



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

LIGIA RABAY MANGUEIRA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EQUIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO PELA RELAÇÃO DA
OFERTA E DEMANDA**

Recife

2022

LIGIA RABAY MANGUEIRA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EQUIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO PELA RELAÇÃO DA
OFERTA E DEMANDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.

Coorientadora: Prof. Dra. Leise Kelli de Oliveira.

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

A663d Araújo, Ligia Rabay Manguiera.
Análise da equidade do transporte público pela relação da oferta e demanda /
Ligia Rabay Manguiera Araújo. – 2022.
79f., il., gráfs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.
Coorientadora: Prof. Dra. Leise Kelli de Oliveira.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Oferta de transporte público. 3. Demanda potencial.
4. Planejamento. 5. Equidade. I. Meira, Leonardo Herszon (Orientador). II.
Oliveira, Leise Kelli de (Coorientadora). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-311

LIGIA RABAY MANGUEIRA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EQUIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO PELA RELAÇÃO DA
OFERTA E DEMANDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Engenharia Civil. Área de concentração: Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Aprovada em: 15/07/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega (Examinador Externo)
Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Dra. Maria Leonor Alves Maia (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Enilson Medeiros dos Santos (Examinador Interno)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

À minha amada mãe, Leila Rabay, minha fonte de inspiração, minha fortaleza, a que não mediu esforços para me guiar sempre pelos melhores caminhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me capacitado para conseguir concluir mais uma etapa no âmbito profissional e a intercessão de Nossa Senhora em todos os momentos da minha vida.

Ao meu marido e primeiro amor, Carlinhos, por ser meu maior incentivador e por não medir esforços para me apoiar em todas as etapas da minha vida pessoal e profissional. À minha mãe Leila, por me ensinar que eu sou capaz de conquistar os meus sonhos. Ao meu pai Omar, meus irmãos (Bruno, Igor, Daniele, Adriano, Davi e Mateus), meus cunhados e meus sobrinhos por todo amor, apoio, acolhimento nos momentos difíceis e compreensão nas minhas ausências. Em especial, à Igor, Isabel e Iguinho por me receberem com muito carinho na sua casa em Recife sempre que precisei.

Ao meu orientador, Prof. Leonardo Meira, e minha coorientadora, Prof.^a Leise Oliveira, por compartilharem comigo seus conhecimentos, me dando suporte e atenção sempre que precisei e por não deixarem de ser um ombro amigo nos momentos de aflição.

Aos meus sogros, Ana Maria e Carlos (*in memoriam*), por me acolherem como uma filha e torcerem pela minha felicidade. Ao meu cunhado Aristóteles, minha concunhada Rafaela e minha sobrinha Maria Luísa pela força e pelo convívio divertido, principalmente nos almoços de domingo durante esse período do doutorado.

À toda minha família pelo amor, força, inspiração e ensinamentos. Em especial aos meus tios Yara e Zé de Borja, por me acolherem como uma filha em sua casa, compartilharem comigo a sua rotina e comemorarem minhas vitórias. Também, os meus tios, Luciana e Gareth, e meus primos, Lucas e William, por compartilharem todos os momentos comigo e pela compreensão da minha ausência nesta reta final do doutorado. Agradeço outra vez ao meu tio inglês, Gareth, pela ajuda com a tradução do resumo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) por todos os ensinamentos. Em especial ao Prof. Maurício Andrade, por todas as conversas muito enriquecedoras. Ao Prof. Enilson Santos, por compartilhar comigo a minha primeira experiência como docente, por me acolher em sua sala no período em que fui professora na UFRN e pelos diversos conselhos e risadas. Ao Prof. Oswaldo Lima Neto, por acreditar no meu potencial e me dar a oportunidade de trabalhar em um projeto de consultoria.

À minha amiga Isabel Magalhães, irmã da vida acadêmica, e sua família por serem uma inspiração de união e amor em minha vida e por me acolherem nas suas casas e nos seus corações quando precisei.

Aos meus amigos de infância e de graduação, em especial, Jéssica, Camila, Raquel, Diego, Mayara, Gabi, Roberta, Alice, Sérgio e Bia, por serem presentes mesmo à distância, por torcerem por mim e por aguentarem meus choros quando o cansaço bateu. Aos amigos de Carlinhos que se tornaram meus também, pelas noites de conversas, pizzas e jogos. Em especial, Diego, Hugo, Daniele, Massao e Yonatha pelos longos papos sobre a vida e o apoio e preocupação comigo sempre.

Ao meu amigo Diego Galdino, por estar ao meu lado nessa reta final de doutorado me dando apoio e compartilhando seus conhecimentos e tempo comigo a fim de enriquecer o procedimento dessa tese. Aos meus colegas da Pós-Graduação por compartilharem essa jornada, mesmo que a distância nessa pandemia, em especial, à Carine, Andersonn, Isabela e Luís Henrique.

À minha psicóloga, por ter me dado todo o apoio ao longo deste último ano de doutorado e me ajudado a amadurecer e me conhecer melhor.

Aos amigos que o trabalho na Semob/JP me presenteou, pelo convívio diário, risadas, força e stress compartilhados. Em especial, à Sheila Azevedo por estar sempre presente na minha vida acadêmica desde a graduação e me ensinar muito com sua experiência na área. Também, à Elhanie por me ajudar com seus conhecimentos de SIG sempre que eu precisei.

Aos demais integrantes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), em especial às secretárias da coordenação: Andrea, Cleide, Claudiana e Juliana, pela gentileza e disponibilidade em me auxiliar nas minhas dúvidas e em questões burocráticas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo financeiro por meio da bolsa de estudos concedida no período do doutorado.

À empresa Mobilibus pela disponibilização dos dados e à empresa operadora Senhora dos Campos pela autorização para utilização neste estudo.

RESUMO

Toda pessoa tem o direito equânime de acesso às oportunidades. Para isto, os municípios precisam ofertar serviços que garantam esse direito. Nesse contexto, o transporte público tem papel social importante por ser instrumento para atender às necessidades de deslocamento de todos. Porém, o planejamento dos transportes, em especial do sistema de transporte público urbano, não tem incluído a avaliação dessa questão social. Nesse sentido, o avanço da equidade no planejamento dos sistemas de transporte público é necessário para o desenvolvimento sustentável das cidades, principalmente em países emergentes. A proposta desta tese de doutorado é avaliar a equidade do transporte público pela relação da oferta e da demanda, fazendo uso de medidas de acesso ao sistema e frequência de atendimento. O intuito é diagnosticar espacialmente os níveis de atendimento desse modo e estimar a demanda potencial que está sendo excluída pela falta de acesso ao sistema. Os dados operacionais do sistema de transporte público e do Sistema de Bilhetagem Eletrônica foram combinados com dados socioeconômicos para análise espacial da oferta e proposição de melhorias no sistema. O acesso da população ao sistema foi avaliado pela estratificação da renda em quartis e pela divisão por gênero (feminino e masculino) no intuito de avaliar as diferenças de oferta do transporte público para as camadas sociais ou gêneros. A metodologia proposta foi aplicada à região atendida pelo sistema de transporte público do município de Jaraguá do Sul – SC. Os resultados apontam um potencial de inclusão do procedimento proposto no planejamento dos sistemas de transporte público, incorporando o caráter social pela busca da distribuição equitativa de acesso à toda população. Além disso, a demanda potencial foi estimada pela análise espacial da relação oferta e demanda, identificando as áreas que necessitam de melhoria no sistema para aumentar a demanda por transporte público.

Palavras-chave: oferta de transporte público; demanda potencial; planejamento; equidade.

ABSTRACT

Everybody has an equal right to access to opportunities. To this regard, municipal authorities need to offer services that guarantee this right. Within this context, public transport has an important social role as it is an instrument to satisfy the transport necessities of everyone. However, transport planning, and in particular, the urban public transport system, has not been including the evaluation of this social topic. In this way, the progression of fairness in the planning of public transport systems is necessary for the sustainable development of cities, and particularly in emerging countries. The proposal of this doctorate thesis is to evaluate the fairness of public transport by way of the relationship between demand and supply, making use of system access measures and the frequency of customer service. The idea is to spatially diagnose the levels of customer service of this mode of transport and estimate the potential demand that is being excluded due to the lack of access to this system. The operational data of the public transport system and the data from the Electronic Billing System were joined together with socio-economic data to undertake a spatial analysis of the supply and propose improvements to the system. The population's access to the system was evaluated through the stratification of income into quartiles and through division according to gender (male and female) in order to evaluate the differences in the public transport offering according to social classes or gender. The proposed methodology was applied to the region attended to by the public transport system of the Jaraguá do Sul municipality in the Brazilian State of Santa Catarina. The results point towards the potential to include the procedure proposed in the planning of public transport systems, to encompass the social nature of things through the search for the fair distribution of access for the whole population. In addition, the potential demand was estimated through the spatial analysis of the supply and demand, identifying the areas that need system improvements to increase demand for public transport

Keywords: public transport supply; unmet demand; planning; equity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura Analítica proposta por Vecchio <i>et al.</i> (2020)	29
Figura 2 – Localização do município de Jaraguá do Sul – SC e suas zonas urbana e rural	40
Figura 3 – Histograma da Renda por grid	41
Figura 4 – Região com setores censitários divididos pelos quartis da renda média domiciliar	42
Figura 5 – <i>Grids</i> dos dados populacionais.....	43
Figura 6 – Mapa das linhas em operação no período em estudo	45
Figura 7 – Variação da demanda para intervalos de 15min do dia 21/09/2021	46
Figura 8 – Fluxograma do procedimento proposto	47
Figura 9 – Área de serviço dos pontos de parada – <i>Buffer</i> de 400m	54
Figura 10 – Pontos de parada e área de serviço para o pico da manhã	55
Figura 11 – Pontos de parada e área de serviço para o entrepico da manhã	56
Figura 12 – Pontos de parada e área de serviço para o pico da tarde	57
Figura 13 – <i>Grids</i> estratificados pelos quartis que contém a renda domiciliar média.....	59
Figura 14 – Áreas sem acesso pela densidade da população potencial usuária	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de transporte usados na avaliação da equidade da acessibilidade e mobilidade.....	31
Tabela 2 – Indicadores usados na avaliação da equidade da acessibilidade e mobilidade.....	31
Tabela 3 – Caracterização da região em estudo	41
Tabela 4 – Linhas em operação no período do estudo	44
Tabela 5 – Padrão de qualidade dos intervalos de atendimento do transporte público	50
Tabela 6 – Dados da região por área de serviço e quartis da renda.....	60
Tabela 7 – Dados por tipo de atendimento da população geral.....	61
Tabela 8 – Dados por tipo de atendimento da população do 1º quartil	61
Tabela 9 – Dados por tipo de atendimento da população do 2º quartil	61
Tabela 10 – Dados por tipo de atendimento da população do 3º quartil	62
Tabela 11 – Dados por tipo de atendimento da população do 4º quartil	62
Tabela 12 – Embarques realizados no SBE por atendimento e por período e por área.....	63
Tabela 13 – Cálculo do fator de embarques pela população potencial usuária no pico da manhã.....	64
Tabela 14 – Análise dos possíveis embarques reprimidos pelo fator mínimo igual ao regular	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GTFS	General Transit Feed Specification
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
SBE	Sistema de Bilhetagem Eletrônica
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Geral.....	17
1.1.2	Específicos.....	17
1.2	LIMITAÇÃO DO ESTUDO	17
1.3	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	18
2	ESTUDO DA EQUIDADE DOS TRANSPORTES.....	19
2.1	CONCEITO DE EQUIDADE	19
2.2	A EQUIDADE DO ACESSO AS OPORTUNIDADES	21
2.3	A EQUIDADE DO ACESSO AO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	27
2.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO	30
3	A EQUIDADE NO PLANEJAMENTO DE SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	32
3.1	PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES PELA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE	32
3.2	PLANEJAMENTO DO SISTEMA TRANSPORTE PÚBLICO PELA EQUIDADE	34
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	44
5	METODOLOGIA.....	47
5.1	OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS	48
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO...	48
5.3	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	51
5.4	IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA POTENCIAL	52
6	RESULTADOS	53
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
8	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de transportes tradicionalmente é realizado como uma atividade desenvolvida para adequar a oferta de infraestrutura às necessidades da demanda, ou seja, a população usuária do sistema de transportes. O foco do planejamento tradicional de transportes é, especificamente, no provimento das necessidades futuras de deslocamentos das pessoas e cargas e assim avaliar as possíveis soluções para atender essa demanda (ITE, 2016). Porém, a análise constante dos modelos de oferta relacionado à demanda, mesmo de maneira complexa, acabam deixando de lado alguns aspectos importantes influenciados pelo transporte.

As diversas necessidades de deslocamento por parte da população é um fator importante não é avaliado nos modelos tradicionais de planejamento (ITE, 2016), principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. No entanto, questões ambientais e sociais começaram a ser mais bem consideradas no planejamento brasileiro de transportes a partir da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei Federal nº 12.587/2012, que tem o intuito de melhorar a acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território municipal, reduzindo assim, os impactos e aumentando a sustentabilidade dos transportes (BRASIL, 2012).

No entanto, a avaliação dos fatores sociais do transporte dificilmente é incluída nos processos de planejamento. Por exemplo, a localização das moradias das distintas camadas sociais e a oportunidade de alcançar os destinos desejados (LEVINE *et al.*, 2019) e a utilização do transporte atrelada à capacidade de pagamento (MAIA *et al.*, 2016) são questões sociais que estão relacionadas à equidade do transporte e deveriam estar sendo incluídas no planejamento. Esses fatores têm potencial de priorizar soluções para os transportes de modo a melhorar a relação entre as necessidades de deslocamento da população para realizar suas atividades, com os sistemas de transportes ofertados (LUCAS *et al.*, 2019).

Além disso, o incentivo e priorização dos modos públicos coletivos em detrimento dos individuais motorizados, aparece como um dos princípios da PNMU (BRASIL, 2012). Da mesma forma, o desenvolvimento sustentável das cidades e a equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo aparecem como objetivos da PNMU. Sendo assim, é esperado que o planejamento do transporte público urbano seja voltado para atender às necessidades da sociedade, como um todo, de forma justa e sustentável.

Neste contexto, o transporte público urbano, na sua essência, tem papel importante na promoção da equidade. Porém, o que se observa é um sistema de transporte público muitas vezes inacessível para a parcela de menor renda da população (WIDE, 2019). Isso ocorre

principalmente pelo fato de o planejamento tradicional focar fortemente nas questões econômicas e operacionais do sistema para otimizá-lo a partir da demanda, não buscando inserir a demanda potencial. O conceito de demanda potencial utilizado nesta tese é a demanda que poderia ser atendida pelo sistema de transporte público a partir da migração de usuários de outros modos quando os benefícios e as circunstâncias são favoráveis para o transporte público (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Além de observar a demanda potencial, a acessibilidade e mobilidade são conceitos importantes para o dimensionamento de um transporte equitativo. A busca pelo alcance das oportunidades é uma forma de atingir a equidade nos sistemas de transportes públicos urbanos (LUCAS *et al.*, 2019). Da mesma forma, a disponibilidade de infraestruturas de transporte para chegar à maiores distâncias em um determinado período de tempo é um fator de mobilidade que também está ligado à questão social (LEVINE *et al.*, 2019).

Porém, o desenvolvimento e aplicação de modelos de planejamento que consideram essas características ainda é muito incipiente, principalmente em países emergentes: primeiro, por não existir ainda uma forma de mensuração que retrate a equidade como um todo (LUCAS *et al.*, 2019). Além disso, existe certa dificuldade na definição e obtenção dos dados que representem essas características do sistema de transportes (PEREIRA *et al.*, 2020). Por fim, a definição de equidade nos sistemas de transportes coletivos é muito ampla e depende muito do enfoque dado no estudo, o que torna ainda mais complexa a determinação de uma medida quantitativa desse critério que é qualitativo e amplo.

