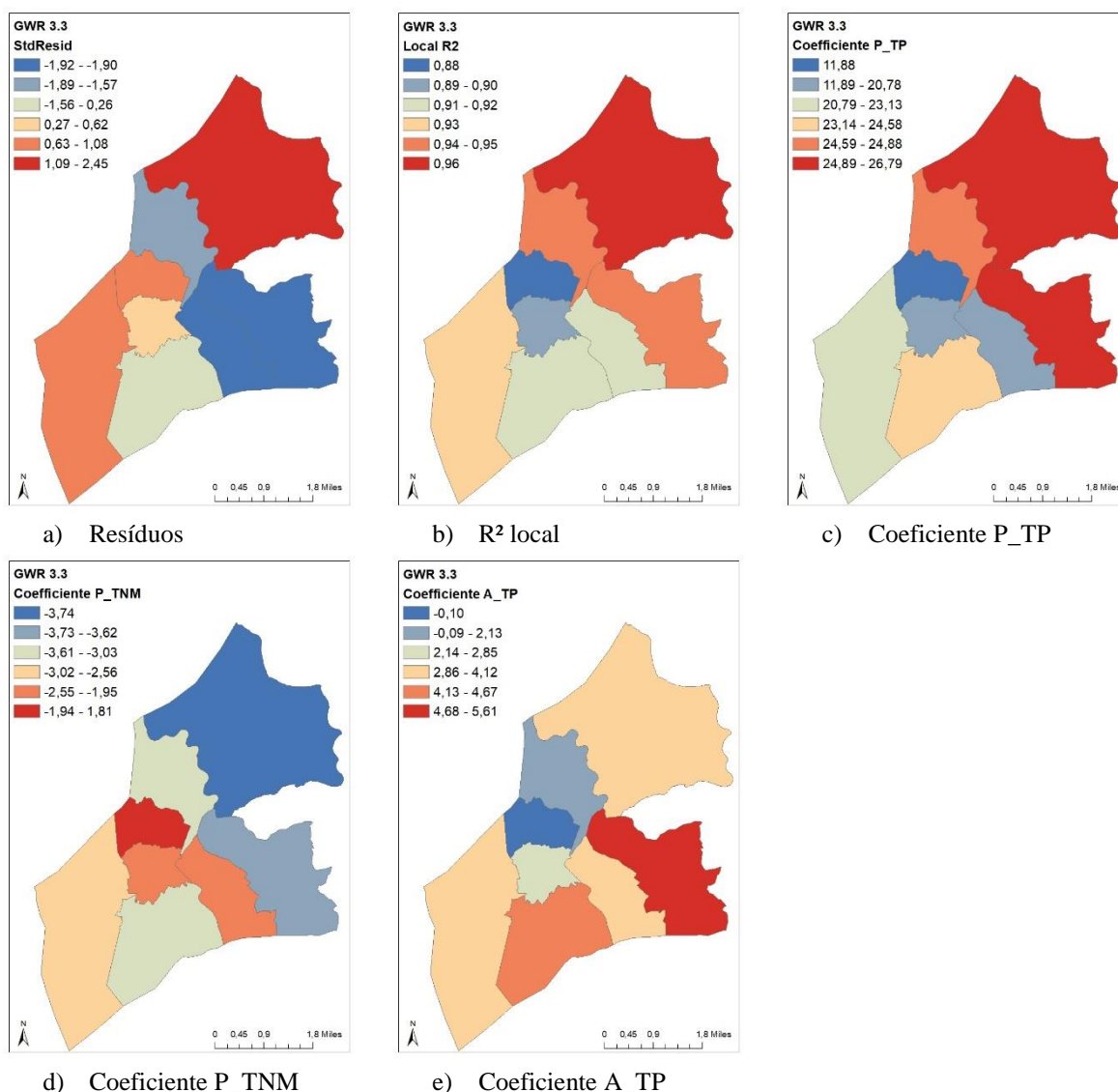


Figura 54: Resultados do GWR para o Modelo 3.3

Como nos casos anteriores, o coeficiente da variável P\_TP (Figura 54c) foi positiva em todos os casos, já os coeficientes da variável P\_TNM (Figura 54d) foram negativos em todos os casos, e por fim, os coeficientes da variável A\_TP (Figura 54e) foram positivos na maioria dos casos, indicando que quanto maior o número de pessoas que se deslocam para sua atividade principal utilizando o transporte público por ônibus maior será o número de casos de Covid-19 tanto no local de produção, quanto no local de atração da viagem.

A Tabela 15 apresenta a comparação entre os resultados do GWR e OLS para os modelos compostos por quatro variáveis.

Tabela 15: Comparação dos resultados do OLS e GWR para os modelos de quatro variáveis

Modelo	Variáveis do modelo	GWR			OLS		
		R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)	R <sup>2</sup> ajustado	I de Moran	SA (p-valor)
4.2	P_TP	0,998	-0,097	0,888	0,991	-0,072	0,818
	P_TNM						
	AL_FC						
	RE_FC						
4.3	P_TP	0,997	0,161	0,329	0,989	-0,042	0,739
	A_TP						
	A_TM						
	AL_FC						

Para os modelos compostos por quatro variáveis (Tabela 15), os resultados do GWR também apresentaram um resultado melhor do que o OLS, visto que o R<sup>2</sup>ajustado foi maior nos modelos 4.2 e 4.3. Não foi possível aplicar o GWR para o modelo 4.1, visto que ele apresentou VIF maior que 7,5 (Tabela 11) contendo desta forma informação redundante. Desta forma, entre os modelos gerados o que apresentou maior poder de explicação para o número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei, foi o modelo 4.2, com R<sup>2</sup> ajustado = 0,998. Tanto o modelo 4.1 e 4.3 continuaram apresentando os resíduos aleatoriamente distribuídos com a aplicação do GWR.

Por meio da análise da figura 55a, a distribuição espacial dos resíduos gerados pela análise GWR para o número de casos de Covid-19 em cada bairro de São João del Rei em das variáveis independentes que formam o modelo 4.2 não apresenta grandes problemas de autocorrelação espacial, visto que a maioria dos resíduos permaneceram entre os valores de -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%.

A Figura 55b apresenta a distribuição dos valores dos desvios padrão para o valor de  $R^2$ , e sua análise mostra que todos os valores de  $R^2$  estiveram acima de 0,990 indicando que avariáveis que compõem o modelo 4.2, são ótimas explicativas para o número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei.

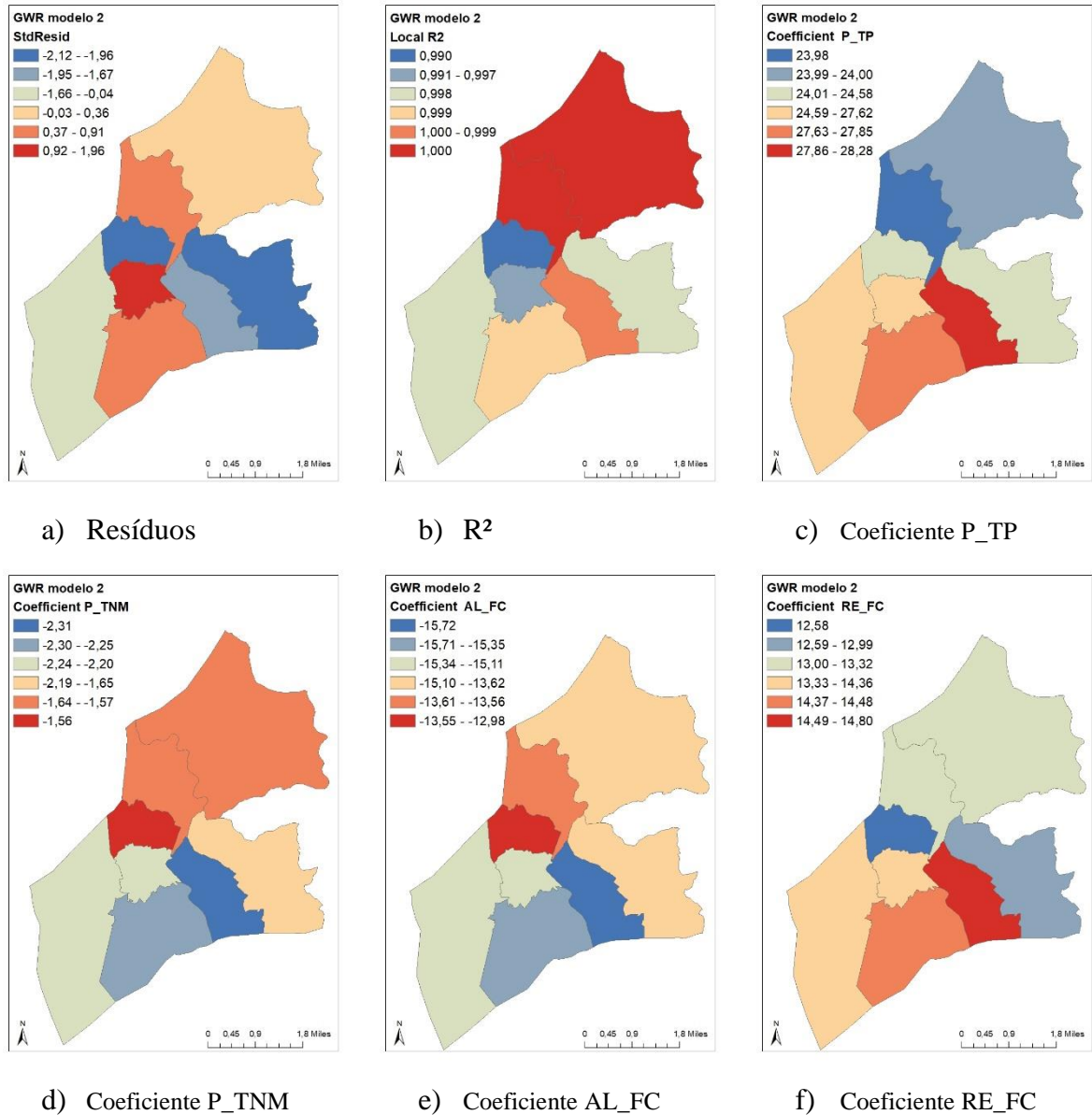


Figura 55: Resultados do GWR para o Modelo 4.2

A partir da análise dos coeficientes do GWR para o modelo 4.2 é possível perceber que a variável P\_TP (Figura 55c) apresenta coeficiente positivo em todos os bairros o que indica que quanto maior a utilização do transporte público por ônibus, maior será o número de casos de Covid-19 naquela região. Já a variável P\_TNM (Figura 55d) apresentou coeficiente negativo

em todas as regiões o que sugere que quanto mais pessoas utilizarem modos não motorizados de transporte para se deslocarem até sua atividade principal menor será o número de casos de Covid-19 naquele local.

A variável AL\_FC (Figura 55e) assim como em casos anteriores apresentou coeficiente negativo em todas as regiões, sendo que desta forma um aumento no número de pessoas que realizam atividades de lazer fora de casa não representa um aumento dos casos de Covid-19 naquele bairro. Apesar de não ser uma reação esperada, esse resultado pode ser justificado pois todos os bairros apresentaram valores baixos e bem próximos para o número de pessoas que estavam realizando atividades de lazer fora de casa durante a pandemia. Ou seja, mesmo os bairros com muitos casos de Covid-19 apresentaram poucas pessoas realizando atividades de lazer fora de casa durante a pandemia.

Por fim, a variável RE\_FC (Figura 55f) apresentou coeficiente positivo em todos os bairros, o que sugere que quanto maior o número de pessoas que estavam realizando as atividades de restaurante fora de casa durante a pandemia, maior será o número de casos de Covid-19 naquela região. O que implica a necessidade de uma maior fiscalização do funcionamento dos restaurantes, uma vez que se tornam locais de potencial propagação do vírus já que frequentemente a distância de segurança não é respeitada e as pessoas precisam retirar a máscara de proteção para consumir os produtos.

O Modelo 4.3, apresentado na Figura 56, não mostrou grandes problemas de autocorrelação espacial, visto que a maioria dos resíduos (Figura 56a) permaneceram entre os valores de -1,96 e 1,96 ou seja, entre o intervalo de confiança de 95%. O modelo apresentou ótima explicação para a variável dependente, visto que os valores de  $R^2$  foram maiores que 0,995 em todas as regiões de estudo (Figura 56b).

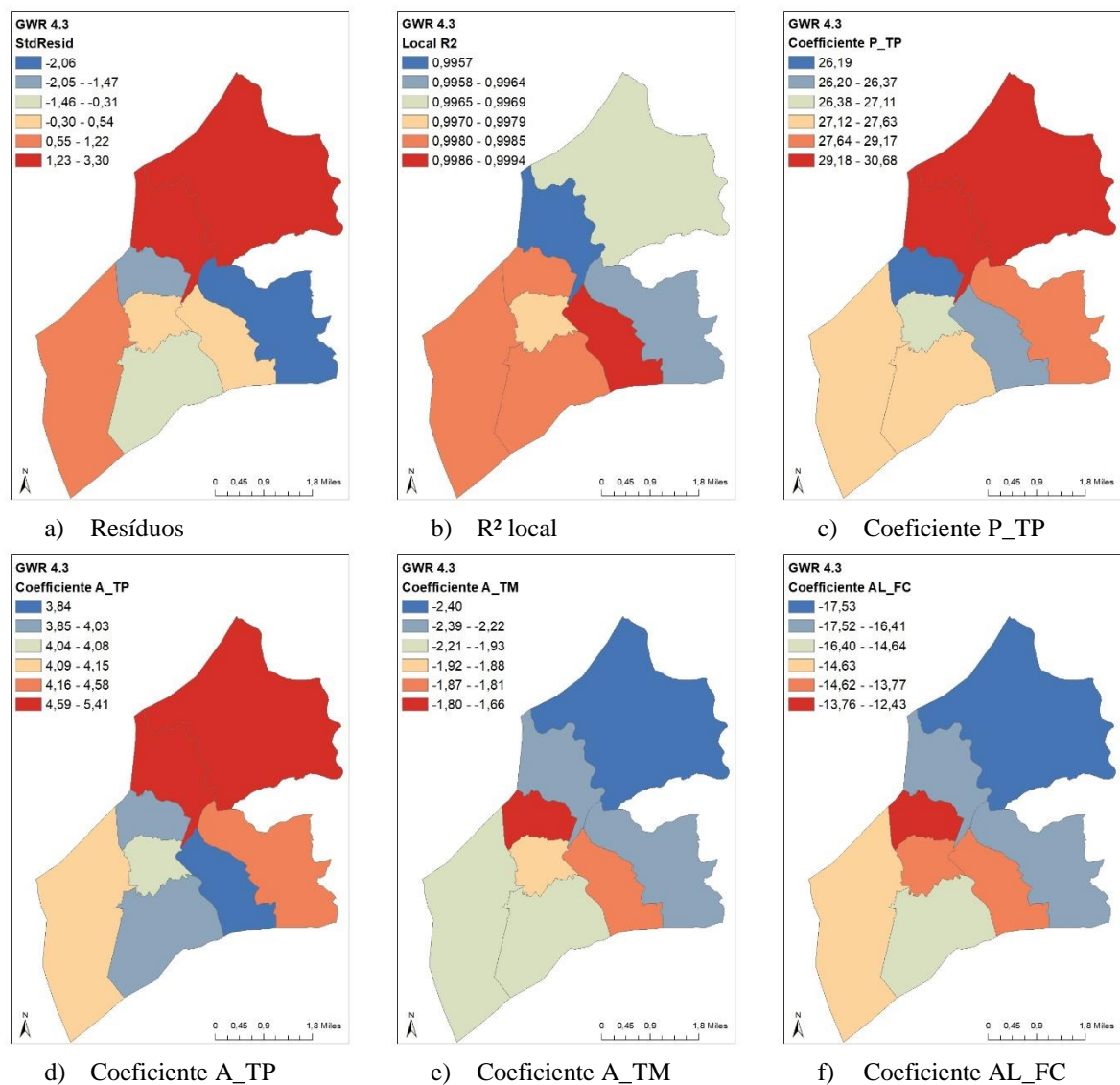


Figura 56: Resultados do GWR para o Modelo 4.3

No modelo 4.3 foi apresentado apenas uma variável que ainda não tinha integrado nenhum dos modelos anteriores, que foi a variável A\_TM. Essa variável apresentou coeficiente negativo em todas as áreas (Figura 56e) o que indica que quanto maior o número de pessoas que se deslocam para sua atividade principal utilizando modos de transporte individual motorizado, menor será o número de casos de Covid-19 no local de atração da viagem. Apesar de no sentido da mobilidade urbana sustentável ocorrer um incentivo à utilização do transporte público coletivo, em detrimento do transporte individual motorizado, em tempos de pandemia percebe-se que a utilização do ônibus torna-se um risco devido à aglomeração que pode ocorrer em seu interior. Desta forma, a utilização dos automóveis e motos durante a pandemia pode se mostrar eficiente na redução do número de casos de Covid-19 uma vez que se mantém o distanciamento social de forma mais efetiva.



## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Índia ocorreu uma redução de mobilidade em vários setores, como varejo e recreação, mercearia e farmácia, visitas a parques, estações de transporte público coletivo e trabalho, em que a mobilidade reduziu em 73,4%, 51,2%, 46,3%, 66% e 56,7% respectivamente (Saha *et al.*, 2020). Aloï *et al.* (2020) identificaram uma redução total da mobilidade 76% na cidade de Santander, Espanha devido às medidas de confinamento ou quarentena impostas pelo governo como combate à propagação da Covid-19. Para as cidades de Itajubá e São João del Rei, essa redução de mobilidade quanto às atividades principais foi de 50,4% e 49,8% respectivamente. Já para as atividades secundárias a redução média de mobilidade foi de 48,8% para Itajubá e 50,03% para São João del Rei. O resultado alcançado ao longo deste estudo vai ao encontro do resultado apresentado por Fatmi (2020), em que na cidade de Kelowna, Canadá ocorreu uma redução de aproximadamente 50% das atividades realizadas fora de casa durante a pandemia.

Um dos resultados alcançados ao longo deste trabalho foi a identificação da redução de utilização do transporte público coletivo durante a pandemia por Covid-19 nos valores de 4,9% em Itajubá e 9,7% em São João del Rei. Tal resultado fortalece a ideia dos autores De Vos (2020) e Chen *et al.* (2020) que destacam que o transporte por ônibus é visto de forma negativa diante da pandemia por Covid-19, devido ao espaço interno limitado para um grande fluxo populacional, sendo que usuários habituais podem migrar para o uso de táxis, serviços de carona ou transporte por aplicativos. Os dados alcançados concordam também com a pesquisa realizada por Pawar *et al.* (2020) que alcançou como um dos principais resultados de seu trabalho a identificação de que 5,3% dos respondentes de sua pesquisa migraram do transporte coletivo para o individual, situação que não privilegia a mobilidade urbana.

Foi identificado também uma redução das frequências médias por mês de acidentes de trânsito em vias públicas de Itajubá no valor de 69,33% e em São João del Rei no valor de 37,71%. Saladié *et al.* (2020) identificaram em seu trabalho uma redução de 74,3% do número de acidentes por dia na província de Tarragona, Espanha devido ao bloqueio decretado pelo governo para combater a propagação do Covid-19. O estudo de Aloï *et al.* (2020) também identificou na Espanha, porém na cidade de Santander uma redução de 67% dos acidentes de trânsito. O valor obtido neste trabalho para a cidade de Itajubá se assemelha muito ao encontrado em outros trabalhos, porém em São João del Rei essa redução foi menos expressiva.

Sobre assaltos em vias públicas foi identificado ao longo deste trabalho uma redução de 68,86% em Itajubá, e 49,36% em São João del Rei. Gerell *et al.* (2020) também identificaram uma redução na taxa de crimes, ao concluírem em seu trabalho que o total de crimes, agressões e furtos diminuíram na faixa de 5% a 20% na Suécia. Porém, identificaram também que os roubos pessoais e crimes de narcóticos permaneceram inalterados. A redução dos roubos observada ao longo desse trabalho foi maior do que a apontada por Gerell *et al.* (2020), tal fato pode ser justificado pois foi considerado apenas os assaltos em vias públicas, que tiveram uma redução expressiva das pessoas circulando devido ao isolamento social.

Por meio da aplicação do teste qui-quadrado de Pearson foi identificado ao longo deste estudo que a renda média domiciliar tem associação com o local de realização da atividade principal durante a pandemia por Covid-19, uma vez que, para as duas cidades, apesar de as pessoas que possuem renda domiciliar de 1 a 2 salários mínimos não representarem a maioria dos entrevistados, são aqueles que em sua maioria não estavam realizando sua atividade principal, sendo as mais impactadas pela pandemia. Da mesma forma, foi identificado em Itajubá que aqueles que não possuem automóvel próprio compõem apenas 15% da amostra total, mas representam 55% daqueles que deixaram de realizar sua principal ocupação, representando uma parcela vulnerável da população.

Esses resultados complementam a pesquisa realizada por Urban e Nakada (2020) que identificaram que as pessoas em situação de vulnerabilidade social em São Paulo, Brasil podem não conseguir aderir às medidas de isolamento social, favorecendo uma maior disseminação da Covid-19. Braga *et al.* (2020) destacam ainda que os bairros de Fortaleza com maior propensão a uma grave epidemia por Covid-19 são aqueles mais pobres e vulneráveis. Portanto, as pessoas menos favorecidas além de deixarem de realizar sua atividade principal e não conseguirem realizar atuar por *home-office*, ainda estão mais propensas à uma maior contaminação da doença.

Ainda sobre a aplicação do teste Qui-quadrado de Pearson, da mesma forma para as pessoas com renda familiar mais baixa, os autônomos também tiveram destaque por representar grande parte das pessoas que não estavam realizando sua atividade principal durante a pandemia, ou seja, muitos estavam desempregados ou impedidos de trabalhar ou estudar. Um estudo realizado no Canadá destaca uma situação semelhante, em que foi documentada uma diminuição considerável entre os períodos de fevereiro a maio de 2020 no número de proprietários de pequenas empresas (BELAND *et al.*, 2020). Destacando dessa forma, que vários autônomos deixaram de realizar sua atividade durante a pandemia por Covid-19.

Ainda neste sentido, Bartik *et al.* (2020) destacam que as pequenas empresas são mais afetadas devido à sua fragilidade financeira, uma vez que, muitas delas possuíam pouco dinheiro disponível para o início da pandemia, o que significa que durante esse período tiveram que cortar despesas, contrair dívidas, ou até mesmo declarar falência. Este estudo destaca o porquê de os autônomos terem sido um dos mais impactados com a pandemia por Covid-19 nas cidades de São João del Rei e Itajubá.

Logo, a aplicação do teste Qui-quadrado de Pearson contribui para revelar características decorrentes da pandemia por Covid-19 quanto a realização da atividade principal dos moradores de Itajubá e São João del Rei indicando aqueles grupos mais vulneráveis, que deixaram de realizar sua atividade principal, como também aqueles grupos que possuem maior potencial de atuar por *home-office*. Esse conhecimento é fundamental para traçar estratégias para após o período de crise, uma vez que o conhecimento de como cada grupo reagiu frente a pandemia permite o direcionamento de políticas públicas voltadas aos segmentos mais vulneráveis.

Nos modelos gerados para a explicação do número de casos de Covid-19 por bairro de São João del Rei, foi identificado que a variável que melhor explica individualmente os casos de Covid-19 é a produção de viagens por transporte público coletivo. Destaca-se também que a variável de atração de viagens por ônibus também foi significativa em outros modelos. Ou seja, existe uma associação significativa e positiva entre o número de casos de Covid-19 e o número de pessoas que têm como principal modo de deslocamento o ônibus. Este resultado demonstra que apesar de ser um modo de transporte que favorece a mobilidade urbana sustentável, o ônibus pode se tornar um ambiente com alto potencial de transmissão do Covid-19, como também de outras doenças devido à alta aglomeração em seu interior e alta rotatividade de pessoas. Desta forma, é necessário que existam medidas de segurança sanitária e higiene aplicadas ao transporte público coletivo para que as pessoas que utilizem o ônibus estejam seguras durante e após a pandemia.

O trabalho de Zhang *et al.* (2020) realizou um estudo semelhante ao buscar entender como os diferentes modos de transporte influenciam na disseminação do Covid-19. Como conclusão apresentaram que a presença de um aeroporto ou estação de trens de alta velocidade estão significativamente relacionados à velocidade de propagação da pandemia, mas sua ligação com o número total de casos confirmados é fraca. Porém, os autores obtiveram um resultado diferente do alcançado ao longo deste trabalho pois não identificaram uma associação relevante entre o número de casos de Covid-19 e a frequência dos serviços de ônibus ofertados.

Zheng *et al.* (2020) identificaram uma associação significativa e positiva entre a frequência de voos, trens e ônibus com o número cumulativo de casos de Covid-19 em Wuhan, China, o que fortalece o resultado encontrado ao longo deste trabalho. Por fim, Zhao *et al.* (2020) identificaram em seu trabalho que a maioria das infecções pela Covid-19 não parecia ocorrer no interior do transporte público, mas ele espalhou a infecção por Covid-19 para longas distâncias ao transportar os indivíduos infectados. Desta forma, estudos sobre a associação entre o transporte público e a propagação de doenças são necessários, uma vez que ele não é responsável apenas disseminação da doença em seu interior, como também por transportar os indivíduos contaminados para outras regiões.