Em razão disso, torna-se necessário propor formas de avaliar a equidade no planejamento dos transportes públicos urbanos. Os estudos brasileiros sobre o tema, em geral, buscam caracterizar cenários existentes de desigualdade de acessibilidade das pessoas a uma determinada atividade (por exemplo, trabalho, escola, saúde, ou lazer) pelo transporte público ou privado (BOISJOLY *et al.*, 2020a; PEREIRA *et al.*, 2019). No entanto, para que a avaliação da equidade seja incluída nos modelos de planejamento, em especial no Brasil, a medida quantitativa utilizada precisa ser viável e mensurável para diagnosticar os cenários existentes e propor soluções. Somente assim, as políticas públicas poderão ser direcionadas não só para o atendimento de uma determinada demanda futura, mas também para a melhoria da qualidade de vida de toda a população e o desenvolvimento sustentável das cidades.

Em 2016, a Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável – Habitat III, definiu um novo padrão de desenvolvimento sustentável das cidades pela Nova Agenda Urbana (ONU, 2017). Na direção dessa Agenda, todas as cidades

devem prestar os serviços básicos a toda a população, garantindo oportunidades iguais para todos sem distinção (SHI, 2021).

A igualdade de oportunidades da população em se deslocar para uma atividade é criada a partir de políticas públicas com esse propósito (LUCAS *et al.*, 2019). Porém, os autores apontam que a justificativa dessas políticas depende da compreensão do que envolve a desigualdade no transporte, para assim direcionar o planejamento para uma vertente mais equitativa. Além disso, a inclusão social no planejamento resulta em uma mudança no enfoque das soluções, passando a buscar opções para a população menos favorecida, como o transporte público coletivo e os modos ativos (LUCAS *et al.*, 2019). Nesse contexto, os avanços nos estudos e na implantação de soluções voltadas para a melhoria das condições de acessibilidade e mobilidade das áreas mais vulneráveis só serão possíveis por meio da interação entre pesquisas acadêmicas e o planejamento prático do território urbano e dos transportes.

A equidade do transporte público pela relação da oferta e demanda, em geral, é estudada para realizar um diagnóstico técnico da situação das cidades, mas dificilmente abrangem as causas e as soluções das deficiências (ADLI; CHOWDHURY, 2021). Por isso, existe uma deficiência na inserção da equidade no planejamento dos transportes públicos, principalmente da análise voltada para a relação oferta e demanda.

No entanto, a avaliação da equidade no planejamento de transportes é essencial por envolver outras áreas de conhecimento, dando enfoque a relação sustentável entre a necessidade de acesso às oportunidades com a oferta de transporte da cidade (ADLI; CHOWDHURY, 2021). Uma das vantagens da avaliação da equidade é que permite monitorar o desempenho e o impacto da equidade nas soluções indicadas pelas políticas públicas, podendo assim ter um estudo contínuo da proposta (MARTENS; BASTIAANSEN, 2019).

Assim, a consideração da equidade tem potencial de melhorar as políticas de gestão do transporte por ajudar a desenvolver estratégias de políticas espaciais e de transportes (SUN; ZACHARIAS, 2020). A distribuição dos benefícios do sistema de transporte público entre todos os usuários é um conceito conhecido como equidade espacial (FAN; MACHEMEHL, 2011), que pode ser avaliado pela relação da oferta com a demanda. Com isso, a avaliação das deficiências da oferta do transporte público e o impacto gerado na população não atendida são um dos caminhos para elaborar soluções que podem ser inseridas nas políticas públicas.

Sabendo da importância da avaliação da equidade e da dificuldade de definição de um conceito que englobe todos os componentes da equidade, é essencial que diversas abordagens sejam estudadas a fim de buscar resultados viáveis de implementação. A avaliação do acesso ao sistema de transporte é de extrema importância em situações em que os transportes públicos

não atendem adequadamente parte da população, podendo estar privando a população do acesso às atividades pela falta de acesso a um sistema de transporte apropriado. Com isso, é importante destacar que, mesmo o acesso ao sistema de transporte não garantindo o acesso às oportunidades, isso é uma etapa para a promoção da equidade pela acessibilidade.

Neste sentido, a relação entre transportes, equidade e inclusão social, que é bastante discutida ao redor do mundo, possui grande relevância na América Latina por ser composta por cidades com grandes disparidades sociais (VECCHIO *et al.*, 2020). Mesmo existindo muitas pesquisas acadêmicas, os autores apontam a necessidade de expansão desses trabalhos para obtenção de melhorias mais significativas dos sistemas existentes. Para Vecchio *et al.* (2020), independente do foco do estudo, todos os estudos analisados apontaram lacunas no acesso às oportunidades de diversos grupos socioeconômicos e mesmo com novos projetos de transportes públicos. No entanto, isto ainda é insuficiente para a redução dessa lacuna de pesquisa.

Nesse contexto, nesta tese pretende-se investigar a viabilidade de um procedimento a ser inserido no processo de planejamento de sistemas de transporte público. Sendo assim, a proposta é avaliar a equidade do transporte público por meio da combinação das medidas de área de serviço e frequência de atendimento com o intuito de diagnosticar, espacialmente, os níveis de atendimento do sistema e estimar a demanda potencial que está sendo excluída pela falta de acesso. Além disso, a avaliação pela estratificação da população em níveis de renda é necessária para avaliar o impacto das deficiências do sistema de transporte público nas diferentes camadas sociais, analisando questões sociais da demanda por transporte. Para tanto, dados operacionais e socioeconômicos foram utilizados para diagnosticar a oferta do transporte público e com isso poder avaliar o atendimento à população, determinando as áreas deficitárias ou desertos de serviço para buscar a equidade do acesso ao sistema. Esse procedimento foi validado por meio da aplicação em um município brasileiro: Jaraguá do Sul, localizado no Estado de Santa Catarina. Neste sentido, pretendeu-se entender a efetividade do procedimento em um sistema de transporte público.

Para tanto, a pergunta condutora da tese é: de que maneira se pode diagnosticar a oferta do transporte público e identificar a demanda potencial das áreas sem acesso ao serviço? Relacionada à pergunta, tem-se como a seguinte hipótese de pesquisa: a equidade pode ser incluída nos processos de planejamento por meio da análise da oferta de transporte público e identificação da demanda potencial.

A contribuição desta tese é dupla. Como foi proposto um procedimento para avaliar a equidade pela relação da oferta e da demanda, a primeira contribuição refere-se à possibilidade de inclusão dessa análise no planejamento dos transportes públicos. Por fim, a outra

contribuição está na estimativa da demanda potencial e na análise espacial desta demanda combinada com a oferta na busca de soluções mais equitativas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O objetivo geral da tese consiste em propor um método de análise da equidade na oferta do transporte público urbano por meio de dados operacionais e socioeconômicos, tendo em vista o atendimento da demanda potencial das áreas sem acesso ao serviço.

1.1.2 Específicos

Os objetivos específicos são:

- Realizar uma caracterização espacial do nível de serviço do sistema de transporte público;
- Definir um critério mensurável para identificar a demanda potencial que está sendo excluída pela falta de oferta do serviço;
- Discutir a aplicabilidade do procedimento proposto no planejamento de transportes.

1.2 LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esta tese está limitada à análise da relação da oferta e demanda por transporte público, não sendo realizada a avaliação da viabilidade econômica e operacional das melhorias propostas para o atingimento da equidade. Além disso, a avaliação feita também está restrita à oportunidade de acesso e atendimento do sistema de transporte público, não avaliando o comprometimento da renda pela utilização desse modo e a capacidade de pagamento da população.

Em relação aos dados, foi disponibilizado apenas uma semana de dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE), o que não permitiu identificar o perfil de uso do sistema e estimar a localização das residências a partir do local de embarque. Ainda, os dados SBE não trazem características socioeconômicas dos usuários. Ademais, os dados de renda disponíveis são agregados por setor censitário, o que restringe a comparação com a renda *per capita* para a

divisão das classes de renda. Por fim, como os dados são agregados por setor censitário, a agregação causa uma redução dos valores discrepantes, não sendo possível avaliar o perfil econômico dos usuários do transporte público. Para que uma análise do perfil de renda da demanda potencial, foi considerado os quartis de renda para o caso em estudo e a população pode ser segregada em grupos com maior ou menor poder aquisitivo. Dessa forma, recomenda-se uma análise detalhada da renda média da população de cada município antes da aplicação do procedimento.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente documento está dividido em oito capítulos, sendo o primeiro deles esta introdução, que define a problemática, justificativa, objetivos e a limitação da tese. Os próximos dois capítulos são dedicados à revisão da literatura. No Capítulo 2 são abordados a temática da equidade, começando pelo seu conceito geral, dando as diferenças entre a equidade do acesso as oportunidades e a equidade do acesso ao sistema de transporte público e finalizando com as medidas de equidade pela acessibilidade e mobilidade já utilizadas na literatura. No Capítulo 3 são apresentados os conceitos de planejamento dos transportes, abordando o enfoque da acessibilidade e mobilidade inserida no planejamento e finalizando com formas de utilizar a equidade no planejamento do transporte público urbano. No Capítulo 4 é feita a caracterização da área de estudo por meio das informações socioeconômicas do município e do sistema de transporte público. No Capítulo 5 é exposto o procedimento metodológico da tese, elencando as etapas do processo, os dados necessários e os objetivos de cada etapa. No Capítulo 6, por sua vez, são exibidos os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta, bem como são detalhadas as análises de cada resultado. As discussões dos resultados são feitas no Capítulo 7 e, por fim, no Capítulo 8 são detalhadas as conclusões do trabalho, indicando o atingimento do objetivo, as contribuições, limitações e propostas para trabalhos futuros.

2 ESTUDO DA EQUIDADE DOS TRANSPORTES

Este capítulo é destinado à abordagem conceitual do tema estudado nesta tese, isto é, como a equidade no contexto dos transportes tem sido discutido na literatura e estudado por meio de diferentes abordagens. Então, a definição de como será trabalhada essa temática nesta tese é necessária para a compreensão do estudo realizado.

2.1 CONCEITO DE EQUIDADE

A literatura apresenta diversas maneiras para definir e medir a equidade. As avaliações de equidade podem resultar em diferentes soluções dependendo das informações utilizadas, do enfoque, das métricas e dos fatores sociais associados. Numa definição mais geral, equidade é “a distribuição moralmente adequada de benefícios e encargos sobre os membros da sociedade” e engloba três componentes: os benefícios e encargos distribuídos, a população ou grupos sociais atendidos e os critérios para determinar a definição moralmente adequada (BOUCHER; KELLY, 1998; MARTENS *et al.*, 2019; MILLER, 1999). No entanto, um grande desafio é definir a forma de avaliação que compreenda os três componentes e sua operacionalização usando métricas adequadas.

Considerando a equidade e os sistemas de transporte, objeto de estudo desta tese, a equidade também pode ser definida como a distribuição justa dos custos e benefícios do sistema de transporte (LEVINE *et al.*, 2019). Numa outra abordagem, a equidade refere-se a inclusão de fatores sociais e espaciais pelo acesso às atividades para avaliação do bem estar social dos usuários do sistema (LEVITAS *et al.*, 2007). Assim, para atingir maior equidade no bem estar social, é necessário focar no aumento da acessibilidade em vez da redução do tempo de viagem, pois melhorar a acessibilidade atende melhor aos grupos sociais mais vulneráveis (MARTENS; DI CIOMMO, 2017).

A análise da equidade no setor de transporte pode ser dividida em quatro questões-chave: a justa alocação de recursos de transporte, a justa oportunidade de acesso as atividades, a redução das externalidades negativas causadas pelos sistemas de transportes e o aumento da participação popular, principalmente das pessoas mais vulneráveis, na tomada de decisão (LUCAS *et al.*, 2019). Ainda, quatro dimensões-chave estão relacionadas à equidade: acessibilidade/mobilidade, poluição gerada pelos transportes, segurança no trânsito e saúde (MARTENS *et al.*, 2019). Para os autores, a avaliação de cada uma destas dimensões é essencial por apresentar questões sociais particulares.

Considerando os objetivos propostos para essa tese, este estudo foca na dimensão da acessibilidade/mobilidade e engloba a análise do acesso das pessoas ao transporte pela questão-chave de análise da justa alocação de recursos de transporte. Em geral, a mobilidade avalia o potencial de deslocamento das pessoas, a que distância uma pessoa pode chegar em um determinado tempo e modo de transporte, por exemplo. Por sua vez, a acessibilidade está relacionado ao alcance das oportunidades, ou seja, das atividades como trabalho, saúde, educação, entre outros (MARTENS *et al.*, 2019).

Para tanto, a oferta e a demanda devem ser utilizadas na avaliação da equidade do transporte público como meio para o alcance das oportunidades. A oferta retrata a equidade pela mobilidade do sistema enquanto a demanda retrata a acessibilidade do sistema. Ademais, a visão da equidade que busca avaliar a distribuição adequada do sistema de transporte público ou a existência de áreas sem acesso no território é fundamental para monitorar e revisar políticas públicas (NAZARI ADLI *et al.*, 2019)

A dimensão-chave da acessibilidade/mobilidade relacionada à equidade é medida com o intuito de entender os padrões de alcance das atividades ou as diferenças desse alcance entre grupos da sociedade (MARTENS; BASTIAANSEN, 2019). Para isso, os autores indicam a localização residencial e o acesso aos modos de transporte como sendo fatores fundamentais para estruturar os níveis de acessibilidade das pessoas.

Assim, é importante avaliar a dimensão acessibilidade/mobilidade relacionada à equidade (ou equidade pela acessibilidade e mobilidade) no contexto do planejamento urbano e de transportes, visto que tem potencial de reduzir as externalidades negativas associadas ao crescimento econômico das cidades. Das análises identificadas na literatura, observa-se medições da equidade e a inclusão da equidade no processo de planejamento como um índice relacionado à acessibilidade (SUN; ZACHARIAS, 2020) ou agregando outros fatores de qualidade do serviço além do tempo de viagem (LYONS; CHOI, 2021).

Ainda segundo Martens *et al.* (2019), dentro da análise de equidade na dimensão da acessibilidade e mobilidade existem várias maneiras de se avaliar esse parâmetro. Os autores apontam ainda que a combinação de análises diferentes da equidade nessa dimensão pode resultar em maiores ganhos para a população, podendo indicar o grau de liberdade que o transporte gera para as pessoas, sua qualidade de vida e inclusão social. A partir das noções de equidade, quando discutida em conjunto com a acessibilidade, existem duas noções distintas que são definidas: a equidade horizontal, em que a acessibilidade precisa ser a mesma para toda a população e a equidade vertical, onde a acessibilidade é maior à medida que cresce a necessidade das pessoas, levando em conta fatores socioeconômicos (MARTENS, 2016).

Quando se busca analisar as preferências da população, os modelos de equidade horizontal estão mais suscetíveis ao fracasso, sendo a noção de equidade vertical ou social mais adequada, pois procura fornecer serviços para a necessidade das pessoas (DI CIOMMO; SHIFTAN, 2017). Os autores ainda apontam que o objetivo, nestes casos, é projetar um sistema que atenda a todos os grupos populacionais, deixando de lado o foco nas preferências individuais ou de certos grupos mais favorecidos.

Mesmo sendo uma temática relativamente recente na literatura, a equidade relacionada ao transporte público está sendo medida por meio de parâmetros que podem ser divididos em dois grupos: equidade do acesso às oportunidades e equidade do acesso ao sistema de transporte público, conforme detalhado nas próximas seções.

2.2 A EQUIDADE DO ACESSO AS OPORTUNIDADES

A equidade do acesso às oportunidades está relacionada principalmente com a acessibilidade a determinadas atividades, como trabalho, escola, lazer, saúde, entre outros. Neste grupo, destacam-se os estudos desenvolvidos por Boisjoly *et al.* (2020a); Cui *et al.* (2019, 2020a, 2020b); Lyons e Choi, (2021); Pereira, (2019); Pereira *et al.* (2019, 2020).

O acesso as oportunidades é geralmente medido por indicadores como o tempo mínimo para acessar uma oportunidade (PEREIRA *et al.*, 2020), a acessibilidade média ponderada (BOISJOLY *et al.*, 2020a; SHI, 2021) e número de oportunidades que é possível acessar em intervalos de tempo ou medida cumulativa de oportunidade (CUI *et al.*, 2020a; PEREIRA *et al.*, 2020; SUN; ZACHARIAS, 2020). As vantagens das medidas relacionadas a acessibilidade são a facilidade de cálculo e de compreensão pelos *stakeholders* (PEREIRA *et al.*, 2020).

Dentre essas medidas, a medida cumulativa de oportunidade é uma das formas mais utilizadas pelos pesquisadores para avaliar a equidade pela acessibilidade ou o acesso a oportunidades. Com essa análise é possível avaliar o cenário atual do sistema de transportes e como é a distribuição de acessibilidade no território, bem como estimar o impacto de um projeto de modificação na rede de transportes públicos comparando cenários da operação (PEREIRA, 2019). Ademais, essas questões podem ser avaliadas incluindo questões socioeconômicas, como renda (CUI *et al.*, 2020a; AMAN; SMITH-COLIN, 2020), raça (LYONS; CHOI, 2021), dependência do transporte público (LI; FAN, 2020; QI; LIM; HOSSEIN RASHIDI, 2020), dentre outros.

Martens e Bastiaanssen (2019) propuseram o uso do índice de pobreza de acessibilidade como critério para selecionar projetos de transporte com maior equidade. O

índice combina a deficiência de acessibilidade com o número de pessoas que experimentam essa deficiência com relação ao acesso ao emprego. A partir do cálculo do índice, os autores puderam avaliar quanto um determinado projeto de transporte aumenta ou diminui a acessibilidade de grupos da sociedade.

A equidade foi também mensurada por meio de indicadores resultantes de características dos sistemas de transportes, como o índice econômico de equidade do transporte público proposto por Lyons e Choi (2021). O índice é obtido a partir das características da rede de transportes: linhas, paradas e horários do transporte público e conexões de pedestres pela rede viária (LYONS; CHOI, 2021). Assim, o índice permitiu uma avaliação quantitativa da conveniência das viagens de trabalho por determinados grupos sociais. De acordo com os autores, o indicador permite obter uma maior abrangência de medidas de qualidade utilizadas para o desenvolvimento do índice. Ainda, torna-se mais fácil avaliar diferentes cenários obtidos utilizando um único índice.

Sun e Zacarias (2020) propuseram um índice de equidade em acessibilidade que avalia a razão de acessibilidade entre os modos de transporte público e privado. Nesse caso, os autores recomendam avaliar a equidade pela magnitude da diferença entre modos, razão calculada a partir da medida cumulativa de oportunidade. Para isso, foi analisada a importância de um padrão de uso de solo e sistema de transporte na acessibilidade da população e desenvolvem cenários de redistribuição dos empregos com base no indicador proposto, avaliando as diferenças entre os modos de transportes e a configuração de uso do solo (SUN; ZACHARIAS, 2020).

Um importante fator nos estudos de equidade é o impacto da acessibilidade nos diferentes grupos sociais, como baixa e alta renda. Cui *et al.* (2019) analisaram o tempo de deslocamento de indivíduos de rendas diferentes usando modelos estatísticos de efeitos mistos e com níveis separados para usuários do transporte público ou individual motorizado para analisar a acessibilidade. Os resultados mostram que os grupos de menor renda são mais sensíveis à acessibilidade, tendo mais ganhos em relação ao tempo de deslocamento. Assim, estratégias voltadas para o aumento da acessibilidade às atividades, nesse caso empregos, para a população de baixa renda podem gerar mais benefícios como um todo (CUI *et al.*, 2019). Outra maneira de avaliar a acessibilidade da população de baixa renda é por meio de grupos focais (MAIA *et al.*, 2016). Maia *et al.* (2016) utilizaram esta técnica para debater a percepção da própria população em relação à acessibilidade em duas comunidades de baixa renda em localizações geográficas diferentes para avaliar a diversidade de acessibilidade e mobilidade. Os autores concluíram que as oportunidades são piores para os grupos de baixa renda, que tem

interesse apenas em realizar atividades nos bairros de residência. Assim, as grandes melhorias no sistema de transportes da cidade não impactam nesse grupo populacional.

A relação da acessibilidade pelos tempos de viagem de transporte público e transporte privado foi estimada para avaliar a equidade espacial de uma modificação em uma linha de ônibus, verificando as áreas de aumento ou diminuição desse parâmetro (BEN-ELIA; BENENSON, 2019). Para essa análise, dois índices de perda de acessibilidade, absoluta e normalizada, foram propostos a partir de medidas cumulativas de oportunidades e associadas ao índice de Gini. Com o índice de perda normalizada, os autores puderam comparar bairros de diferentes tamanhos e populações. De acordo com os autores, as medidas propostas podem ajudar a visualizar previamente os impactos de projetos de mobilidade ou avaliar alguma intervenção. Para o caso estudado, os índices apontaram uma melhora geral na acessibilidade após a reforma, principalmente para viagens mais longas, e isso resultou em uma melhoria da equidade para maioria dos bairros (BEN-ELIA; BENENSON, 2019).

Muitas avaliações de equidade são feitas focando especificamente em um determinado tipo de atividade, como trabalho, saúde, escola, entre outros. Assim, o nível de acessibilidade pode ser avaliado pela relação de parâmetros como atratividade do serviço e a impedância para chegar a ele (SHARMA; PATIL, 2022). Sharma e Patil (2022), avaliaram o número de estudantes matriculados nas escolas, como valor de atratividade, o número de paradas ou estações em um determinado raio e a função de impedância da viagem a ser realizada pelo tempo. Baseados nestes índices, os autores concluíram que a população alcança, em geral, menos oportunidades educacionais pelo transporte público do que pelo privado. Em relação aos serviços

Outro estudo realizado pelos autores, dessa vez com relação à equidade pela acessibilidade e mobilidade são os serviços de saúde. Os autores usaram a impedância do tempo de viagem e os pontos de ônibus como fator de conectividade, sendo observado que quando o propósito da viagem é alternado, as métricas de equidade pela acessibilidade e mobilidade são realizadas para direcionar as estratégias de políticas públicas de uso de solo urbano e transporte público (SHARMA; PATIL, 2021). Outro estudo constatou que locais de moradia com maior acessibilidade espacial aumentam a possibilidade da população se consultar com um profissional de saúde em hospitais usando dados de população, tempo de viagem no transporte público e número de leitos (CUI *et al.*, 2020b). Por fim, Boisjoly *et al.* (2020b) identificou que a acessibilidade aos serviços de saúde é verticalmente equitativa, ou seja, os moradores de menores renda possuem acessibilidade superior à média das cidades avaliadas, considerando o acesso aos serviços de saúde dentro de 45 minutos de tempo de viagem.

Usando medida cumulativa de oportunidade pelo tempo de viagem, Pereira (2019) avaliou os impactos da acessibilidade gerados pela implantação de projetos de transporte. Inicialmente, foram avaliados os impactos nos grupos sociais resultantes de políticas públicas e depois investigado a sensibilidade das avaliações de acessibilidade de acordo com o limite de tempo de viagem escolhido. Essa segunda proposição resultou em uma análise de quatro tempos de deslocamento, 30, 60, 90 e 120 minutos. Os resultados indicam que tempos de deslocamento menores que 60 minutos implicam em maiores impactos na acessibilidade, principalmente para a população de baixa renda. Por outro lado, tempos de deslocamentos de 90 e 120 minutos resultariam em ganhos menores de acessibilidade, porém uma distribuição mais uniforme pelos níveis de renda (PEREIRA, 2019). Em um estudo complementar, Pereira *et al.* (2019) avaliaram como a variação no tamanho da zona de estudo escolhida impacta também nas medidas de equidade e no consequente direcionamento do planejamento dos transportes e política pública. Os resultados mostram que a variação no tamanho da zona pode influenciar a análise da equidade de projetos de transporte e que a questão deve ser abordada em pesquisas futuras. Destes estudos, percebe-se que escolha do tempo de viagem e do tamanho da zona de estudo tem impacto na avaliação da acessibilidade e consequentemente, da equidade, abrindo oportunidade de novas pesquisas.

Áreas específicas de uma cidade, como o centro, também pode ser avaliado por meio da acessibilidade, demanda por transporte público e densidade populacional para que seja possível investigar e mapear as distribuições espaciais dessa região de forma equitativa (QI *et al.*, 2020). A avaliação da equidade de regiões específicas da cidade pode também ser realizada para embasar as decisões de intervenção do sistema de transporte público, a fim de promover a equidade nos vários grupos socioeconômicos (QI *et al.*, 2020). Na área estudada por (Qi *et al.* (2020), vários grupos da população de baixa renda, por exemplo, possuíam altos níveis de acesso pelo transporte público para o centro da cidade, no entanto, ainda existiam dezesseis regiões que precisavam de melhorias no serviço.

A avaliação de projetos de transporte, bem como de realocação habitacional foi realizada para medir a equidade dessas soluções pelas características sociais e econômicas da população de baixa renda (BRUSSEL *et al.*, 2019). Para esse estudo, os autores definiram um padrão de equidade antes e depois dos projetos para avaliar a eficácia de estratégias para a redução da exclusão social aplicadas na área de estudo. Essas medidas têm potencial de apontar questões que devem ser mudadas nas políticas públicas ou investimentos que devem ser redirecionados para atender ao objetivo de reduzir a exclusão social (BRUSSEL *et al.*, 2019).

Como visto em vários dos estudos apresentados, a renda é um fator crucial na segregação de grupos sociais para avaliar comportamentos diversos da população. Porém, a incorporação do efeito de renda e acessibilidade como medida de equidade foi proposta de maneira diferente por Aivinho e Zuidgeest (2019). Os autores avaliaram a acessibilidade pela capacidade de pagamento e comprometimento da renda da população mais pobre. Assim, o acesso a oportunidades potenciais está atrelado ao número de viagens que podem ser feitas e a capacidade financeira pela proporção da renda comprometida com os serviços de transporte. Ainda, Aivinho e Zuidgeest (2019) associaram a medida cumulativa de oportunidades com uma limitação de orçamento para definir o índice de perda de acessibilidade pela restrição econômica. Essa medida demonstrou que as limitações orçamentárias podem ser um agravante na exclusão social, reduzindo a acessibilidade da população de baixa renda (AIVINHENYO; ZUIDGEEEST, 2019).

Slovic *et al.* (2019) associaram indicadores socioeconômicos com as condições de infraestrutura e a expectativa de vida da população mais pobre para avaliar a acessibilidade associada ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Os autores concluíram que as piores condições de acesso estão relacionadas a população com menor IDH e expectativa de vida, implicando em maiores tempos de viagem e exclusão e estagnação social. De acordo com Slovic *et al.* (2019), a exclusão ocorre predominantemente para população não branca, que vive nas periferias e tem expectativa de vida cinco anos menor que a média do grupo de renda alta. Para os autores, esses resultados mostram que as questões de acessibilidade estão relacionadas com outras questões que o transporte, incluindo o uso do solo e a qualidade de vida de população.

Nazari Adli *et al.* (2019) estimaram uma regressão espacial usando a medida cumulativa de oportunidades ao trabalho como uma variável dependente da renda, densidade populacional e densidade de empregos. Os autores apontam que esse modelo permite a comparação de cidades com características e tamanhos diferentes, podendo avaliar as políticas públicas que envolvem os transportes em cada uma delas e associar os melhores resultados às políticas implantadas ao modelo de orientação do planejamento dos transportes. As cidades incluídas nesse estudo apresentaram bom desempenho do sistema de transporte público, fornecendo o mínimo de acesso aos empregos, mesmo favorecendo os bairros ricos e falhando na distribuição mais justa dos serviços. Martens *et al.* (2019) discutem a forte influência da localização das moradias no acesso às oportunidades, visto que as diferenças de acesso aos transportes e atividades variam com as localizações das residências. Dessa forma, existe uma segregação espacial que resulta em uma desvantagem social e de acesso ao transporte, já que

bairros mais carentes tendem a ter menor acesso ao veículo privado e menor oferta de transporte público, como apontam os autores. A inclusão da influência do espaço na análise é conhecida como equidade espacial, pois atenta para a distribuição dos benefícios de um novo projeto ou redesenho da rede de transportes entre todos os usuários (FAN; MACHEMEHL, 2011).

Cada grupo social possui uma necessidade diferente de modo de transporte o que resulta em variados custos de viagem e que geralmente não são considerados no planejamento tradicional. Ademais, cada modo de transporte apresenta um nível de acessibilidade diferente. Uma maneira de aumentar os benefícios sociais de cada modo é minimizar essas discrepâncias, podendo-se assim buscar a equidade nos transportes urbanos. As políticas que visam aumentar a acessibilidade das minorias aumentam as chances de todos alcançarem atividades e serviços de forma mais justa promovendo a equidade. Assim, pode-se dizer que acessibilidade e equidade possuem forte relação (SHI, 2021).

O conhecimento de como a estrutura da cidade afeta a localização das moradias e o acesso às atividades da população de baixa renda nos países em desenvolvimento e é essencial para o desenvolvimento sustentável, principalmente relacionado aos meios de transporte. O crescimento das cidades e o aumento de congestionamento e dos preços dos terrenos acabam reduzindo a acessibilidade dessa população e dificultando a participação das atividades sociais, econômicas e políticas (BRUSSEL *et al.*, 2019). Assim, o desenvolvimento de métricas de acessibilidade e mobilidade para quantificar a relação dos transportes e as necessidades de deslocamento da população ajudam a identificar e buscar soluções para a exclusão social.

É importante ressaltar que a maior parte dos estudos que avaliam a equidade na dimensão-chave de acessibilidade/mobilidade apontam medidas de equidade ou medidas de acessibilidade, não sendo encontrado nenhum estudo que avaliasse somente as questões de mobilidade. Todavia, embora alguns estudos não tenham citado o conceito de mobilidade diretamente, algumas métricas utilizadas nesses estudos, como por exemplo a questão do tempo e velocidade de viagem, são medidas de mobilidade (LEVINE *et al.*, 2019). Isso ocorre porque para avaliar as questões de equidade nesta dimensão, é necessário a utilização de medidas de acessibilidade que, em diversos casos, estão atreladas a medidas de mobilidade. Assim, a utilização de ferramentas que foquem na mobilidade não resulta em análises do impacto da acessibilidade, mas são meios para inclusão de novos métodos que avaliem a acessibilidade (LEVINE *et al.*, 2019).

Ainda, os trabalhos apresentados nesta seção mostram que a partir da inclusão da equidade pela acessibilidade e mobilidade no planejamento de transporte, os tomadores de

decisão têm subsídio para orientar os investimentos em áreas com maior deficiência de atendimento pelo transporte público ou por atividades essenciais (SHARMA; PATIL, 2021).

2.3 A EQUIDADE DO ACESSO AO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

A equidade do acesso ao sistema de transporte público pode ser avaliada pela perspectiva do acesso a infraestrutura do sistema, como exemplo, tem-se os trabalhos de Aman e Smith-Colin (2020); Li e Fan (2020); Peunghumsai *et al.* (2020) e Sharma *et al.* (2020), da capacidade de pagamento do serviço por parte dos usuários (STRAMBI, 2019; ZHAO; ZHANG, 2019), ou ainda da relação da estrutura da rede com os desejos de viagem da população (MANRIQUE *et al.*, 2022; WELCH; MISHRA, 2013). Dentre os indicadores para análise do acesso ao sistema de transporte, tem-se a proximidade das infraestruturas de transporte (BOISJOLY *et al.*, 2020a) e proximidade dos pontos de parada do transporte público (SHARMA *et al.*, 2020; SHARMA; PATIL, 2021, 2022).