A produção de viagens por modos de transporte não motorizados, apresentou correlação negativa com o número de casos de Covid-19 nos bairros de São João del Rei. Indicando que quanto maior o número de pessoas que se deslocam a pé ou de bicicleta para a sua atividade principal, menor o número de casos de Covid-19 na região de origem na viagem. Deste modo, é necessário que exista o incentivo à utilização dos modos ativos de viagem por meio do investimento em ciclovias e melhoria das calçadas. Como forma de as pessoas se sentirem motivadas a se deslocarem desta maneira, visto que foi identificado que os modos ativos de transporte são mais seguros e reduzem as chances de contágio da doença durante a pandemia. Em concordância com o resultado encontrado ao longo deste trabalho, Hadjidemetriou *et al.* (2020) destacam que a existência de infraestrutura como calçadas adequadas, ciclovias que possibilitem a micro mobilidade podem ajudar no deslocamento de pessoas, e ao mesmo tempo, evitar o contato entre elas.

Porém, de forma oposta ao resultado encontrado neste estudo, Luo *et al.* (2020) identificaram que ir para o trabalho caminhando possui correlação positiva com a taxa de mortalidade por Covid-19. Logo, além do incentivo à utilização dos modos ativos de transporte proposto neste trabalho, destaca-se por meio do resultado encontrado por Luo *et al.* (2020) a importância de as pessoas manterem o distanciamento social e utilizar as máscaras de proteção também nesses tipos de deslocamento.

A atração de viagens por modo de transporte individual motorizado apresentou correlação negativa com o número de casos de Covid-19 nos bairros de São João del Rei indicando que esse é um modo de transporte mais seguro e reduz as chances de contágio da doença durante a pandemia. Apesar de no sentido da mobilidade urbana sustentável ocorrer um incentivo à utilização do transporte público coletivo, em detrimento do transporte individual motorizado, em tempos de pandemia percebe-se que a utilização do ônibus se torna um risco

devido à aglomeração que pode ocorrer em seu interior. Desta forma, a utilização dos automóveis e motos durante a pandemia pode se mostrar eficiente na redução do número de casos de Covid-19 uma vez que se mantém o distanciamento social de forma mais efetiva.

Entre as variáveis que apresentaram alto poder de explicação individual para o número de casos de Covid-19 está o número médio de pessoas por residência, sendo que essa associação indica que quanto maior for o número de pessoas que moram na mesma residência no bairro, maior será o número de casos de Covid-19 naquela região. Este apontamento concorda com o estudo publicado por Jing *et al.* (2020) em que sua pesquisa realizada em Guangzhou, China com 349 pacientes e 1.964 contatos próximos a esses pacientes identificou que o vírus se espalha mais facilmente entre pessoas que vivem juntas. Justificando desta forma a correlação encontrada ao longo deste trabalho. Esses resultados demonstram a importância de, se possível, isolar o caso suspeito de uma família em um quarto e banheiro separados da casa, para garantir a segurança dos outros moradores da residência e evitar a propagação do vírus.

Dentre os modelos gerados para a explicação do número de casos de Covid-19 em São João del Rei apareceram as variáveis AS\_FC, CO\_FC e RE\_FC, o que indica que as consultas médicas, compras de roupas e sapatos, e atividades de restaurante realizadas fora de casa durante a pandemia podem aumentar o número de casos de Covid-19 em uma região. O estudo realizado por Chang *et al.* (2020) utilizando dados de movimentação de pessoas em 10 cidades dos Estados Unidos listou os locais onde há mais chances de contaminação pelo novo coronavírus sem o uso de máscara e com a reabertura de funcionamento. Sobre as variáveis identificadas ao longo do trabalho de Chang *et al.* (2020), os restaurantes de serviço completo ocupam a primeira posição, sendo o local com maior risco de contágio, enquanto que os restaurantes de “serviço limitado” ocupam a quinta posição, os consultórios médicos ocupam a sétima posição e as lojas de departamento a décima sexta posição.

Ao se avaliar estatisticamente os modelos gerados, o que apresentou melhor desempenho foi o modelo 4.2, composto pelas variáveis de produção de viagens por transporte público coletivo, produção de viagens por transporte não motorizado, atividade de lazer realizada fora de casa e atividades de restaurante também realizadas fora de casa durante a pandemia. Esse modelo obteve valor de  $R^2$  ajustado = 0,998 e p-valor para a autocorrelação espacial de 0,888 apresentando um poder de explicação maior do que os outros modelos e também os resíduos mais aleatoriamente distribuídos.

Porém, conhecendo a realidade vivenciada ao longo da pandemia espera-se que as atividades de lazer realizadas fora de casa possuam correlação positiva no número de casos de

Covid-19 e não uma correlação negativa como foi apresentado no modelo 4.2 e em outros. Dessa forma, um modelo que apresentou um bom resultado estatístico e possui variáveis explicativas que condizem com a resultado esperado é o modelo 3.3, composto pelas variáveis, produção de viagens por transporte público coletivo, produção de viagens por transporte não motorizado e atração de viagens por transporte público coletivo. Esse modelo apresentou um valor de  $R^2$  ajustado = 0,941 e p-valor para a autocorrelação espacial de 0,816. Esse resultado indica que o padrão de mobilidade das pessoas é um forte condicionante da propagação da pandemia por Covid-19 na cidade de São João del Rei.

No geral, os resultados alcançados pela aplicação do OLS e GWR contribuíram ao indicar como diferentes variáveis impactam no número de casos de Covid-19 em São João del Rei, e deste modo apontam a necessidade de uma maior fiscalização do funcionamento dos estabelecimentos urbanos e também do transporte público coletivo, uma vez que se tornam locais de potencial propagação do vírus já que frequentemente a distância de segurança não é respeitada, e esses ambientes ficam superlotados.

## 7 CONCLUSÃO

No início do mestrado a ideia para o desenvolvimento dessa dissertação era realizar um estudo sobre os padrões e geração de viagens em escolas públicas. Assim como a maioria das pessoas, foi preciso adequar o tema de pesquisa à nova realidade, pois as escolas já não estavam funcionando de forma presencial e a mobilidade foi totalmente retirada do dia a dia dos estudantes. De imediato se percebeu o impacto que a pandemia estava tendo na vida das pessoas, com as aulas *online*, o *home-office* e o isolamento social. Sabendo que a mobilidade urbana é um complexo sistema que responde à externalidades de diferentes formas devido às características do ambiente, optou-se por conduzir um estudo sobre os impactos da pandemia por Covid-19 na mobilidade urbana de cidades mineiras utilizando análise estatística espacial. Um tema relevante dentro do contexto atual vivenciado.

Visando contemplar o primeiro objetivo específico da pesquisa (avaliar as consequências das medidas de isolamento social nos deslocamentos para as atividades diárias da população, verificando as características socioeconômicas das cidades estudadas), a análise por meio dos gráficos permitiu identificar que a pandemia causada pelo Covid-19 impactou de forma expressiva na mobilidade urbana, reduzindo o fluxo de veículos, de utilização do transporte público por ônibus, como também os níveis de acidentes e assaltos em vias públicas. Uma vez que foi identificado nas duas cidades uma redução expressiva na porcentagem de utilização do transporte público coletivo em relação aos outros modos de transporte durante a pandemia por Covid-19, é necessário que exista o incentivo às medidas de segurança sanitária e higiene aplicadas a esse modo de transporte para que as pessoas voltem a se sentir seguras.

Ainda na etapa de análise descritiva e espacial dos dados foi identificada por meio dos mapas de densidade de Kernel uma redução considerável dos deslocamentos, sendo que durante a pandemia a concentração se manteve nas áreas que possuem os serviços essenciais. Para as duas cidades espera-se que após a pandemia mais pessoas passem a realizar presencialmente atividades religiosas, atividades físicas e de lazer, consultas com profissionais de saúde e consumo em restaurantes. Logo, é necessário que os responsáveis por esses segmentos estejam preparados para um possível aumento da demanda presencial. Já para todas as atividades de compra e atividade bancária o comportamento esperado para após a pandemia por Covid-19 é que parte das pessoas continuem realizando essas atividades de casa, ou seja, demandando mais efetividade do sistema de entrega dos supermercados, lojas e farmácias do que era requerido

antes da pandemia, como também plataformas mais efetivas para realização de atividades bancárias de maneira remota.

Ainda no primeiro objetivo do trabalho foi realizada a análise estatística pelo teste Qui-quadrado de Pearson e identificado que o local de realização da atividade principal nas cidades de Itajubá e São João del Rei durante a pandemia não ocorreu da mesma forma para grupos de diferentes características socioeconômicas, sinalizando aqueles grupos que merecem maior atenção. Este conhecimento de como a pandemia por Covid-19 afetou diferentes grupos na realização de sua atividade principal é fundamental para que sejam elaboradas estratégias para após esse período de crise, como forma de orientar as ações aos grupos que mais foram afetados.

Buscando atender ao segundo objetivo da pesquisa (avaliar se existe correlação entre as características socioeconômicas, do uso do solo e do padrão de deslocamento com o número de casos de Covid-19), foi aplicada a ferramenta OLS e identificado quais as variáveis e combinação de variáveis que possuem poder explicativo em relação ao número de casos de Covid-19 na cidade de São João del Rei. Nesta etapa foi possível identificar que a variável relacionada à produção de viagens utilizando o transporte público por ônibus é a que possui maior correlação com o número de casos de Covid-19, seguida pelas variáveis número médio de pessoas por residência e realização presencial de consultas com profissionais de saúde durante a pandemia.

Em seguida, contemplando o terceiro objetivo específico dessa pesquisa (construir modelos explicativos para o número de casos de Covid-19 por bairro, considerando a dependência espacial deste fenômeno com variáveis socioeconômicas, de uso do solo e características de deslocamento), foi aplicado o GWR e feita a comparação com os resultados obtidos pelo OLS. Desta forma, observou-se que tanto a significância dos modelos gerados quanto os valores dos coeficientes variam ao longo da região de estudo. Na maioria dos casos, o GWR melhorou a qualidade geral de ajuste dos modelos, permitindo tanto a conclusão de existência de correlação entre as variáveis estudadas e o número de casos de Covid-19 em São João del Rei, quanto de que o componente espacial proporciona um melhor entendimento do modelo quando ele é levado em consideração.

Quanto às limitações do trabalho, tem-se que a amostra aplicada de forma online e não aleatória pode ter apresentado dados tendenciosos, apesar de ter englobado todo o perímetro urbano das duas cidades. Ainda como limitação, os métodos OLS e GWR são mais comumente utilizados em problemas com variável dependente contínua. Logo, para trabalhos futuros



sugere-se a aplicação do OLS e GWR com distribuição de Poisson, ou o modelo GLM inflado de zeros para o problema estudado, como forma de buscar um melhor ajuste ao modelo.

Os resultados obtidos pelo estudo desenvolvido servem como subsídio à implantação de medidas voltadas à prevenção do contágio do Covid-19 no momento atual, como também no auxílio à proposição de políticas de contenção da doença no futuro, uma vez que foram identificadas variáveis do padrão de viagens, uso do solo e socioeconômicas que possuem correlação com o número acumulado de casos de Covid-19 em uma cidade brasileira de médio porte. Como contribuição científica, tem-se que as etapas desenvolvidas para obtenção dos modelos explicativos para o número acumulado de casos de Covid-19 para a cidade de São João del Rei podem ser replicadas em outras cidades como ferramenta de auxílio à tomada de decisão quanto a alocação de recursos públicos voltados ao combate do contágio ao Covid-19.

## 8 APÊNDICE

### Apêndice A – Questionário Estruturado aplicado para a coleta de dados

#### **Impacto do COVID-19 nos deslocamentos e atividades diárias**

Nós da Universidade Federal de Itajubá, do grupo de pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade, desenvolvemos este questionário com o objetivo de analisar o impacto da pandemia do COVID-19 nos deslocamentos e atividades diárias dos moradores de São João del Rei, MG.

Sua participação consiste em responder ao questionário, sendo que ela é de extrema importância para nós e totalmente voluntária.

Os conhecimentos gerados por esse estudo serão constituídos de dados estatísticos, e a divulgação dos resultados obtidos seguirá as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando a sua privacidade.

O tempo aproximado de resposta é de 10 a 15 minutos.

1. Compreendendo que este questionário possui finalidade de pesquisa, escolha uma das respostas:
  - a. Concordo em participar da pesquisa
  - b. Não desejo participar da pesquisa

#### **Residência durante a pandemia**

2. Você continua residindo em Itajubá / São João del Rei-MG durante a pandemia?
  - a. Sim
  - b. Não

#### **Caracterização do entrevistado**

3. Qual o seu endereço, bairro ou ponto de referência mais próximo?
4. Qual a sua idade?
5. Com qual gênero você se identifica?
  - a. Feminino
  - b. Masculino
6. Qual é a sua faixa de renda familiar?
  - a. Até 1 salário mínimo
  - b. Entre 1 e 2 salários mínimos

- c. Entre 2 e 5 salários mínimos
  - d. Entre 5 e 8 salários mínimos
  - e. Mais de 8 salários mínimos
7. Qual o nível de escolaridade mais alto que você concluiu?
- a. Não fui à escola
  - b. Ensino básico (Completei até o 5º ano)
  - c. Ensino fundamental (Completei até o 9º ano)
  - d. Ensino médio
  - e. Ensino superior
  - f. Mestrado ou doutorado
8. Quantas pessoas moram em sua residência?
9. Quantas crianças menores de 5 anos moram com você?
- a. Nenhuma
  - b. 1
  - c. 2
  - d. 3
  - e. Mais de 4
10. Quantas pessoas idosas (acima de 60 anos) moram com você?
- a. Nenhuma
  - b. 1
  - c. 2
  - d. 3
  - e. Mais de 4
11. Houve algum caso de Covid-19 entre as pessoas que moram com você?
- a. Sim
  - b. Não
12. Quantos destes modos de transporte tem na sua residência?

	Nenhum	1	2	3 ou mais
Automóvel				
Moto				
Bicicleta				

**Informações sobre sua atividade principal: Pré-pandemia**

13. Qual a sua atividade principal?

- a. Trabalho
- b. Estudo
- c. Atividades domésticas
- d. Cuidados de familiares ou pessoas idosas
- e. Aposentado
- f. Outra atividade

14. Se sua atividade principal é trabalhar, em qual setor atua?

- a. Não se aplica (minha atividade principal não é trabalhar)
- b. Saúde
- c. Comércio
- d. Indústria
- e. Autônomo
- f. Serviço doméstico
- g. Educação
- h. Servidos público
- i. Contrição Civil
- j. Outro

15. Onde realizava normalmente sua atividade principal antes da pandemia?

- a. Em casa
- b. Fora de casa

**Atividade principal pré-pandemia realizada fora de casa**

16. Qual o endereço, bairro ou ponto de referência mais próximo de sua atividade principal?

17. Qual modo de transporte você utiliza normalmente para chegar até o local sua atividade principal?

- a. Moto
- b. Carro
- c. Bicicleta
- d. Táxi
- e. Ônibus
- f. A pé
- g. Aplicativo de transporte coletivo (Uber, GoCar, entre outros)

18. Quanto tempo você gastava para chegar até sua atividade principal antes da pandemia?

- a. Menos de 5 min
- b. Entre 5 e 10 min
- c. Entre 10 e 15 min
- d. Entre 15 e 30 min
- e. Entre 30 e 45 min
- f. Acima de 45 min

**Informações sobre sua atividade principal durante a pandemia**

19. Atualmente (durante a pandemia) onde realiza sua atividade principal?

- a. Em casa
- b. Fora de casa
- c. Atualmente não realizo minha atividade principal

**Atividade principal durante a pandemia realizada fora de casa**

20. Qual modo de transporte você utiliza durante a pandemia para chegar até o local sua atividade principal?

- a. Moto
- b. Carro
- c. Bicicleta
- d. Táxi
- e. Ônibus
- f. A pé
- g. Aplicativo de transporte coletivo (Uber, GoCar, entre outros)

21. Quanto tempo você gasta para chegar até sua atividade principal durante a pandemia?

- a. Menos de 5 min
- b. Entre 5 e 10 min
- c. Entre 10 e 15 min
- d. Entre 15 e 30 min
- e. Entre 30 e 45 min
- f. Acima de 45 min

**Informações sobre atividades secundárias pré-pandemia**

22. Com que frequência você realizava as seguintes atividades antes da pandemia?

	Não realizava	Menos de uma vez ao mês	De 1 a 3 vezes ao mês	De 1 a 2 vezes por semana	De 3 a 5 vezes por semana	Todos os dias
Compra em supermercado						
Compra de roupas/sapatos						
Compra em farmácias						
Atividades religiosas						
Atividade física						
Lazer						
Consulta médica / dentista						
Atividade bancária						
Restaurante						

23. Como realizava essas atividades antes da pandemia?

	Ir até o local	Em casa / encomenda	Não realizava essa atividade
Compra em supermercado			
Compra de roupas/sapatos			
Compra em farmácias			
Atividades religiosas			
Atividade física			
Lazer			
Consulta médica / dentista			
Atividade bancária			
Restaurante			

24. Qual o modo de transporte você utilizava para realizar essas atividades antes da pandemia?

	Não se aplica	Carro	Moto	Bicicleta	Ônibus	Táxi	A pé	Aplicativo de transporte coletivo
Compra em supermercado								
Compra de roupas/sapatos								
Compra em farmácias								
Atividades religiosas								
Atividade física								
Lazer								
Consulta médica / dentista								
Atividade bancária								
Restaurante								

25. Quanto tempo você gastava para chegar até essas atividades antes da pandemia?

	Não se aplica	Menos de 5 min	Entre 5 e 10 min	Entre 10 e 15 min	Entre 15 e 30 min	Entre 30 e 45 min	Mais de 45 min
Compra em supermercado							
Compra de roupas/sapatos							
Compra em farmácias							
Atividades religiosas							
Atividade física							
Lazer							
Consulta médica / dentista							

Atividade bancária							
Restaurante							

26. Qual o endereço, bairro ou ponto de referência mais próximo do supermercado que você comprava com mais frequência antes da pandemia?