Uma forma utilizada para avaliar a equidade ao sistema de transporte público é pelo índice definido como ‘índice de lacuna do transporte público’, desenvolvido a partir de características demográficas, espaciais e temporais que compõem a oferta e demanda dos serviços de transporte (LI; FAN, 2020). Os autores avaliaram a cobertura do serviço pela oferta e pela sensibilidade das lacunas de diferentes distâncias de caminhada para o sistema de transporte público. A distância de caminhada para as paradas do transporte é uma medida que capta melhor a realidade do que a aplicação de raios de abrangência (LI; FAN, 2020). Ademais, segundo Li e Fan (2020), existe a necessidade de desenvolvimento contínuo de diretrizes para o uso dos dados GTFS (do inglês, *General Transit Feed Specification*) na avaliação da equidade e acessibilidade pelo transporte público. Segundo os autores, os resultados podem ser melhor aplicados no planejamento, gerando melhor qualidade do serviço de transporte público e beneficiando a população dependente desse sistema.

Da relação entre as medidas de acessibilidade e mobilidade no acesso ao transporte público, Sharma *et al.* (2020) desenvolveram uma métrica que calcula a conectividade das linhas e paradas de um sistema de transporte público. Esse parâmetro avalia os níveis de serviço da rede e a facilidade de conexão entre os nós do sistema, para com isso calcular os níveis de equidade da distribuição dos recursos do serviço. Além disso, Sharma *et al.* (2020) associam a conectividade ao índice de Gini para estimar a distribuição das características operacionais do transporte público nos diferentes níveis socioeconômicos da população.

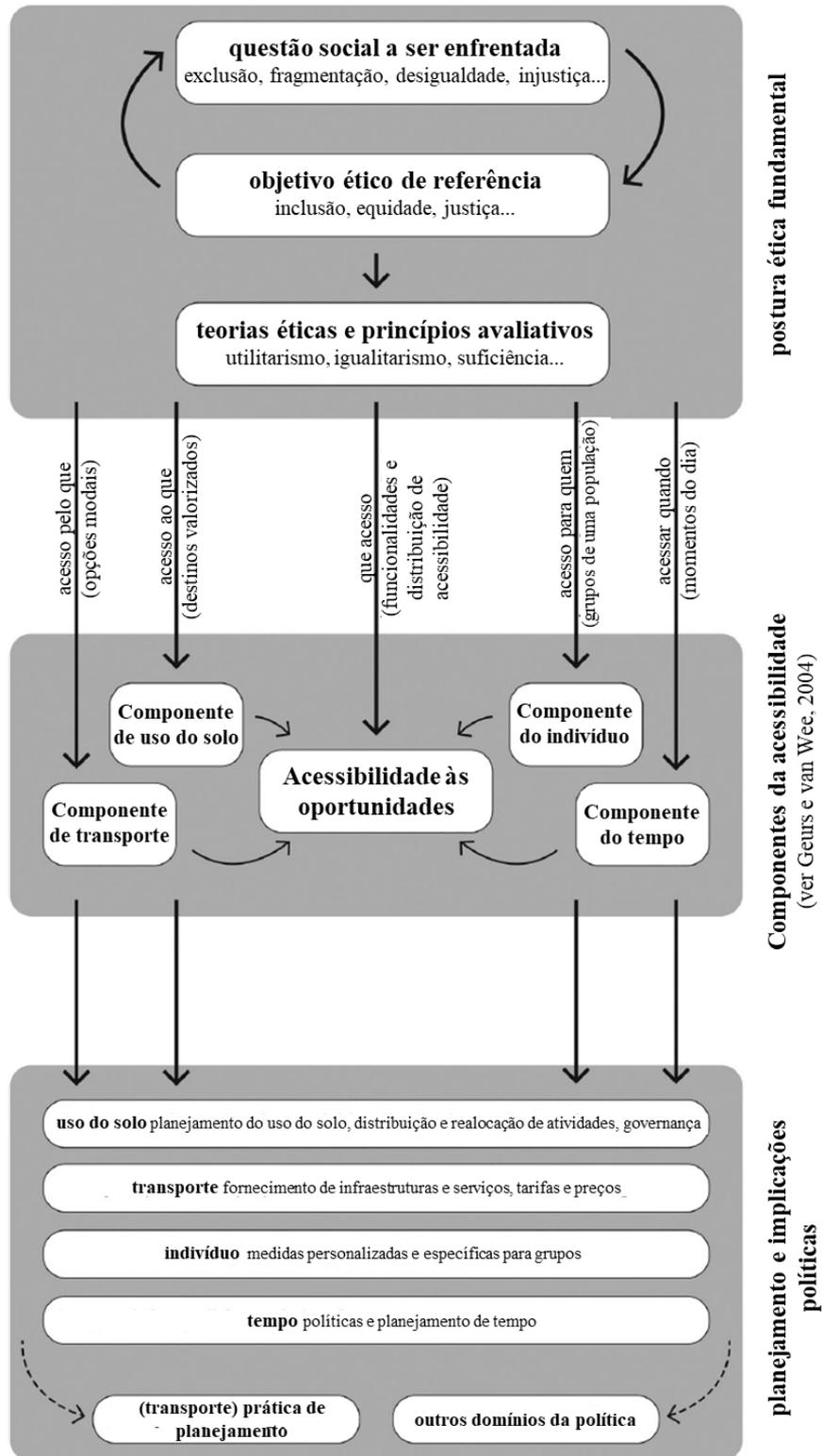
Um indicador do serviço que relaciona as características do transporte público, como conectividade, frequência e eficiência do tempo do serviço, com a demanda das pessoas que dependem do sistema de transporte público foi criada para identificar as lacunas ou desertos do serviço (AMAN; SMITH-COLIN, 2020). Para os autores, um indicador do serviço espacialmente abrangente permite identificar as deficiências gerais do sistema, indo além da medida de proximidade dos pontos de parada. Assim, Aman e Smith-Colin (2020) utilizam indicadores temporais e espaciais na análise, dependendo do objetivo da análise, por exemplo, avaliar especificamente as lacunas em um determinado período do dia ou para uma cobertura de serviço escolhida.

Avaliando a relação da oferta com a demanda para obter os pontos deficitários do sistema, Peungnumsai *et al.* (2020) analisam a capacidade de transporte do serviço e a demanda por viagens da população. Nesse caso, a avaliação do desempenho do transporte é associada ao índice de Gini e às curvas de Lorenz para medir a equidade do transporte público. A avaliação combinada do estudo de parâmetros de serviço com medidas de equidade identificou que mais da metade da população da área estudada possui baixa oferta de transporte público e alta demanda. Os autores apontam que com essa medida, é possível avaliar espacialmente os pontos de melhoria ou implantação do sistema de transporte público, principalmente quando observada a população com menos acesso às oportunidades.

Apesar de estarem crescendo os estudos sobre a equidade do acesso ao sistema de transporte público, a maioria das pesquisas trata do acesso às oportunidades por meio do sistema por abranger mais componentes da acessibilidade (VECCHIO *et al.*, 2020) e chegar mais próximo de encontrar a população que possui maior discrepância de acesso à uma determinada atividade, baseado no tempo de viagem. Esta análise é recorrente devido ao fato de ser simples e permitir identificar o alcance da população.

Porém, antes disso, é importante entender onde a infraestrutura do sistema de transporte público está sendo deficitária, sendo este um componente para alcançar a acessibilidade. Em outras palavras, é necessário buscar onde estão as lacunas ou desertos de serviço de transporte para que os planos e políticas públicas sejam voltados para buscar soluções para esse problema. A estrutura analítica proposta por Vecchio *et al.* (2020) apresentada na Figura 1 sintetiza os conceitos propostos por Geurs e Van Wee (2004) e demonstra essa ligação entre a avaliação da equidade pelos componentes da acessibilidade. A partir do acesso ao sistema é que se torna possível do indivíduo acessar as atividades.

Figura 1 – Estrutura Analítica proposta por Vecchio *et al.* (2020)



Fonte: Atualizado de Vecchio *et al.* (2020)

Essa estrutura analítica ratifica que avaliar o componente de transporte, ou seja, o acesso pelo modal disponível por meio do acesso ao sistema, ou seja, as infraestruturas e

serviços é uma forma de avaliar o acesso às oportunidades. Esse componente, junto com os componentes do indivíduo e tempo constituem uma maneira de avaliar o acesso às oportunidades. Assim, a avaliação com enfoque no acesso ao sistema é parte da avaliação do acesso às oportunidades, sendo necessário o aperfeiçoamento de métodos para os dois enfoques, já que a avaliação de todos os componentes juntos é complexa e impraticável. Portanto, o enfoque dado nessa tese, mesmo não avaliando a equidade pela natureza do desejo de viagem dos indivíduos, ainda tem potencial de aumentar a equidade dos sistemas de transportes públicos por se proposta como uma etapa do processo de planejamento mesmo.

2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado que existem diversas formas de medir a equidade no transporte. Nesta tese, definiu-se analisar a equidade do sistema de transporte público pela dimensão-chave da acessibilidade/mobilidade. Ainda, é considerada a equidade vertical ou social, voltado para as necessidades das pessoas de terem acesso ao sistema de transporte público.

Para medir a equidade pela dimensão da acessibilidade/mobilidade, pela perspectiva vertical, indicadores que retratem o sistema são necessários. Na Tabelas 1 e 2 são descritos os indicadores usados pela literatura. O tempo de viagem é o parâmetro de transporte mais utilizado na avaliação da equidade, principalmente porque esse é um parâmetro simples e que indica de forma direta a acessibilidade das pessoas. Porém, mesmo sendo um indicador importante, algumas características do sistema não são mensuradas por esse parâmetro, sendo utilizados outros parâmetros complementares para a caracterização da equidade. Da mesma forma, a medida cumulativa de oportunidades é o mais utilizado por ser obtida a partir do tempo de viagem. No entanto, muitos autores propuseram indicadores para medir a equidade ou as deficiências de acessibilidade do transporte público.

Ainda, os resultados apresentados nesta seção permitem concluir que as pesquisas que tratam da inclusão das medidas de equidade em transportes estão em desenvolvimento, principalmente pelo fato da baixa inclusão da avaliação da equidade no planejamento e na formulação de políticas públicas (LUCAS *et al.*, 2019). Porém, o aumento das pesquisas nos últimos anos tem mostrado a importância e tem buscado soluções que auxiliem no planejamento dos transportes. No Brasil, as pesquisas que analisam a relação da localização das pessoas com as oportunidades vêm crescendo, mas ainda é muito restrita a algumas cidades pela dificuldade de acesso aos dados do sistema de transporte público e das atividades econômicas (PEREIRA

et al., 2020). Muitos pesquisadores apontaram a importância do estudo da equidade e sua inclusão no planejamento dos transportes por meio de parâmetros relevantes e mensuráveis. Neste intuito, o Capítulo 3 mostra como a equidade tem sido considerada no planejamento de transportes públicos, principalmente para a avaliação do caráter social.

Tabela 1 – Parâmetros de transporte usados na avaliação da equidade da acessibilidade e mobilidade

Parâmetros	Quantidade de trabalhos	Referências
Número de paradas ou estações	6	Aman; Smith-Colin (2020); Li; Fan, (2020); Lyons; Choi (2021); Sharma; Patil (2021); Sharma; Patil (2022); Sharma <i>et al.</i> (2020).
Tempo de viagem	18	Adhvaryu <i>et al.</i> (2019); Aivinho; Zuidgeest (2019); Ben-Elia; Benenson (2019); Boisjoly <i>et al.</i> (2020b); Cui <i>et al.</i> (2019); Cui <i>et al.</i> (2020a); Cui <i>et al.</i> (2020b); Danesi; Tengattini (2020); Lyons; Choi (2021); Nazari Adli <i>et al.</i> (2019); Pereira <i>et al.</i> (2019); Pereira (2019); Qi; Lim; Hossein Rashidi (2020); Sharma; Patil (2021); Sharma; Patil (2022); Shi (2021); Slovic <i>et al.</i> (2019); Sun; Zacharias (2020).
Número de viagens	2	Peunghumsai <i>et al.</i> (2020); Shi (2021).
Velocidade	2	Lyons; Choi (2021); Sharma <i>et al.</i> (2020).
Capacidade de transporte	3	Li; Fan (2020); Peunghumsai <i>et al.</i> (2020); Sharma <i>et al.</i> (2020).
Distância da rota	2	Aivinho; Zuidgeest (2019); Sharma <i>et al.</i> (2020).
Frequência	2	Aman; Smith-Colin (2020) Li; Fan (2020).
Cobertura da rede	1	Aman; Smith-Colin (2020).

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 2 – Indicadores usados na avaliação da equidade da acessibilidade e mobilidade

Indicador/Índice	Quantidade de trabalhos	Referências
Índice de acessibilidade relacionando transporte público e privado	6	Ben-Elia; Benenson (2019); Cui <i>et al.</i> (2019); Danesi; Tengattini (2020); Qi; Lim; Hossein Rashidi (2020); Sharma; Patil (2022); Sun; Zacharias (2020).
Medida cumulativa de oportunidade	11	Aivinho; Zuidgeest (2019); Aman; Smith-Colin (2020); Ben-Elia; Benenson (2019); Boisjoly <i>et al.</i> (2020b); Cui <i>et al.</i> (2020a); Cui <i>et al.</i> (2020b); Nazari Adli <i>et al.</i> (2019); Pereira (2019); Pereira <i>et al.</i> (2019); Slovic <i>et al.</i> (2019); Sun; Zacharias (2020).
Índice de Gini	3	Ben-Elia; Benenson (2019); Peunghumsai <i>et al.</i> (2020); Sharma <i>et al.</i> (2020).
Curva de Lorenz	2	Ben-Elia; Benenson (2019); Peunghumsai <i>et al.</i> , (2020).
Outros índices	11	Acessibilidade Média Ponderada e Índice de Theil – Shi (2021); Indicador de dependência do Transporte Público – Qi; Lim; Hossein Rashidi (2020); Índice de Lacuna no Transporte Público – Li; Fan (2020); Índice de Perda de Acessibilidade – Aivinho; Zuidgeest (2019); Índice de performance do transporte – Peunghumsai <i>et al.</i> (2020); Índice de Vulnerabilidade Social – Sharma; Patil (2021); Índice Econômico de Equidade no Transporte Público – Lyons; Choi (2021); Medida de Conectividade – Sharma <i>et al.</i> (2020); Nível de Acessibilidade do Transporte Público – Adhvaryu <i>et al.</i> (2019); Pontuação de Acessibilidade do Transporte Público – Aman; Smith-Colin (2020).

Fonte: A Autora (2022).

3 A EQUIDADE NO PLANEJAMENTO DE SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Este capítulo tem o intuito de introduzir conceitos necessários para o desenvolvimento ulterior dessa tese, sobre o planejamento relacionado ao transporte público, à acessibilidade e mobilidade e à equidade. Neste sentido, a literatura foi analisada do ponto de vista das discussões relacionadas ao planejamento dos transportes.

3.1 PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES PELA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE

Em geral, as análises feitas para decisão sobre um projeto de transportes não envolvem os impactos sociais, ou seja, não são estimadas a diversidade, as necessidades e os desejos da sociedade (ADLI; CHOWDHURY, 2021). A análise focada na demanda, oferta e atividades nas zonas de transportes, para Adli e Chowdhury (2021), só tende a melhorar o transporte em regiões com um sistema que atenda mais de perto às necessidades locais.

O planejamento dos transportes urbanos visa a formulação de políticas e planos públicos que garantam uma boa operação dos sistemas de transportes, de modo que os problemas de mobilidade sejam mitigados e o desenvolvimento urbano sustentável seja incentivado (SHI, 2021). Para o planejamento e monitoramento dos sistemas de transportes, os órgãos gestores devem avaliar o desempenho do sistema por meio de medidas que reflitam a capacidade do serviço em atingir os objetivos propostos (LYONS; CHOI, 2021).

Dessa forma, a principal medida analisada pelos planejadores é a quantidade de passageiros transportados, pois estima o atendimento do sistema às necessidades de mobilidade e acesso às oportunidades dos usuários (LYONS; CHOI, 2021). Porém, as decisões que se baseiam unicamente no número de passageiros podem ser eficientes para o dimensionamento das viagens, mas não para a análise da equidade. A incorporação da medida de equidade no processo de planejamento junto aos passageiros transportados resulta em melhores soluções que atendam aos dois critérios, já que não terá a limitação da análise unicamente pela relação da oferta e demanda.

Para que a dimensão-chave da acessibilidade e mobilidade na avaliação da equidade seja incluída no planejamento dos transportes públicos, os conceitos relacionados à ela precisam estar conectados. No entanto, o planejamento da mobilidade e acessibilidade, mesmo tendo uma relação forte, possui objetivos distintos. A mobilidade busca facilitar a locomoção com o foco no sistema em si. Em geral, os projetos de mobilidade são voltados para melhoria da

infraestrutura, sem considerar os fluxos de viagens (HANDY, 2005). Ainda, a mobilidade é estudada com o foco nas viagens das pessoas no dia a dia, quantidade, modo de transporte, tempo de deslocamento, dentre outros (PEREIRA *et al.*, 2020).

Por outro lado, a acessibilidade pode ser entendida como a oportunidade que os sistemas de uso do solo e transportes dão aos indivíduos de participarem de atividades por meio dos modos de transporte (GEURS; VAN WEE, 2004). Para atingimento da acessibilidade, a escolha do modo de transporte e a integração dele com o uso do solo também são importantes e essa relação é definida como conectividade (HANDY, 2005).

Assim, o conceito de acessibilidade é um elemento-chave no planejamento dos transportes por impactar a capacidade das pessoas se deslocarem no ambiente urbano e com isso articular políticas de transporte, desenvolvimento urbano e uso do solo (PEREIRA *et al.*, 2020). Ademais, a acessibilidade depende de vários fatores: a localização residencial, a distribuição espacial, as características do sistema de transportes, como o acesso e tempo de viagem, bem como nível de renda e restrições e preferências em relação às atividades (MARTENS; BASTIAANSSEN, 2019; BOISJOLY *et al.*, 2020a). Também, a acessibilidade tem por objetivo facilitar o acesso, foca no destino e no viajante. Dessa forma, os projetos são voltados para ações que liguem origens a destinos ou que reduzam as necessidades de viagens através do uso do solo (HANDY, 2005).

No processo de tomada de decisão, faz-se necessário que o planejamento seja feito sob a ótica da acessibilidade, o que exige novas ferramentas e aplicação de métodos desde o projeto (LEVINE *et al.*, 2019). Para os autores, caso sejam utilizadas as ferramentas existentes com as medidas existentes de tempo e velocidade de viagem, o planejamento será realizado com base na mobilidade, não podendo afirmar que a solução proposta afeta positiva ou negativamente a acessibilidade.

Assim, pode-se dizer que o planejamento da acessibilidade apresenta menores impactos ambientais, podendo ser substancialmente mais econômica e tem mais alternativas de solução do problema. Além disso, a longo prazo, o planejamento da acessibilidade tem potencial de resultar em sistemas de transportes melhores para a população, tanto do ponto de vista operacional, como da sustentabilidade (HANDY, 2005).

Essas informações podem ser relacionadas às condições de transporte e bem-estar da população e podem ser obtidas por pesquisas origem-destino. Porém, a oferta de transporte deve ser avaliada do ponto de vista da acessibilidade, avaliando os níveis de oportunidade de transportes disponíveis para os grupos sociais e a proporção de exclusão ou desvantagem social (AIVINHENYO; ZUIDGEEST, 2019). Além disso, as desigualdades de oportunidades podem

ter relação com a falta de infraestrutura e serviços de transporte, bem como a falta de acesso aos serviços disponíveis por incapacidade física, falha de segurança ou outros fatores. Posto isto, a análise associada de parâmetros de mobilidade e acessibilidade tem potencial de gerar relevantes avaliações de equidade no planejamento de um sistema de transporte público urbano.

3.2 PLANEJAMENTO DO SISTEMA TRANSPORTE PÚBLICO PELA EQUIDADE

O planejamento do transporte público é sempre voltado para questões de eficiência ou econômicas e os estudos recentes relacionados à questões sociais abordam o planejamento do transporte como um todo, sem foco no transporte público (ADLI; CHOWDHURY, 2021).

Com o intuito de promover a equidade, Shi (2021) aponta que o planejamento dos transportes precisa acontecer em dois eixos: aumento da competitividade do transporte público para viabilizar a equidade entre os modos e alocação de recursos de projetos de tráfego para promover a equidade regional. O primeiro deles diz respeito à uma política de regulamentação das externalidades dos veículos privados e uma estratégia de desenvolvimento da priorização dos transportes públicos. Já o segundo, aponta como medidas a construção de uma rede de transporte público rápido para possibilitar uma ligação justa entre as regiões da cidade e a construção de uma rede de transporte conectada e densa para que atenda todo o território.

Os estudos relacionados à equidade também têm potencial de identificar a influência das modificações do espaço urbano no sistema de transportes e assim entender as necessidades de deslocamento da população. Com isso, é possível gerar indicadores para que os planejadores desenvolvam e monitorem os planos de mobilidade (SHARMA *et al.*, 2020). Além disso, os autores apontam que dependendo das estratégias dos planos e dos órgãos gestores, os indicadores relacionados à equidade devem ser utilizados para melhorar a rede e atingir o objetivo proposto. O índice de Gini, por exemplo, é um parâmetro com essa característica que é apontado por Sharma *et al.* (2020); caso a estratégia seja buscar um serviço uniforme para todos os membros, o índice deve ser próximo de zero, ou seja, equidade horizontal perfeita. Porém, quando o objetivo é ter um sistema mais robusto em determinadas áreas, como é o caso de usuários cativos ou que dependem exclusivamente do sistema, o índice deve ser mais próximo de um, o que indica desigualdade, mas não injustiça. Assim, Sharma *et al.* (2020) afirmam que o resultado do estudo quando aplicado na prática deve combinar o índice com as questões sociais envolvidas.

Como discutido no capítulo 2, alguns estudos de avaliação da equidade envolvem medidas de oferta e demanda dos sistemas de transportes. Nesses casos, os métodos

desenvolvidos nos estudos buscam em geral identificar as lacunas ou desertos de acessibilidade e mobilidade. Para o planejamento dos transportes, a utilização destes métodos é importante para avaliar os sistemas e identificar as deficiências e assim formular as políticas que orientem as melhorias necessárias (LI; FAN, 2020). Da mesma forma, Aman e Smith-Colin (2020) contribuem com uma pontuação de acessibilidade do transporte público que possui o mesmo intuito de análise e apontam que o estudo contribui tanto para estimativa da oferta e acessibilidade do transporte público, como com uma metodologia que pode ser aplicada na análise das deficiências do sistema.

Outro tópico de grande importância relacionado à equidade são os investimentos em projetos de transporte e mobilidade. No planejamento de novas infraestruturas ou investimentos em sistemas existentes, a avaliação do impacto social resultante da intervenção é crucial para o desenvolvimento sustentável das cidades. A contribuição na melhoria do acesso às oportunidades, principalmente das pessoas de baixa renda, é a questão central da equidade nos transportes (PEREIRA, 2019). No caso desse estudo, Pereira (2019) avalia o projeto de transporte do BRT do Rio de Janeiro em dois momentos: parcialmente implantado e totalmente implantado e para variados tempos de viagem (30, 60, 90 e 120 minutos). A análise conclui que para os menores tempos, 30 e 60 minutos, os impactos na acessibilidade são maiores, principalmente para grupos de baixa renda, tendo mais acesso às atividades. Para os tempos maiores, os benefícios são menores e mais distribuídos por todos os grupos. Pereira (2019) enfatiza mostrando a importância desse incluir esse tipo de estudo com mais frequência no planejamento dos transportes, principalmente avaliando essa diferenciação pelos tempos de viagem.

Da mesma forma, os estudos de equidade tanto podem envolver o efeito de projetos de melhoria no transporte público, como a avaliação de impactos de programas de realocação habitacional, visto que os dois projetos podem afetar o nível de acessibilidade da população pobre (BRUSSEL *et al.*, 2019). No caso do programa de realocação de moradias, este reduziu os níveis de acessibilidade de grande parte da população de baixa renda na cidade de Ahmedabad (Índia), reduzindo assim a equidade (BRUSSEL *et al.*, 2019). Além disso, para redução da exclusão social, Brussel *et al.* (2019) apontaram que o planejamento deve ser voltado para a melhoria do transporte público, a interação com o transporte não motorizado e o desenvolvimento de estratégias integradas de transporte e uso do solo. Essas conclusões corroboram com a necessidade de avaliação posterior das políticas públicas para comprovar a melhoria da equidade, e isto se aplica em diversos âmbitos, são só nos transportes públicos.

Quando o objetivo é avaliar previamente um projeto ou investimento, a análise do nível de acessibilidade do transporte público em cenários presente e futuro comparando com a densidade populacional pode resultar em importantes análises espaciais da equidade (ADHVARYU *et al.*, 2019). As principais vantagens para o planejamento são: orientar investimentos futuros em transporte público; melhorar o processo de planejamento integrando as questões de transporte e uso do solo; guiar melhor a política de estacionamento, facilitar a escolha de localização residencial; melhorar as ofertas de moradia acessível e de baixo custo; e, por fim, entender melhor as demandas de mobilidade da população mais pobre. Além disso, esta é uma análise aplicável para situações com baixo orçamento e disponibilidade de dados. Por isso, esse mapeamento da acessibilidade deve ser parte integrante das ferramentas-padrão para que os planejadores sejam orientados para escolher melhores as soluções de transporte público, resultando assim em melhores políticas públicas de transportes, principalmente em países em desenvolvimento.

Essencialmente, o sistema de transporte público precisa fornecer mobilidade para que as pessoas alcancem seus destinos, porém também tem um papel especial na acessibilidade. Diferente dos outros modos, o transporte público pode aumentar a proximidade dos destinos diretamente, pela implantação de nova infraestrutura de transporte, ou indiretamente, pelo desenvolvimento de atividades e oportunidades em torno da nova infraestrutura (LEVINE *et al.*, 2019). Os autores conceituam a escala destes impactos como local e regional, sendo a ocorrência da segunda quando o benefício das novas oportunidades e atividades ocorrem tanto para os usuários do sistema de transporte público, como para os não usuários.

Ademais, o entendimento da acessibilidade das pessoas ao território urbano pode ajudar os formuladores de políticas públicas a entender como o sistema está impactando no acesso das pessoas às atividades em diferentes regiões da cidade, ou seja, o nível de privação social (QI; LIM; HOSSEIN RASHIDI, 2020). Dessa maneira, outras estratégias, além das melhorias relacionadas à infraestrutura dos sistemas de transporte público, podem ser tomadas, como por exemplo, a política tarifária. A política tarifária tem influência na escolha pelo modo individual, afetando a acessibilidade global, sendo observado em situações em que pessoas com renda mais baixa não conseguem acessar certa região da cidade, como a área central, pelo alto custo monetário do transporte público, aumentando assim a exclusão social (QI; LIM; HOSSEIN RASHIDI, 2020). Por isso, é importante ressaltar que outros fatores, além da infraestrutura, também devem ser considerados na definição da equidade.

A base de custos de um sistema de transporte público possui duas categorias, os custos de capital e os custos operacionais. Os custos de capital englobam fatores como infraestrutura,

veículos e equipamentos (HENSHER, 2021). Já os custos de operação são mão de obra, combustível, manutenção, entre outros (SPERNBAUER *et al.* 2022). Assim, a implementação bem-sucedida de um planejamento passa pela garantia de que os investimentos financeiros sejam feitos respeitando os orçamentos operacional e de capital do sistema de transporte público. Também é importante que haja um processo constante de avaliação e monitoramento das ações para aumentar a chance de o planejamento atingir seus propósitos (MEIRA, 2013).

Ainda na questão dos custos, o planejamento deve diferenciar estratégias financeiras de financiamento. As estratégias financeiras atuam quando o recurso é disponibilizado para investimento em um sistema de transporte (BLAS *et al.*, 2022). Já o financiamento diz respeito às fontes de recursos para esse investimento. É importante ter isso em mente, pois para melhorar um sistema de transporte público de uma grande cidade geralmente são necessários megaprojetos e milhões de reais em investimento. Diante dessa questão, o ITE (2016) coloca que obter o nível de financiamento necessário para fornecer infraestrutura e serviços de transporte público de qualidade será o desafio mais importante que o setor enfrentará nos próximos anos.

Então, os sistemas de transporte público mundiais muitas vezes enfrentam o paradoxo de decidir entre diminuir custos ou aumentar a qualidade. Os usuários estão exigindo aumento de qualidade dos serviços concomitante à redução do preço das tarifas (GOMIDE; CARVALHO, 2016), o que gera a necessidade de subsídios por parte das autoridades competentes para tornar esse serviço mais acessível às pessoas de menor renda (OLIVEIRA *et al.*, 2022) ou ainda a melhoria da eficiência do sistema para atender essas necessidades. Entender e colocar essa questão custo versus qualidade no planejamento é primordial, pois um sistema de transporte público considera (ou deveria considerar) não apenas quantos passageiros serão atendidos, mas também o transporte como influenciador de desenvolvimento socioeconômico e de sustentabilidade das cidades.

Assim, as decisões operacionais normalmente são influenciadas pela qualidade desejada, mas limitadas pela maior ou menor restrição financeira e a eficiência que o sistema possui. Contudo, a literatura aponta alternativas para melhorar atendimento da demanda. Por exemplo, o ITE (2016) diz que o processo de planejamento para induzir maior atração de demanda para o transporte público é determinado por fatores como:

- Disponibilidade do serviço: pré-condição básica para o uso do transporte público e influencia diretamente na escolha do modo de transporte. É medida pela proximidade

de uma parada ou estação de transporte público à origem e destino de um usuário do sistema.

- Disponibilidade temporal: a atratividade do transporte público também depende da disponibilidade do serviço ao longo do dia.
- Tempo de espera: o tempo de espera em uma estação é uma função da frequência de serviço.
- Tempo de viagem no veículo: a quantidade de tempo gasto no veículo é determinada pela velocidade de deslocamento dos veículos e pelas distâncias percorridas.
- Confiabilidade: é uma das características mais importantes do serviço de transporte público para os passageiros, pois atrasos imprevisíveis ou frequentes impedem que pessoas com horários rígidos usem o transporte público ou, quando o utilizem, devem assumir uma flexibilidade considerável em seu tempo de viagem.
- Segurança: projetos de sistemas de transporte público bem-sucedidos incutem nos passageiros uma sensação de bem-estar enquanto viajam no sistema. São definidas pela frequência de incidentes ou acidentes por milhão de viagens de passageiros ou veículo-km percorrido.
- Conforto e conveniência dos passageiros: o conforto é influenciado por três fatores principais: disponibilidade de assentos ou grau de aglomeração; condições do veículo (temperatura, limpeza etc.); e movimento do veículo.
- Custo/tarifas do usuário: as despesas desembolsadas incorridas para uma viagem em transporte público em comparação com o custo de fazer a viagem por outros modos são uma medida importante da qualidade do serviço ofertado ao passageiro.