**Informações sobre atividades secundárias durante pandemia**

27. Com que frequência você realiza as seguintes atividades durante a pandemia?

	Não estou realizando	Menos de uma vez ao mês	De 1 a 3 vezes ao mês	De 1 a 2 vezes por semana	De 3 a 5 vezes por semana	Todos os dias
Compra em supermercado						
Compra de roupas/sapatos						
Compra em farmácias						
Atividades religiosas						
Atividade física						
Lazer						
Consulta médica / dentista						
Atividade bancária						
Restaurante						

28. Como realiza essas atividades durante a pandemia?

	Ir até o local	Em casa / encomenda	Não estou realizando essa atividade
Compra em supermercado			
Compra de roupas/sapatos			
Compra em farmácias			
Atividades religiosas			
Atividade física			



Lazer			
Consulta médica / dentista			
Atividade bancária			
Restaurante			

29. Qual o modo de transporte você utiliza para realizar essas atividades durante a pandemia?

	Não se aplica	Carro	Moto	Bicicleta	Ônibus	Táxi	A pé	Aplicativo de transporte coletivo
Compra em supermercado								
Compra de roupas/sapatos								
Compra em farmácias								
Atividades religiosas								
Atividade física								
Lazer								
Consulta médica / dentista								
Atividade bancária								
Restaurante								

30. Quanto tempo você gasta para chegar até essas atividades durante a pandemia?

	Não se aplica	Menos de 5 min	Entre 5 e 10 min	Entre 10 e 15 min	Entre 15 e 30 min	Entre 30 e 45 min	Mais de 45 min
Compra em supermercado							
Compra de roupas/sapatos							
Compra em farmácias							
Atividades religiosas							

Atividade física							
Lazer							
Consulta médica / dentista							
Atividade bancária							
Restaurante							

31. Você continua comprando no mesmo supermercado durante a pandemia?

- a. Sim
- b. Não

**Compra em supermercado durante a pandemia**

32. Qual o endereço, bairro ou ponto de referência mais próximo do supermercado que você tem comprado com mais frequência durante a pandemia?

33. Por qual ou quais dos motivos abaixo você optou por mudar de supermercado?

- a. Atendimento online
- b. Entrega grátis
- c. Espaço físico
- d. Medidas de segurança
- e. Pouca aglomeração
- f. Proximidade

**Atividades pós pandemia**

34. Qual ou quais das seguintes atividades você pretende dedicar mais tempo após a pandemia?

- a. Compra em supermercados
- b. Compra de roupas e sapatos
- c. Compra em farmácias
- d. Atividades religiosas
- e. Lazer
- f. Consulta médica / dentista
- g. Atividade bancária
- h. Restaurante

35. Como pretende realizar essa atividade após a pandemia?

	Ir até o local	Em casa / encomenda	Não pretendo realizar essa atividade
Compra em supermercado			
Compra de roupas/sapatos			
Compra em farmácias			
Atividades religiosas			
Atividade física			
Lazer			
Consulta médica / dentista			
Atividade bancária			
Restaurante			

## REFERÊNCIAS

- ALOI, A et al. Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3870, 2020.
- ANTUNES, E. M.; SIMÕES, F. A. (2013). Engenharia urbana aplicada: um estudo sobre a qualidade do transporte público em cidades médias. *Urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 5(2), 51-62.
- ARANA, P.; CABEZUDO, S.; PEÑALBA, M. Influence of weather conditions on transit ridership: A statistical study using data from Smartcards. **Transportation research part A: policy and practice**, v. 59, p. 1-12, 2014.
- AZOLIN, L. G.; DA SILVA, A. N. R.; PINTO, N. (2020). Incorporating public transport in a methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 85, 102386.
- BADR, Hamada S. et al. Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: a mathematical modelling study. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 20, n. 11, p. 1247-1254, 2020.
- BARCELOS, M et al. (2017). Inferindo a importância dos atributos do transporte coletivo a partir da satisfação dos usuários. **Transportes**, v. 25, n. 3, p. 36-48.
- BARTIK, Alexander W. et al. **How are small businesses adjusting to covid-19? early evidence from a survey**. National Bureau of Economic Research, 2020.
- BELAND, Louis-Philippe; FAKOREDE, Oluwatobi; MIKOLA, Derek. Short-Term Effect of COVID-19 on Self-Employed Workers in Canada. **Canadian Public Policy**, v. 46, n. S1, p. S66-S81, 2020.
- BERA, A. K.; JARQUE, C. M. (1981). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. **Economics Letters**, 7(4), 313–318.

BERRY, Leonard L. et al. Service safety in the pandemic age. **Jornal of Service Research**. 2020.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**.

BOURAHLI, Abdelkader. Escolha do modo de transporte público de passageiros interestadual: uma aplicação do modelo multicritério de apoio à decisão construtivista. **NEGÓCIOS EM PROJEÇÃO**, v. 9, n. 1, p. 52-63, 2018.

BOARETO, Renato. A mobilidade urbana sustentável. **Revista dos transportes públicos**, v. 25, n. 100, p. 45-56, 2003.

BRAGA, J. U et al. Propensity for COVID-19 severe epidemic among the populations of the neighborhoods of Fortaleza, Brazil, in 2020. **BMC Public Health**. 2020.

BROOKS, S. K.; WEBSTER, R. K.; SMITH, L. E.; WOODLAND, L.; WESSELY, S.; GREENBERG, N.; E RUBIN, G. J. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. **The Lancet**, 395(10227), 912-920.

BRUNSDON, Chris; FOTHERINGHAM, Stewart; CHARLTON, Martin. Geographically weighted regression. **Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)**, v. 47, n. 3, p. 431-443, 1998.

CÂMARA, Gilberto et al. Análise espacial de áreas. **Análise espacial de dados geográficos**, v. 2, 2004.

CARLITZ, Ruth D.; MAKHURA, Moraka N. Life under lockdown: Illustrating tradeoffs in South Africa's response to COVID-19. **World development**, v. 137, p. 105168, 2020.

CARTENÌ, Armando; DI FRANCESCO, Luigi; MARTINO, Maria. How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study. **Science of the Total Environment**, v. 741, p. 140489, 2020.

CHANG, Serina et al. Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. **Nature**, p. 1-6, 2020.

CHEN, S.; YANG, J.; YANG, W.; WANG, C.; & BÄRNIGHAUSEN, T. (2020). COVID-19 control in China during mass population movements at New Year. **The Lancet**, 395(10226), 764-766.

CHENG, Edith MY; ATKINSON, Peter M.; SHAHANI, Arjan K. Elucidating the spatially varying relation between cervical cancer and socio-economic conditions in England. **International journal of health geographics**, v. 10, n. 1, p. 51, 2011.

CHIOU, Yu-Chiun; JOU, Rong-Chang; YANG, Cheng-Han. Factors affecting public transportation usage rate: Geographically weighted regression. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 78, p. 161-177, 2015.

COMBER, A et al. The GWR route map: a guide to the informed application of Geographically Weighted Regression. **arXiv preprint arXiv:2004.06070**, 2020.

CUADROS, Diego F. et al. Spatiotemporal transmission dynamics of the COVID-19 pandemic and its impact on critical healthcare capacity. **Health & Place**, v. 64, p. 102404, 2020.

CUI, Z et al.; (2020). Traffic Performance Score for Measuring the Impact of COVID-19 on Urban Mobility. **arXiv preprint arXiv:2007.00648**.

CURTIS, K.; YOUNGQUIST, S. T. (2013). Part 21: categoric analysis: Pearson chi-square test. **Air medical journal**, 32(4), 179-180.

DAS, S., LI, J. J., ALLSTON, A., & KHARFEN, M. (2019). Planning area-specific prevention and intervention programs for HIV using spatial regression analysis. **Public health**, 169, 41-49.

DE VOS, J. (2020). The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 100121.

ENRIGHT, T. (2019). Transit justice as spatial justice: learning from activists. **Mobilities**, 14(5), 665-680.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010.

FARIA, H. M.; LIMA, C. DE A. Andar a pé: Mobilidade urbana e sustentabilidade nas regiões metropolitanas brasileiras. **Revista do Laboratório de Estudos Urbanos do Núcleo de Desenvolvimento da Criatividade Unicamp – Labeurb / Nudecri**, v. 55, n. 41, 2016.

FATMI, M. R. (2020). COVID–19 Impact on Urban Mobility. **Journal of Urban Management**.

FARAH, C.; HOSGOOD III, H. D.; HOCK, J. M. (2014). Spatial prevalence and associations among respiratory diseases in Maine. **Spatial and spatio-temporal epidemiology**, 11, 11-22.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R., HOCHSCHILD, V.; DA SILVA, W. R.; DE SEQUEIRA SANTOS, M. P. (2017). Resiliência da mobilidade urbana: uma proposta conceitual e de sistematização. **Transportes**, 25(4), 147-160.

FORD, M. M.; HIGHFIELD, L. D. (2016). Exploring the spatial association between social deprivation and cardiovascular disease mortality at the neighborhood level. **PloS one**, 11(1), e0146085.

GALEAZZI, A.; CINELLI, M.; BONACCORSI, G.; PIERRI, F.; SCHMIDT, A.L.; SCALA, A.; PAMMOLLI, F.; QUATTROCIOCCHI, W. Human Mobility in Response to COVID-19 in France, Italy and UK. **Preprint**. 2020

GALVÃO, P et al. Mortalidade devido a acidentes de bicicletas em Pernambuco, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, p. 1255-1262, 2013.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; PLUYE, Pierre; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. InCID: **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 8, n. 2, p. 4-24, 2017.

GEBREAB, S. Y.; ROUX, A. V. D. (2012). Exploring racial disparities in CHD mortality between blacks and whites across the United States: a geographically weighted regression approach. **Health & place**, 18(5), 1006-1014.

GERELL, M., KARDELL, J., & KINDGREN, J. (2020). Minor covid-19 association with crime in Sweden. **Crime Science**, 9(1), 1-9.

GRASSO, Susan Hull et al. Bike Share Equity for Underrepresented Groups: Analyzing Barriers to System Usage in Baltimore, Maryland. **Sustainability**, v. 12, n. 18, p. 1-17, 2020.

GREENWOOD, Priscilla E.; NIKULIN, Michael S. A guide to chi-squared testing. John Wiley & Sons, 1996.

GUERRA, A. J. B. S. O.; PEREIRA RIBEIRO, J. M.; FERNANDEZ, F.; et al. The adoption of strategies for sustainable cities: A comparative study between Newcastle and Florianopolis focused on urban mobility. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, p. 681–694, 2016.

HADJIDEMETRIOU, Georgios M. et al. The impact of government measures and human mobility trend on COVID-19 related deaths in the UK. **Transportation research interdisciplinary perspectives**, v. 6, p. 100167, 2020.

HAN, Yan et al. Research on passenger's travel mode choice behavior waiting at bus station based on sem-logit integration model. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 1996, 2018.

HIETANEN, Sampo. Mobility as a Service. **the new transport model**, v. 12, n. 2, p. 2-4, 2014.

HUILEI, L et al. Urbanization impact on landscape patterns in Beijing City, China: A spatial heterogeneity perspective. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 50-60, 2017.

ITAJUBÁ. **Decreto n° 7.860/2020**. Suspende temporariamente os efeitos dos Decretos n°7.844/2020, 7.845/2020, 7.848/2020 e 7.850/2020. Itajubá, 14 de maio de 2020.

ITAJUBÁ. **Decreto n° 7.781/2020**. Dispõe sobre medidas emergenciais de restrição e acessibilidade a determinados serviços e bens públicos e provados cotidianos, enquanto durar o estado de EMERGÊNCIA EM SAÚDE PÚBLICA no âmbito Município de Itajubá, nos termos do Decreto n° 7.763, de 13 de março de 2020. Itajubá, 23 de março de 2020.

ITAJUBÁ. **Decreto n° 7.924/2020**. Autoriza sob condições, o funcionamento de atividades em igrejas, templos e locais de quaisquer cultos e liturgias, altera o Decreto n° 7.801/2020 e dá outras providências. Itajubá, 19 de junho de 2020.



ITAJUBÁ. **Decreto n° 7.996/2020**. Dispõe sobre o funcionamento do Plano Minas Consciente no Município de Itajubá. Itajubá, 07 de agosto de 2020.

JENKS, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. **International yearbook of cartography**, 7, 186-190.

JING, Qin-Long Et al. Household secondary attack rate of COVID-19 and associated determinants in Guangzhou, China: a retrospective cohort study. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 20, n. 10, p. 1141-1150, 2020.

KAUARK, F. D. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. (2010). Metodologia da pesquisa: um guia prático.

KAUR, Satinder et al. Understanding COVID-19 transmission, health impacts and mitigation: timely social distancing is the key. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-17, 2020.

LEE, Minha et al. Human Mobility Trends during the COVID-19 Pandemic in the United States. **arXiv preprint arXiv:2005.01215**, 2020.

LESSA, Daniela Antunes; LOBO, Carlos; CARDOSO, Leandro. Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais–Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 77, p. 1-10, 2019.

LI, Q.; BESSELL, L.; XIAO, X., FAN, C.; GAO, X.; MOSTAFAVI, A. (2020). Disparate patterns of movements and visits to points of interests located in urban hotspots across us metropolitan cities during covid-19. **arXiv preprint arXiv:2006.14157**.

LI, Z et al. Fast Geographically Weighted Regression (FastGWR): a scalable algorithm to investigate spatial process heterogeneity in millions of observations. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 33, n. 1, p. 155-175, 2019.

LIEBERMAN-CRIBBIN, Wil et al. Disparities in COVID-19 testing and positivity in New York City. **American journal of preventive medicine**, v. 59, n. 3, p. 326-332, 2020.

LIMA, Josiane Palma; MACHADO, Mariza Helena. Walking accessibility for individuals with reduced mobility: a Brazilian case study. **Case studies on transport policy**, v. 7, n. 2, p. 269-279, 2019.

LITMAN, T. Well Measured Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning/T. Litman. **Victoria Transport Policy Institute. Victoria**, 2019.

LIU, Fenglin et al. Predicting and analyzing the COVID-19 epidemic in China: Based on SEIRD, LSTM and GWR models. **Plos one**, v. 15, n. 8, p. e0238280, 2020.

LUO, Y.; YAN, J.; MCCLURE, S. (2020). Distribution of the environmental and socioeconomic risk factors on COVID-19 death rate across continental USA: a spatial nonlinear analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, 1-13.

LYONS, Glenn. Getting smart about urban mobility—aligning the paradigms of smart and sustainable. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 115, p. 4-14, 2018

MA, Lie et al. Inequality, Bi-Polarization and Mobility of Urban Infrastructure Investment in China's Urban System. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1600, 2017.

MAGAGNIN, R; DA SILVA, A. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. **Transportes**, v. 16, n. 1, 2008.

MAGGI, E.; VALLINO, E. (2016). Understanding urban mobility and the impact of public policies: The role of the agent-based models. **Research in Transportation Economics**, 55, 50-59

MARTINS, M. C.; DA SILVA, A. N. R.; PINTO, N. (2019). An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 77, 352-363.

MASCARENHAS, M et al. Características de motociclistas envolvidos em acidentes de transporte atendidos em serviços públicos de urgência e emergência. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 21, p. 3661-3671, 2016.

MIGUEL, P. C. A. et al. Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2010. 226 p.

MILLER, J. Species distribution models: Spatial autocorrelation and non-stationarity. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 5, p. 681-692, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2020). Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19). Recuperado de <https://covid.saude.gov.br/>

MOL, Marcos Paulo Gomes et al. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 44, p. e22, 2020.

MORRIS, B. T.; TRIVEDI, M. (2009) Learning trajectory patterns by clustering: Experimental studies and comparative evaluation. **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, pp. 312-319.