Cabe ao planejamento adotar medidas que melhorem cada um desses itens listados levando em conta o padrão de qualidade desejado dentro da realidade financeira vigente. Apesar do grande avanço nesses últimos anos de estudos, a forma como são incorporadas as medidas de equidade não é muito difundida e são necessários mais estudos para compreender os obstáculos e oportunidades de se abordar o planejamento dos transportes e acesso às atividades de forma conjunta (BOISJOLY *et al.*, 2020b).

Ademais, mesmo sabendo que o uso do solo e transportes afetam os padrões de acessibilidade, é importante também buscar outros determinantes da acessibilidade, por exemplo por meio de modelos de regressão (BOISJOLY *et al.*, 2020b). Estudos que envolvem a equidade de acessibilidade no transporte público, alguns citados nesse documento, são

realizados com o intuito de avaliar tecnicamente as cidades, entendendo as deficiências, mas nem sempre abrangendo causas ou soluções e o processo de planejamento (ADLI; CHOWDHURY, 2021).

Por esse motivo, existe uma lacuna na literatura de métodos para englobar as questões sociais no planejamento do transporte público (ADLI; CHOWDHURY, 2021). Ademais, Adli e Chowdhury (2021) apontam a falta de uma integração entre as teorias e o planejamento, dificultando a inclusão de parâmetros relacionados a equidade na tomada de decisão política. Assim, as políticas não têm ou têm poucos indicadores para mensurar o caráter social do sistema de transporte público.

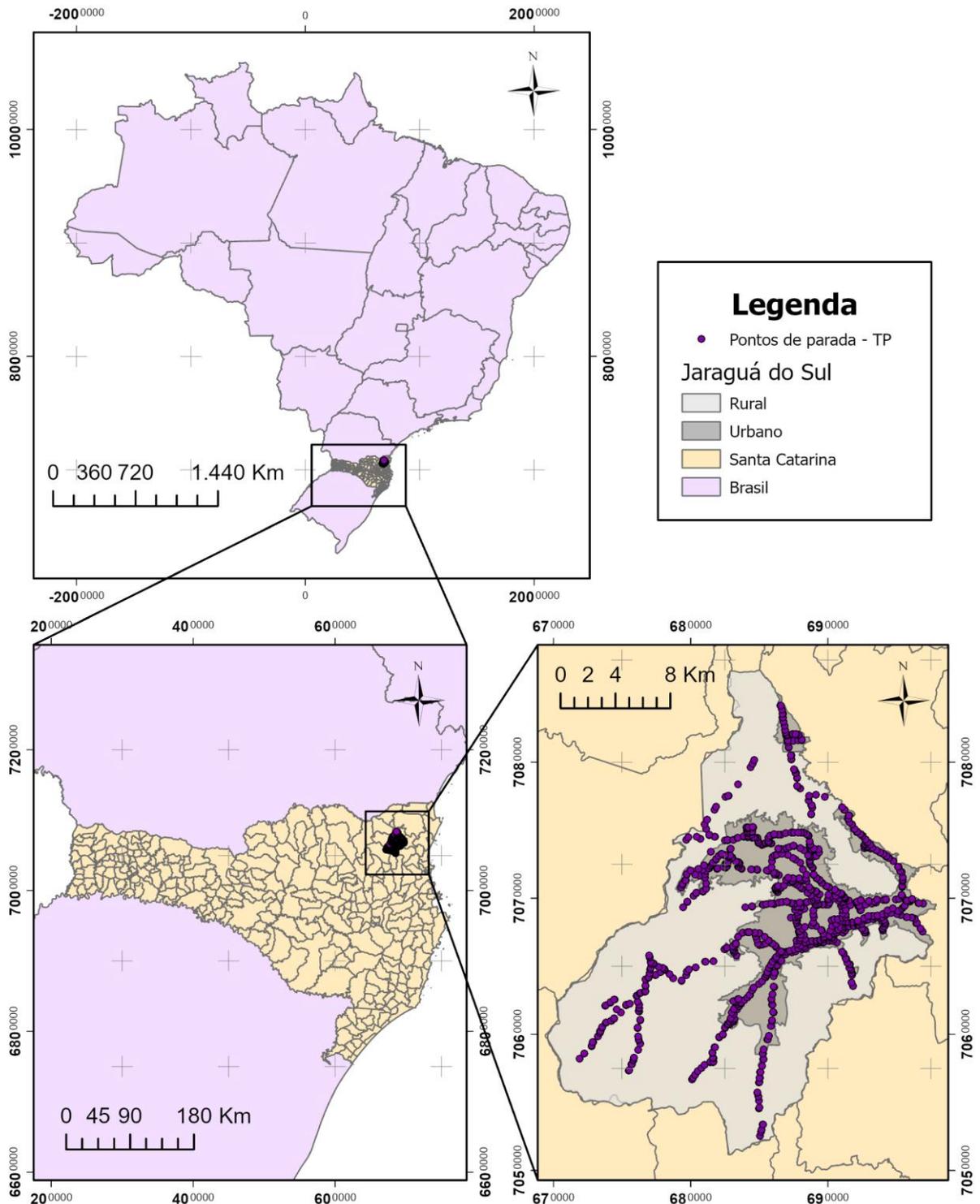
Os parâmetros de avaliação das questões sociais podem melhorar de maneira sustentável a relação entre a acessibilidade que as pessoas necessitam para realizar suas atividades com o sistema de transporte público que é oferecido pela cidade (ADLI; CHOWDHURY, 2021). Isso contribui também para a busca de um planejamento mais sustentável e mais justo para todos. A redução da desigualdade socioespacial do acesso às oportunidades é um desafio que só será alcançado com a plena integração entre os transportes e o ordenamento do uso do solo (PEREIRA *et al.*, 2019).

Neste contexto, nesta tese é proposto um procedimento para diagnóstico e inclusão da equidade no planejamento pela análise da oferta e da demanda. Como demonstrado, nenhum estudo utilizou ambas as abordagens como um procedimento para redução das desigualdades na oferta do transporte público. O procedimento faz uso de dados de GTFS sugerido por Li e Fan (2020) para análise da equidade. Ainda, são identificados os desertos de serviço, conforme sugerido por Aman e Smith-Colin (2020). Por fim, o perfil demográfico da população e a renda são aspectos avaliados neste procedimento que está detalhado no Capítulo 5. A área de estudo utilizada para validação do procedimento proposto é descrita na próxima seção.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A aplicação do procedimento proposto nesta tese foi realizada para o sistema de transporte público do município de Jaraguá do Sul, localizado em Santa Catarina (Figura 2).

Figura 2 – Localização do município de Jaraguá do Sul – SC e suas zonas urbana e rural



Fonte: IBGE (2021).

Jaraguá do Sul é considerada uma cidade média com população (total, feminina e masculina), domicílios ocupados, área (total, urbana e rural) e passageiros transportados por dia sintetizados na Tabela 3. Essas informações são obtidas a partir dos dados espaciais do IBGE (2021) e do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) disponibilizados pela empresa Mobilibus e autorizados pelo operador Senhora dos Campos.

Tabela 3 – Caracterização da região em estudo

Dados	Quantidade
População Total	138.475
População Feminina	68.996
População Masculina	69.479
Domicílios Ocupados	42.646
Área Total (km ²)	472,2
Área Urbana (km ²)	123,5
Área Rural (km ²)	348,7
Passageiros transportados/dia (média da semana de referência)	14.715

Fonte: A Autora (2022).

Nota: Dados obtidos através do banco de dados do IBGE (2021) e SBE (2021).

Na Figura 3 é ilustrado o histograma da renda por grid. Observa-se que 70% dos *grids* têm renda média domiciliar até R\$ 3.006,35. Ainda, 90% dos *grids* têm renda de até R\$ 3.876,27. Logo, dado esta estratificação, optou-se analisar a renda por quartis, conforme ilustrado na Figura 4. Pode-se observar a predominância de população com renda no quarto quartil na região central de Jaraguá do Sul, ocupando grande parte da área urbana do município. Ademais, nas demais áreas da cidade observam-se população com os demais três quartis, sendo a predominância de população com renda no primeiro quartil na região rural.

Figura 3 – Histograma da Renda por grid

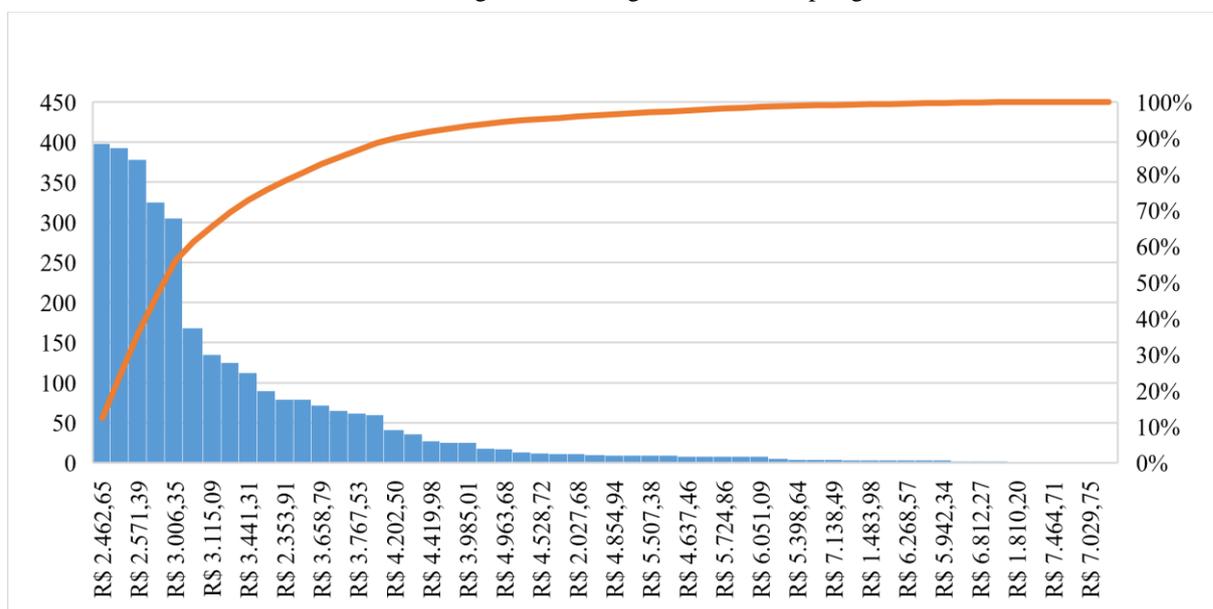
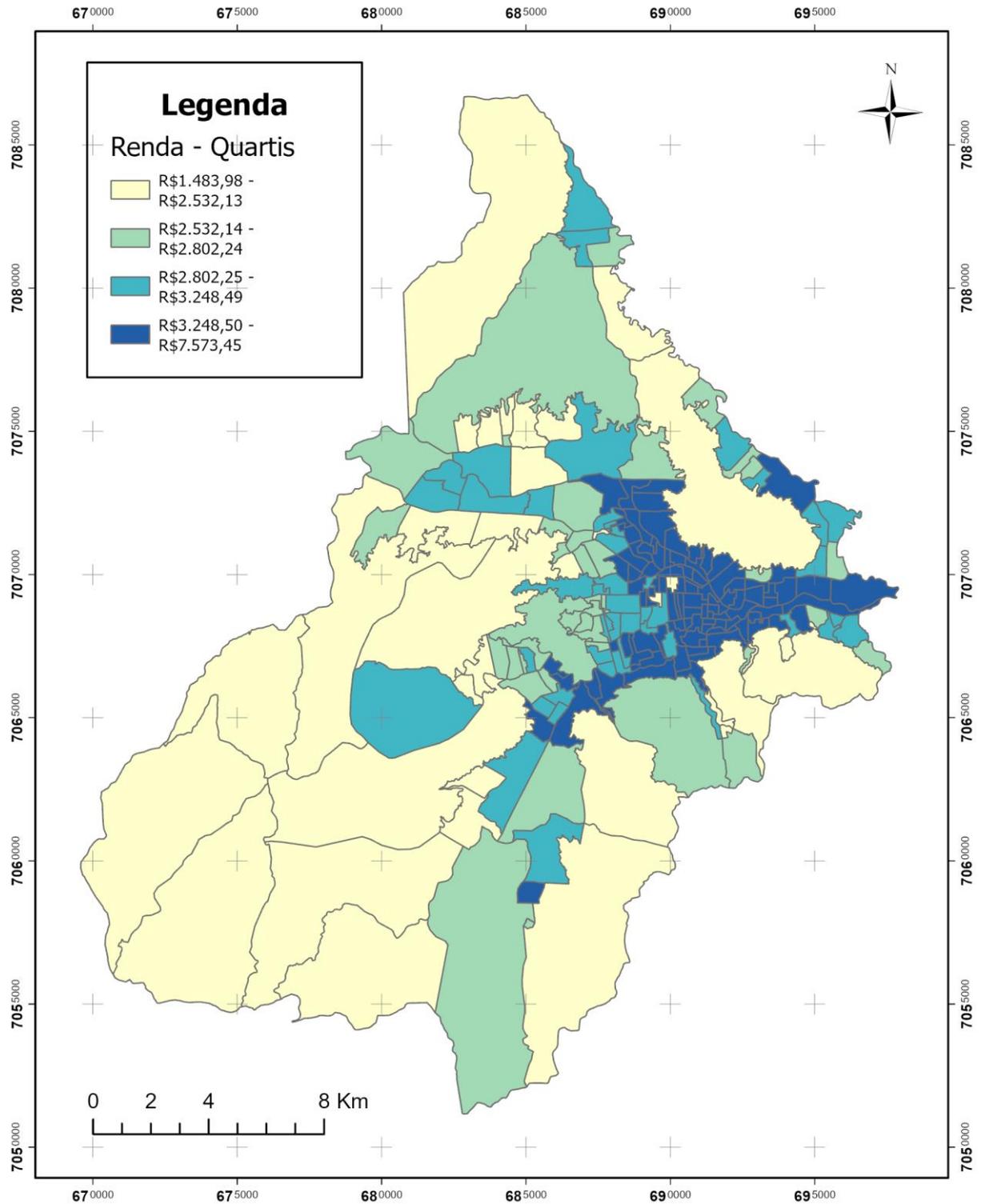


Figura 4 – Região com setores censitários divididos pelos quartis da renda média domiciliar