NAVARRO, Joel Hirtz do Nascimento et al. The perception of the young and long-lived elderly ‘Gauchos’ (from the State of Rio Grande do Sul, Brazil) about the public spaces they live in  
Resumo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 2, p. 461-470, 2015

NIKULIN, M. S. Chi-squared test for normality. In: **Proceedings of the International Vilnius Conference on Probability Theory and Mathematical Statistics**. 1973. p. 119-122.

OKRASZEWSKA, Romanika et al. Integration of a multilevel transport system model into sustainable urban mobility planning. **Sustainability**, v. 10, n. 2, p. 479, 2018.

OLAWOLE, M. O. (2015). Analysis of intra-urban mobility of the elderly in a medium-size city in Southwestern Nigeria. Mediterranean. **Journal of Social Sciences**, 6(3 S2), 90-90

ORRO, A et al. Impact on City Bus Transit Services of the COVID–19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain). **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 7206, 2020.

ÖZBİL TORUN, A. et al. Understanding the role of urban form in explaining transportation and recreational walking among children in a logistic GWR model: A spatial analysis in Istanbul, Turkey. **Journal of Transport Geography**, v. 82, n. November 2019, 2020.

PARADY, G.; TANIGUCHI, A.; TAKAMI, K. (2020). Travel behavior changes during the COVID-19 pandemic in Japan: Analyzing the effects of risk perception and social influence on going-out self-restriction. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 7, 100181.

PAWAR, D. S.; YADAV, A. K.; AKOLEKAR, N.; VELAGA, N. R. (2020). Impact of Physical Distancing due to Novel Coronavirus (SARS-CoV-2) on Daily Travel for Work during Transition to Lockdown. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 100203.

PEPE, E.; BAJARDI, P.; GAUVIN, L.; PRIVITERA, F.; LAKE, B.; CATTUTO, C.; TIZZONI, M. COVID-19 outbreak response: A first assessment of mobility changes in Italy following national lockdown. **medRxiv** 2020

REN, Hongyan et al. Exploring determinants of spatial variations in the dengue fever epidemic using geographically weighted regression model: a case study in the joint Guangzhou-Foshan area, China, 2014. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 12, p. 1518, 2017.

ROY, K. C.; CEBRIAN, M.; HASAN, S. (2019). Quantifying human mobility resilience to extreme events using geo-located social media data. **EPJ Data Science**, 8(1), 18.

SAHA, J.; BARMAN, B. B.; CHOUHAN, P. (2020). Lockdown for COVID-19 and its impact on pupil mobility in India: an analysis of the COVID-19 Community Mobility Reports, 2020. **Children and Youth Services Review**, 105160.

SALADIÉ, O.; BUSTAMANTE, E.; GUTIÉRREZ, A. (2020). COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 8, 100218.

SALMERÓN, R.; GARCÍA, C.; GARCÍA, J. (2020). Overcoming the inconsistencies of the variance inflation factor: a redefined VIF and a test to detect statistical troubling multicollinearity. **arXiv preprint arXiv:2005.02245**.

SANNIGRAHI, S.; PILLA, F.; BASU, B.; BASU, A. S. (2020). The overall mortality caused by covid-19 in the european region is highly associated with demographic composition: A spatial regression-based approach. **arXiv preprint** arXiv:2005.04029.

SANTOS, M. D. et al. Falta de acessibilidade no transporte público e inadequação de calçadas: efeitos na participação social de pessoas idosas com limitações funcionais. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 20, n. 2, p. 161-174, 2017.

SÃO JOÃO DEL REI. **Decreto nº 8.601/2020**. Dispõe sobre medidas de prevenção ao contágio e contingenciamento, no âmbito do Poder Executivo, da epidemia infecciosa viral respiratória causada pelo agente coronavírus (Covid-19). São João del Rei, 19 de março de 2020.

SÃO JOÃO DEL REI. **Decreto nº 8.604/2020**. Declara situação de emergência no município de São João del Rei em razão da epidemia de doença infecciosa viral respiratória causada pelo agente Coronavírus (Covid-19). São João del Rei, 21 de março de 2020.

SÃO JOÃO DEL REI. **Decreto nº 8.694/2020**. Dispõe sobre a adesão do Município de São João del Rei ao Plano Minas consciente e dá outras providências. São João del Rei, 25 de maio de 2020.

SERGE et al (2020) Are we equal in adversity? Does Covid-19 affect women and men differently? **Maturitas**. 138:62–68. <https://doi-org.ez38.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.maturitas.2020.05.009>

SHAMSHIRIPOUR, A.; RAHIMI, E.; SHABANPOUR, R.; MOHAMMADIAN, A. K. (2020). How is COVID-19 reshaping activity-travel behavior? Evidence from a comprehensive survey in Chicago. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 100216.

SHI, F.; ZHU, L. Analysis of trip generation rates in residential commuting based on mobile phone signaling data. **Journal of Transport and Land Use**, v. 12, n. 1, p. 201–202, 2019.

SHINOHARA, E. J.; MACHADO, C. A.; GIANNOTTI, M. A.; QUINTANILHA, J. A. (2015). Caracterização de padrões do comportamento espacial de veículos (monitorados) em movimento-PCEVM. **Journal of Transport Literature**, 9(3), 15-19.

- SOLTANI, A.; POJANI, D.; ASKARI, S.; MASOUMI, H. E. (2018). Socio-demographic and built environment determinants of car use among older adults in Iran. **Journal of transport geography**, 68, 109-117.
- SONG, G et al. Blockwise AICc for model selection in generalized linear models. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 22, n. 6, p. 523-533, 2017.
- URBAN, R. C.; NAKADA, L. Y. K. GIS-based spatial modelling of COVID-19 death incidence in São Paulo, Brazil. **Environment and Urbanization**.
- VASCONCELLOS, E. A. (2001) Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas. **Annablume**.
- WALAWENDER, Ewelina; WALAWENDER, Jakub P.; USTRNUL, Zbigniew. Geospatial predictive modelling for climate mapping of selected severe weather phenomena over Poland: a methodological approach. **Pure and Applied Geophysics**, v. 174, n. 2, p. 643-659, 2017.
- WANG, C.; PAN, R.; WAN, X.; TAN, Y.; XU, L.; HO, C. S.; HO, R. C. (2020). Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in china. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17(5), 1729.
- WANG, Q.; TAYLOR, J. E. (2016). Patterns and limitations of urban human mobility resilience under the influence of multiple types of natural disaster. **PLoS one**, 11(1), e0147299.
- WEI, H. et al. Integrating Land Use and Socioeconomic Factors into Scenario-Based Travel Demand and Carbon Emission Impact Study. **Urban Rail Transit**, v. 3, n. 1, p. 3–14, 2017.
- WEI, W.; YUAN-YUAN, J.; CI, Y., AHAN, A.; MING-QIN, C. (2016). Local spatial variations analysis of smear-positive tuberculosis in Xinjiang using geographically weighted regression model. **BMC Public Health**, 16(1), 1-9.
- WHEELER, David C.; PÁEZ, Antonio. Geographically weighted regression. In: **Handbook of applied spatial analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 461-486.

XIAO, C. (2020). A novel approach of consultation on 2019 novel coronavirus (COVID-19)-related psychological and mental problems: structured letter therapy. **Psychiatry Investigation**, 17(2), 175.

XIONG, Chenfeng et al. Mobile device data reveal the dynamics in a positive relationship between human mobility and COVID-19 infections. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 44, p. 27087-27089, 2020.

XU, Y., SHAW, S. L., ZHAO, Z., YIN, L., FANG, Z., & LI, Q. (2015). Understanding aggregate human mobility patterns using passive mobile phone location data: a home-based approach. **Transportation**, 42(4), 625-646.

XU et al (2020) Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. **Sci Total Environ** 731:139211

YANG, H.; LU, X.; CHERRY, C.; LIU, X.; LI, Y. (2017). Spatial variations in active mode trip volume at intersections: a local analysis utilizing geographically weighted regression. **Journal of transport geography**, 64, 184-194.

YANG, D.; XU, C.; WANG, J.; ZHAO, Y. (2017). Spatiotemporal epidemic characteristics and risk factor analysis of malaria in Yunnan Province, China. **BMC Public Health**, 17(1), 66.

ZHANG, Y.; ZHANG, A.; WANG, J. (2020). Exploring the roles of high-speed train, air and coach services in the spread of COVID-19 in China. **Transport Policy**.

ZHAO, Pengcheng; ZHANG, Nan; LI, Yuguo. A Comparison of Infection Venues of COVID-19 Case Clusters in Northeast China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 3955, 2020.

ZHENG, R.; XU, Y.; WANG, W.; NING, G.; BI, Y. (2020). Spatial transmission of COVID-19 via public and private transportation in China. **Travel Medicine and Infectious Disease**.