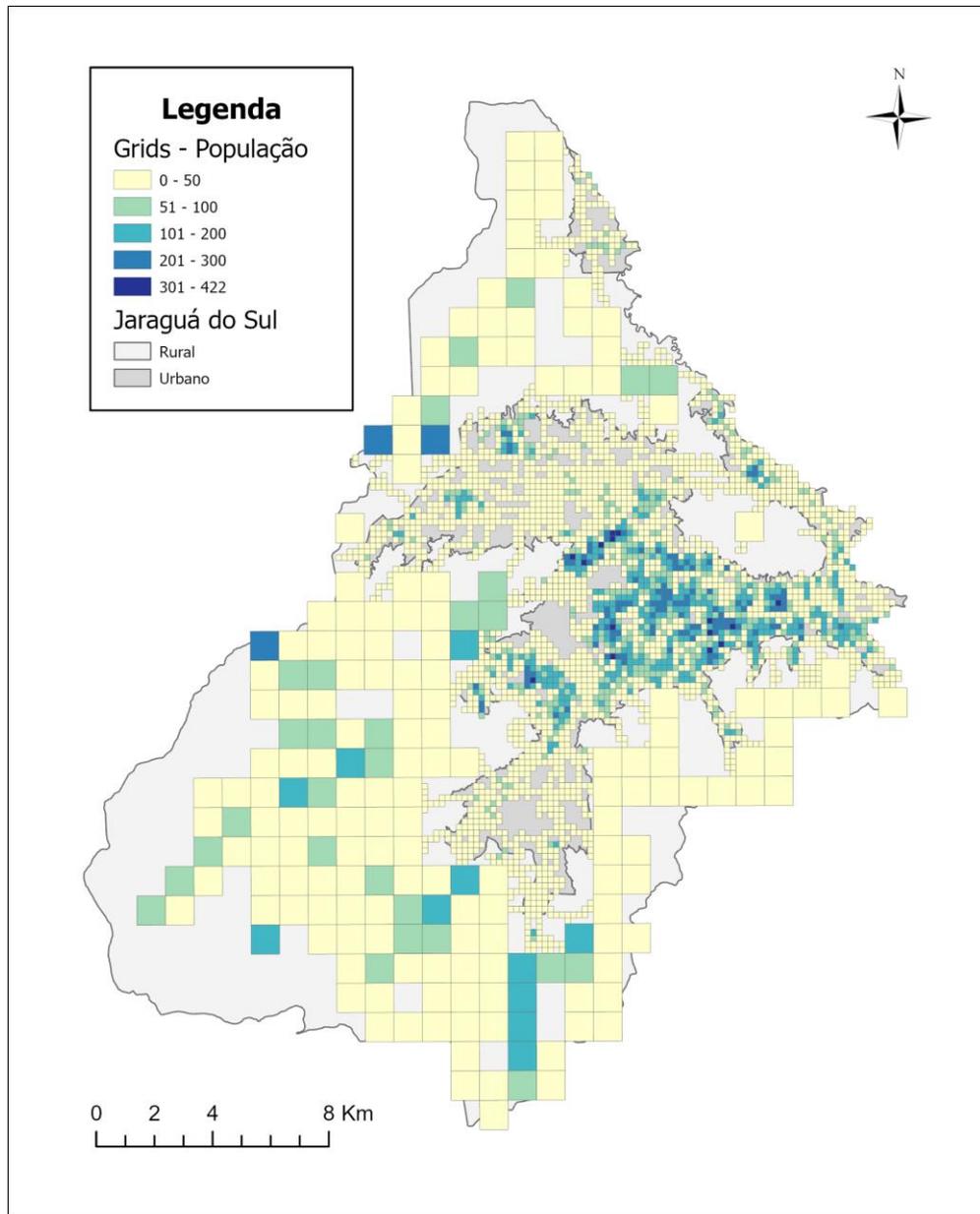


Fonte: IBGE (2021).

As informações sociais de população total, feminina, masculina e domicílios ocupados estão agregados espacialmente por *grids*, como exposto na Figura 5. É interessante observar que existe uma densidade populacional alta em muitos *grids* centrais da região urbana, porém

a população ainda é bastante dispersa por todo o território. Ademais, mesmo a maior parte da população sendo urbana, é possível observar que ainda existe uma parcela relevante nas áreas rurais e por isso algumas partes delas já são atendidas pelo sistema atual de transporte público, como será apresentado na Seção 4.1.

Figura 5 – Grids dos dados populacionais



Fonte: IBGE (2021).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

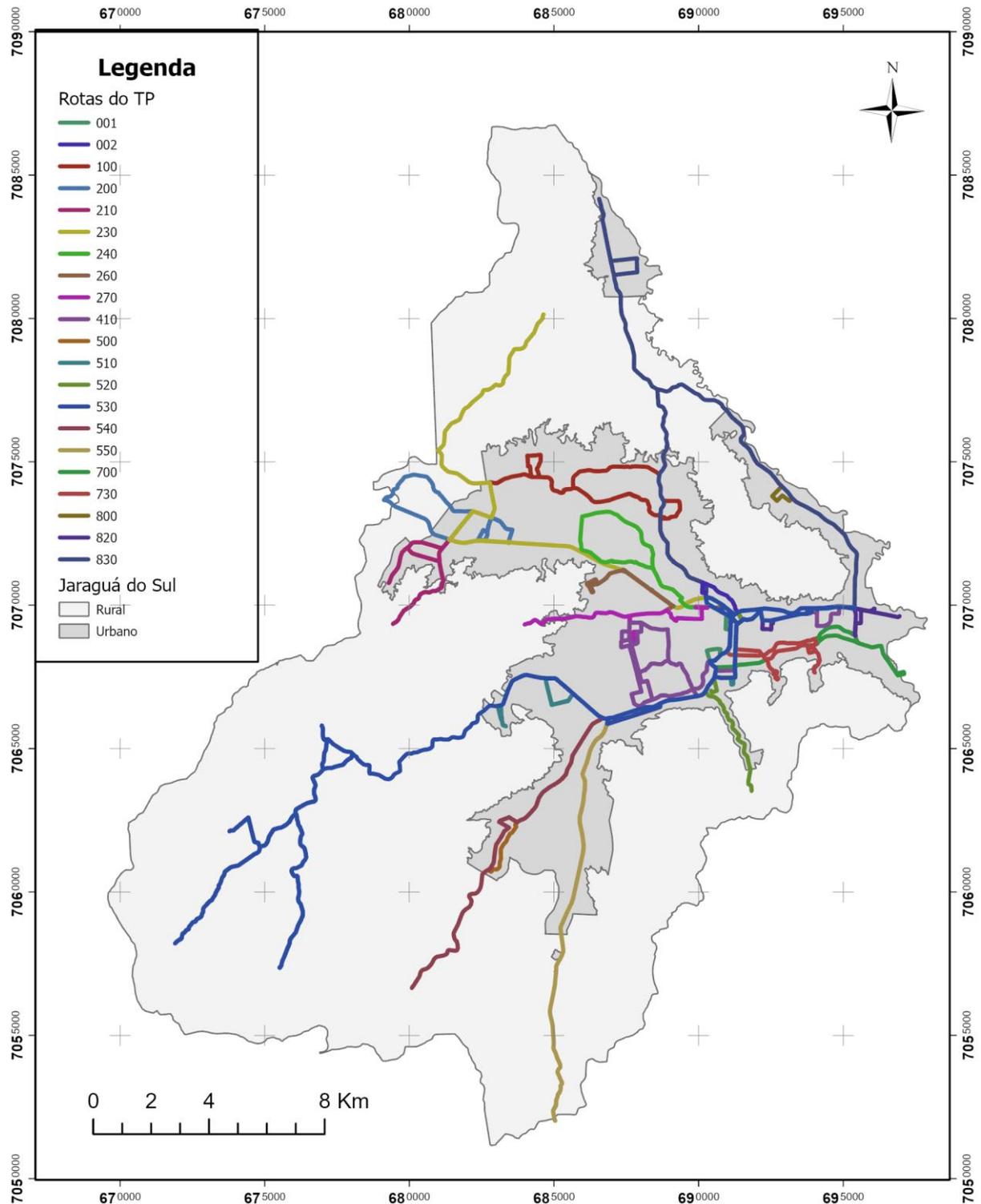
O sistema de transporte público de Jaraguá do Sul é operado pela empresa Senhora dos Campos, sendo composto, em 2021, por 21 linhas, cuja descrição e identificação estão apresentadas na Tabela 4. Na Figura 6, por sua vez, são expostos os desenhos das linhas do sistema do município. É possível observar que, mesmo as linhas sendo do sistema urbano, algumas delas se prolongam pelas áreas rurais para atender a população que lá se encontram. Além disso, alguns trechos relativamente longos apresentam sobreposição de linhas, com algumas delas variando apenas nos trechos mais periféricos do município.

Tabela 4 – Linhas em operação no período do estudo

Nº	Descrição	Nº	Descrição
001	Circular Central	510	Ouro Verde / Jaraguá 84
002	Circular Scar	520	Rio Molha
100	Três Rios	530	Garibaldi
200	Nereu	540	Rio da Luz
210	Braço / Salto / Ribeirão Cavallo	550	Alto da Serra
230	Ribeirão Grande	700	Figueira
240	Pau	730	Boa Vista / Águas Claras
260	Estrada Nova	800	João Pessoa
270	Chico de Paulo	820	Centenário
410	São Luís	830	Santa Luzia
500	Cruz de Malta		

Fonte: Mobilibus (2021).

Figura 6 – Mapa das linhas em operação no período em estudo

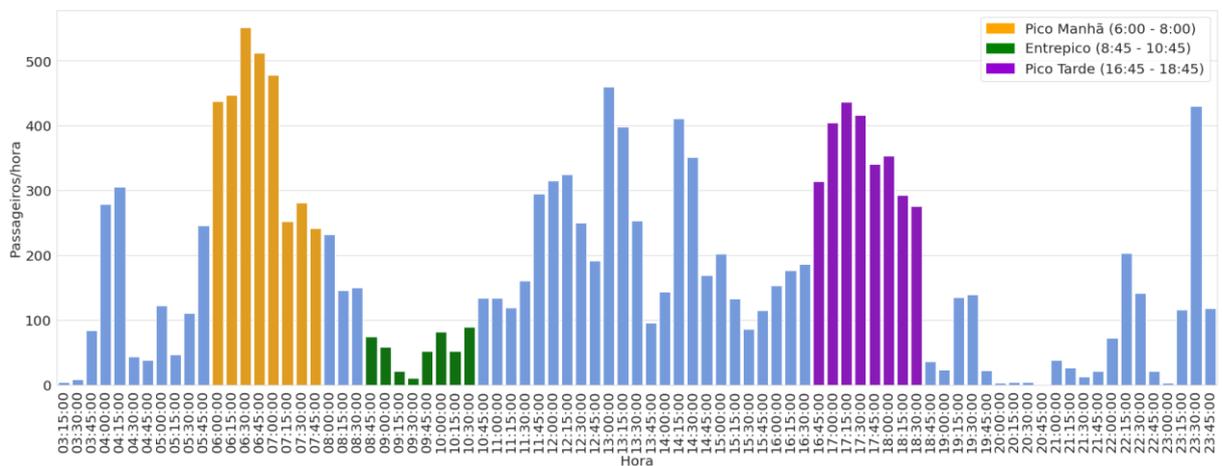


Fonte: Mobilibus (2021).

Na Figura 7 é ilustrada a variação dos passageiros embarcados para intervalos de 15 minutos para o dia útil 21 de setembro de 2021 (terça-feira). Este dia foi escolhido por representar bem o perfil dos deslocamentos para a semana de referência utilizada na análise. É

possível notar os períodos de maior e menor demanda ao longo do dia. Sendo assim, o maior pico encontrado foi o da manhã entre 6h00 e 8h00 (barras amarelas), o outro grande pico ocorre a noite entre os horários de 16h45 e 18h45 (barras roxas) e o principal entropico ao longo do dia é pela manhã entre 8h45 e 10h45 (barras verdes). Com isso, os três períodos de destaque foram estudados para a avaliação da variação ao longo do dia da demanda e oferta do serviço e consequentemente a análise da equidade de acessibilidade e mobilidade ao sistema de transporte público.

Figura 7 – Variação da demanda para intervalos de 15min do dia 21/09/2021

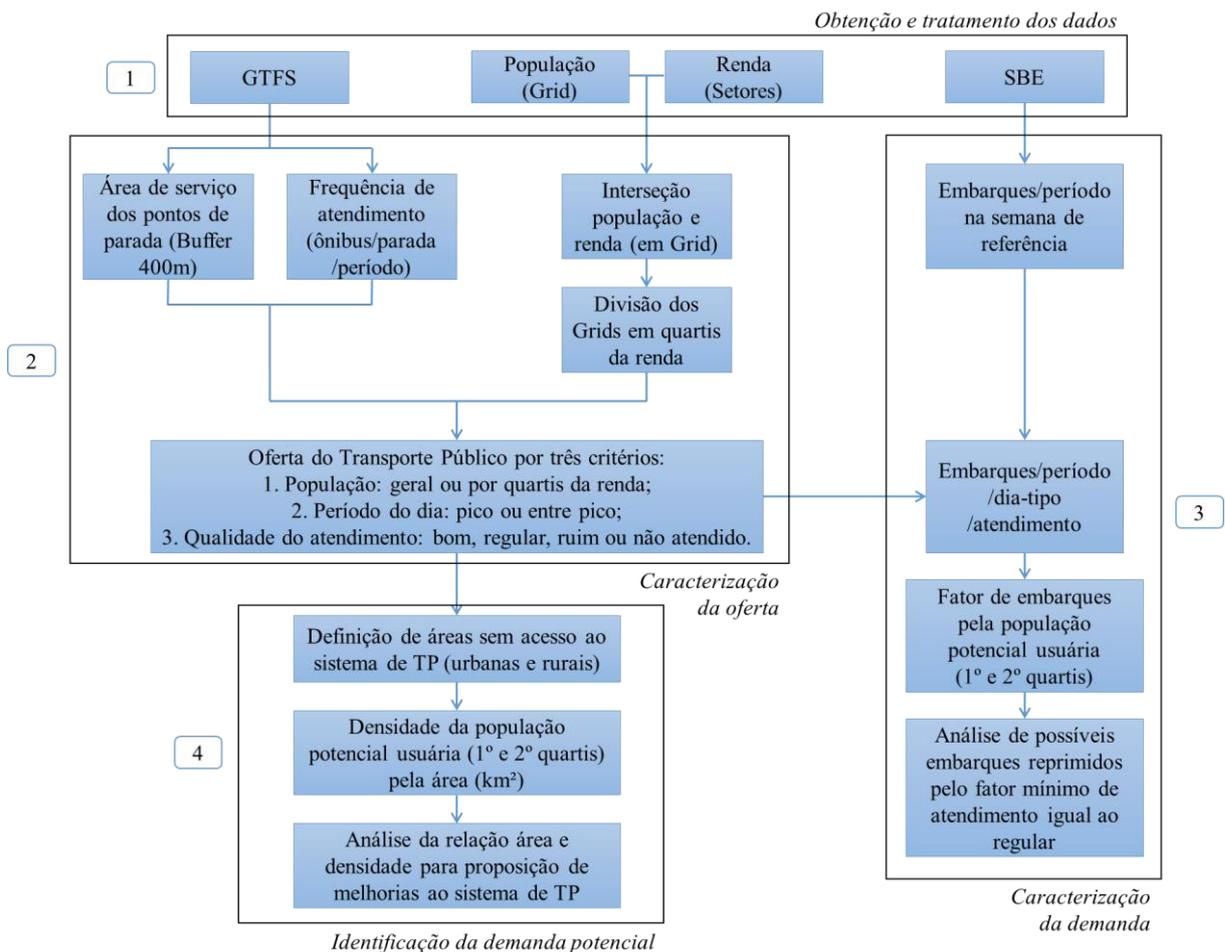


Fonte: A Autora (2022) a partir dos dados do SBE (2021).

5 METODOLOGIA

O procedimento proposto para esta tese tem sua estrutura sintetizada apresentada na Figura 8 e será detalhado neste capítulo. A análise trata da utilização de dados operacionais e socioeconômicos para a caracterização da oferta de transporte público urbano e avaliação das deficiências na alocação do serviço para o atendimento equitativo da população. Para isso, o fluxograma foi dividido em quatro blocos que serão detalhados no decorrer do capítulo que avaliam a oferta, a demanda e a operação do transporte público.

Figura 8 – Fluxograma do procedimento proposto



Fonte: A Autora (2022).

5.1 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

A primeira etapa trata dos dados necessários para atingir os objetivos propostos nesta tese. Para tanto, foram usados dados operacionais do sistema de transporte público no formato GTFS (*General Transit Feed Specification* ou em português, Especificação Geral de Feeds de Transporte Público) que retratam a oferta do sistema, dados populacionais e de renda em *grid* do município em estudo, que retratam a demanda, e dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) que retratam a operação do serviço.

Os dados operacionais em formato GTFS são compostos por arquivos de texto que, quando compilados, produzem informações espaciais sobre o sistema de transporte público, como linhas, viagens, frequência, paradas de ônibus, entre outros. Os dados de *grid* quadrada (do inglês, *square grid data*, denominados apenas de *grid*) são dados agregados em uma região quadrada de 200m x 200m em áreas urbanas e 1.000m x 1.000m em áreas rurais. Esses dados foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) e contêm informações de população total, feminina masculina e domicílios ocupados. A renda média domiciliar também foi obtida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), mas a partir da desagregação por setores censitários.

Por fim, os dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica – SBE possuem informações dos embarques realizados no sistema de transporte público urbano e devem ser no mínimo de uma semana (considerando apenas os dias úteis) de referência para a análise do comportamento da demanda do sistema. No caso deste estudo, os dados obtidos retratam a semana de referência de 20 a 24 de setembro de 2021 (SBE, 2021).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

A segunda etapa do procedimento está relacionada à caracterização da oferta de transporte público por meio das medidas de avaliação da equidade. Neste estudo, a análise da equidade considera a justa alocação de recursos no transporte público a fim de atender toda a população de um município. Para isso, duas medidas foram usadas: a área de serviço dos pontos de parada e a frequência de atendimento do sistema.

A área de cobertura do serviço de transporte público é definida pela metodologia de planejamento como a área dentro uma distância de caminhada de 400m do ponto de parada de ônibus (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, 2013). O cálculo desta área pode ser feito em *softwares* de Sistema de Informação Geográfica

(SIG) por meio do desenho de *buffers*, que são círculos em torno das paradas de ônibus com raio de 400m. Essa é uma medida bastante utilizada para avaliar a acessibilidade da população ao sistema de transporte público e pode ser feita a partir dos dados GTFS que apresentam a localização dos pontos de parada. Mesmo já sendo possível o cálculo da distância de caminhada pela rede viária para formar a área de cobertura, no caso desta metodologia, optou-se pela forma mais simples de análise para facilitar a aplicação prática, já que nem sempre é possível adquirir um *software* como o ArcGis que realiza essa análise, podendo ser feito diretamente por meio de *softwares* gratuitos ou linguagem de programação. Ademais, salvo casos específicos, o *buffer* gera bons resultados de análise para a obtenção da área de serviço, não sendo muito diferente das áreas obtidas pela área de cobertura da rede.

A frequência de atendimento do sistema também é obtida a partir dos dados GTFS e representa a quantidade de ônibus que passam em cada parada em um determinado período do dia. Essa medida está relacionada à oferta do serviço que é um fator relacionado à mobilidade do sistema de transportes, podendo ser utilizada para análise da equidade. Para obtenção das frequências de atendimento, é necessário a determinação dos períodos que serão estudados. Os picos e entrepicos do sistema devem ser definidos a partir dos dados de embarque do sistema de bilhetagem eletrônica em dia útil típico para intervalos de 15 em 15 minutos (Figura 7).

Um dos produtos necessários na composição do conjunto de dados GTFS está relacionado ao agendamento do sistema de transporte público. Este arquivo é chamado de '*stop_times*' e contém o tempo estimado de chegada e informações de identificação da viagem e do ponto para cada ponto de parada. Como as análises deste trabalho são para os períodos de pico da manhã, noite e entrepico dos dias úteis, o cálculo da frequência de atendimento não pode ser feito diretamente com todos os dados disponíveis no arquivo '*stop_times*'. Para tanto, foram necessários dois filtros antes do cálculo. Primeiramente, os horários programados de chegada aos pontos de parada são filtrados para o período estudado, por exemplo, o pico da manhã que começa às 6:00 horas e termina às 8:00 horas. Em seguida, os dados são filtrados para serviços de dias úteis a partir da combinação do arquivo '*stop_times*' com os arquivos '*trips*' (identificação dos serviços para cada viagem) e '*calendar*' (identificação dos dias da semana atendidos para cada serviço). Por fim, o cálculo da frequência de atendimento é realizado com a divisão da contagem dos atendimentos programados para cada ponto de parada pelas duas horas da duração de cada período de pico e entrepico utilizado.

Para que a caracterização da oferta e acesso ao transporte público seja realizada, é necessária a uniformização da agregação dos dados socioeconômicos que corresponde exatamente à inclusão dos dados de renda nos *grids* com os dados populacionais. Assim, para

obter dados mais coerentes com as informações obtidas, nos *grids* que possuem interseção de mais de um setor de renda, o valor final foi obtido a partir da média ponderada pela contribuição de cada setor na área dos *grids*.

Após a transferência dos dados dos setores para os *grids*, é realizada a segmentação em quartis da renda domiciliar do município. Como os dados secundários de renda obtidos estão agregados inicialmente pelos setores censitários, a média por *grid* após a interseção acaba resultando em um intervalo suavizado e valores extremos acabam não aparecendo nos dados existentes. No caso em estudo, por exemplo, se observa que o valor mínimo da renda de um *grid* é R\$ 1.483,98 e o máximo é R\$ 7.573,45. Assim, foram identificados os quartis de renda a divisão econômica do estudo foi feita baseada nos quartis. Para o caso de Jaraguá do Sul, os quartis são: 1º quartil abaixo de R\$ 2.478,94, 2º quartil entre R\$ 2.478,94 e R\$ 2.725,53, 3º quartil entre R\$ 2.725,53 e R\$ 3.050,54 e 4º quartil acima de R\$ 3.050,54.

A caracterização da oferta do sistema de transporte público é então obtida por meio de três principais critérios: extratos da população, período do dia, e qualidade do serviço. A população é analisada de forma geral e dividida de acordo com os quartis da renda domiciliar. Os períodos do dia foram avaliados para os picos e entrepicos mostrados na Figura 7 para analisar os horários de maior e menor demanda e comparar o dimensionamento da oferta para o atendimento da população em diferentes situações ao longo do dia. A qualidade do serviço foi analisada pela frequência de atendimento e dividida em quatro critérios: atendimento bom, regular, ruim ou não atendido. Estes critérios são detalhados na Tabela 5.

Tabela 5 – Padrão de qualidade dos intervalos de atendimento do transporte público

Atendimento	Intervalo entre atendimentos (minutos)	Qualidade do Serviço Perspectiva do passageiro
Bom	< 15	Tempo máximo desejado de espera quando perder uma viagem
Regular	15 – 30	Precisa adaptar o horário de viagem, nem sempre coincidindo com o horário ótimo de partida e chegada
Ruim	> 30	Obrigam os passageiros a verificar o horário das viagens para adaptar a viagem
Não Atendido	Inexistente	Não existe atendimento por serviço de transporte público

Fonte: A Autora (2022) adaptado de Ferraz Torres (2004) e National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2013).

Com esses critérios, os *buffers* dos pontos de parada foram combinados com a frequência de atendimento e foram obtidas áreas com atendimento bom, regular, ruim e não atendido. Nas áreas em que existe uma interseção entre os *buffers* de paradas com níveis de atendimentos diferentes, prevalece o maior nível de atendimento. Em outras palavras, uma

mesma área que possui um ponto de parada com frequência de atendimento bom e outro com atendimento regular, será considerada de atendimento bom, pois existe um ponto de parada dentro de uma distância de 400 metros com frequência menor que 15 minutos.

Ademais, para os *grids* que foram interceptados por mais de uma área de atendimento, a população foi dividida entre as áreas de atendimento de acordo com o percentual da área do *grid* contida em cada tipo de atendimento. Assim, como os dados do IBGE estão segregados em população total, feminina, masculina e domicílios ocupados, é possível obter a quantidade dessas categorias por quartil de renda domiciliar quando interceptado com a renda dos setores e para cada nível de atendimento ao longo dos três períodos no dia. Estes resultados permitem diagnosticar a oferta e analisar a equidade do transporte público ao longo da cidade e pelos extratos da população.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Os dados do SBE foram usados então, para obter os embarques em cada um dos períodos estudados na semana de referência. Para isso, foram extraídos os dados de cada período, resultando em uma quantidade de embarques na semana de referência dentro de cada uma das áreas de atendimento (bom, regular, ruim e não atendido). Com isso, é possível obter os embarques por período e por tipo de atendimento para um dia típico pela média dos embarques dos cinco dias estudados.

Com os embarques por dia, período e tipo de atendimento é possível calcular o fator de embarques da população potencial usuária proposto. A população potencial usuária foi definida com o intuito de focar nos domicílios com renda domiciliar mais baixa, pois são estas pessoas que tendem a utilizar mais o transporte público (GALINDO; LIMA NETO, 2019; OLIVEIRA et al., 2019; PEREIRA, 2019; SALAU, 2015). Em geral, os autores definem o perfil da população pelo perfil de renda domiciliar por residente ou por residência (GALINDO; LIMA NETO, 2019; OLIVEIRA et al., 2019), o que não pode ser comparado com a agregação pela média da renda do setor censitário, tipo de agregação utilizado nesta tese. Ademais, em geral, a característica dos usuários do transporte público no Brasil não é explorada pela restrição da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais – LGPD (BRASIL, 2018).

Assim, como não foram encontradas referências que sejam compatíveis com a renda média, a representação da população usuária do transporte público foi definida como inserida nos 1º e 2º quartis de renda por terem maior potencial de incluir os usuários efetivos do sistema.

Com isso, o fator de embarques é calculado pela razão entre o número de embarques e a população potencial.

Com isso, a medida intitulada ‘fator de embarque por população’ permite avaliar os embarques prováveis nos três tipos de regiões: quando o atendimento é ruim; quando não é atendido; mas tem infraestrutura ou; quando não tem nenhum acesso próximo ao sistema. O fator de embarques por população potencial do atendimento regular é considerado como o mínimo necessário para melhorar a equidade do sistema de transporte público. Assim, os embarques reprimidos nos três tipos de regiões (atendimento ruim, não atendido e com acesso ou não atendido e sem acesso) são calculados a partir da população potencial usuária e do fator calculado para o atendimento regular e ruim. Logo, é possível ter uma percepção da demanda potencial que está sendo excluída pela desigualdade de alocação dos recursos do transporte público.

5.4 IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA POTENCIAL

As áreas que não são atendidas por não possuírem infraestrutura do serviço a uma distância de caminhada menor ou igual a 400 metros precisam ser avaliadas de maneira diferente das áreas que estão próximas das infraestruturas e não possuem atendimento nos horários avaliados ou o atendimento é ruim. Para isso, as frações de áreas sem acesso foram agregadas em áreas pela existência de fronteiras entre elas e pela divisão entre urbana e rural. Com isso, pelos dados dos *grids*, é possível obter a população não atendida que se encontra em cada uma dessas áreas.

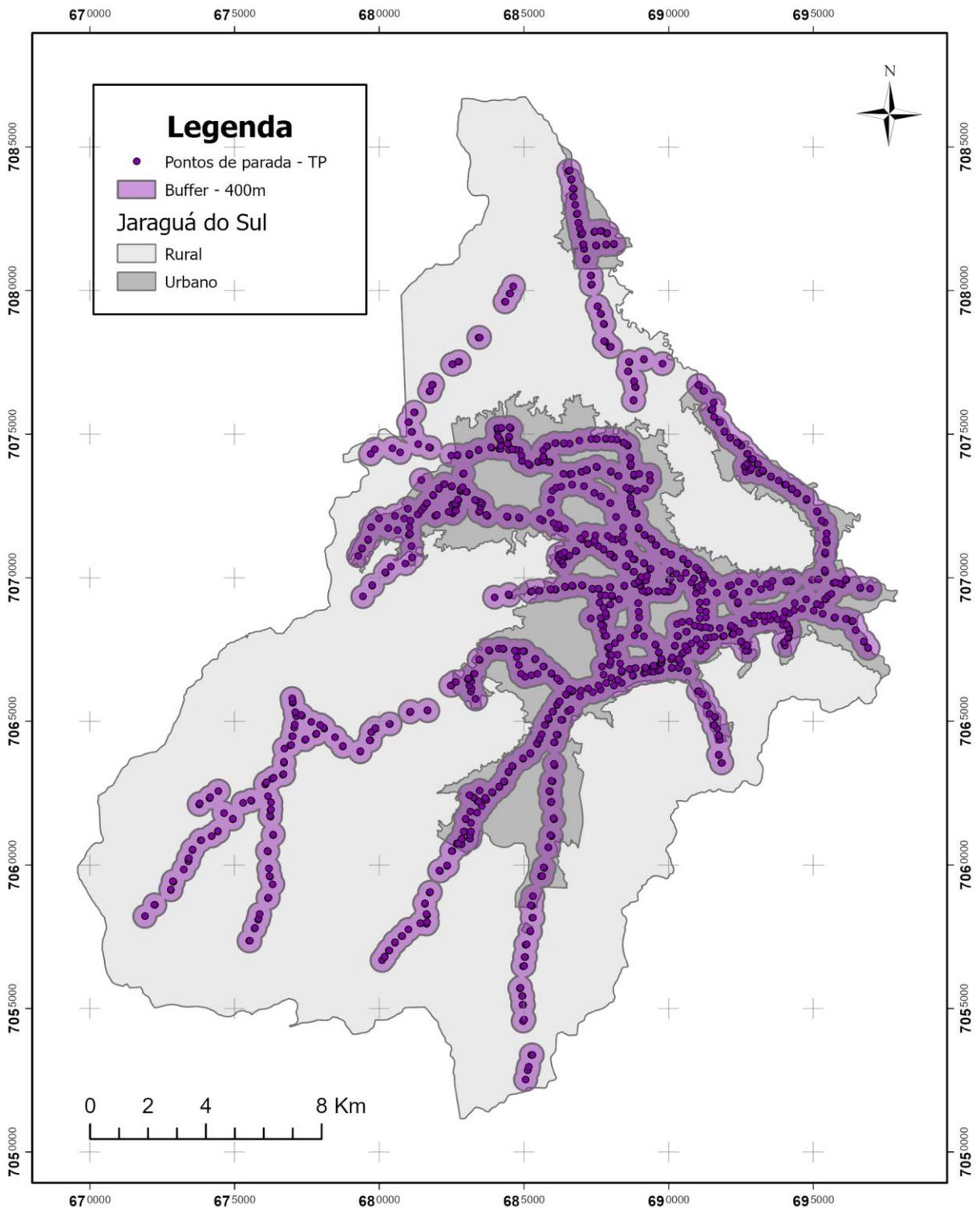
Dessa maneira, foram calculadas as densidades da população potencialmente usuária, ou seja, do 1º e 2º quartis pela área em km² das regiões sem acesso. Essa densidade aponta as áreas com maior demanda potencial da região estudada, ou seja, a população que pode ser atraída para o sistema de transporte público dada as condições favoráveis (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011). Logo, se torna possível avaliar as áreas sem acesso ao sistema de transporte público pela relação entre a densidade da população potencial usuária e a área em questão com o objetivo de buscar soluções viáveis operacional e economicamente. Ainda, os resultados poderão nortear a tomada de decisão dos planejadores para melhorar a equidade da alocação dos recursos pela redução das áreas sem acesso aos sistemas de transportes. Todas as análises realizadas nesse procedimento foram desenvolvidas no *software* ArcGIS e por meio de código de programação em linguagem Python.

6 RESULTADOS

Após a obtenção dos dados, a primeira análise foi realizada pela elaboração de *buffers* de 400 metros como indicado na literatura (FERRAZ; TORRES, 2004; NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, 2013). Assim, a criação de círculos de raio igual a 400m para cada ponto de parada foi realizada e esses círculos foram dissolvidos em uma área única para obtenção da área atendida pelo sistema de transporte público de Jaraguá do Sul. Na Figura 9 são apresentadas essas áreas de serviço, sendo possível observar que a maior parte da região urbana é atendida no raio de alcance proposto, tendo algumas linhas prolongadas por trechos das áreas rurais.

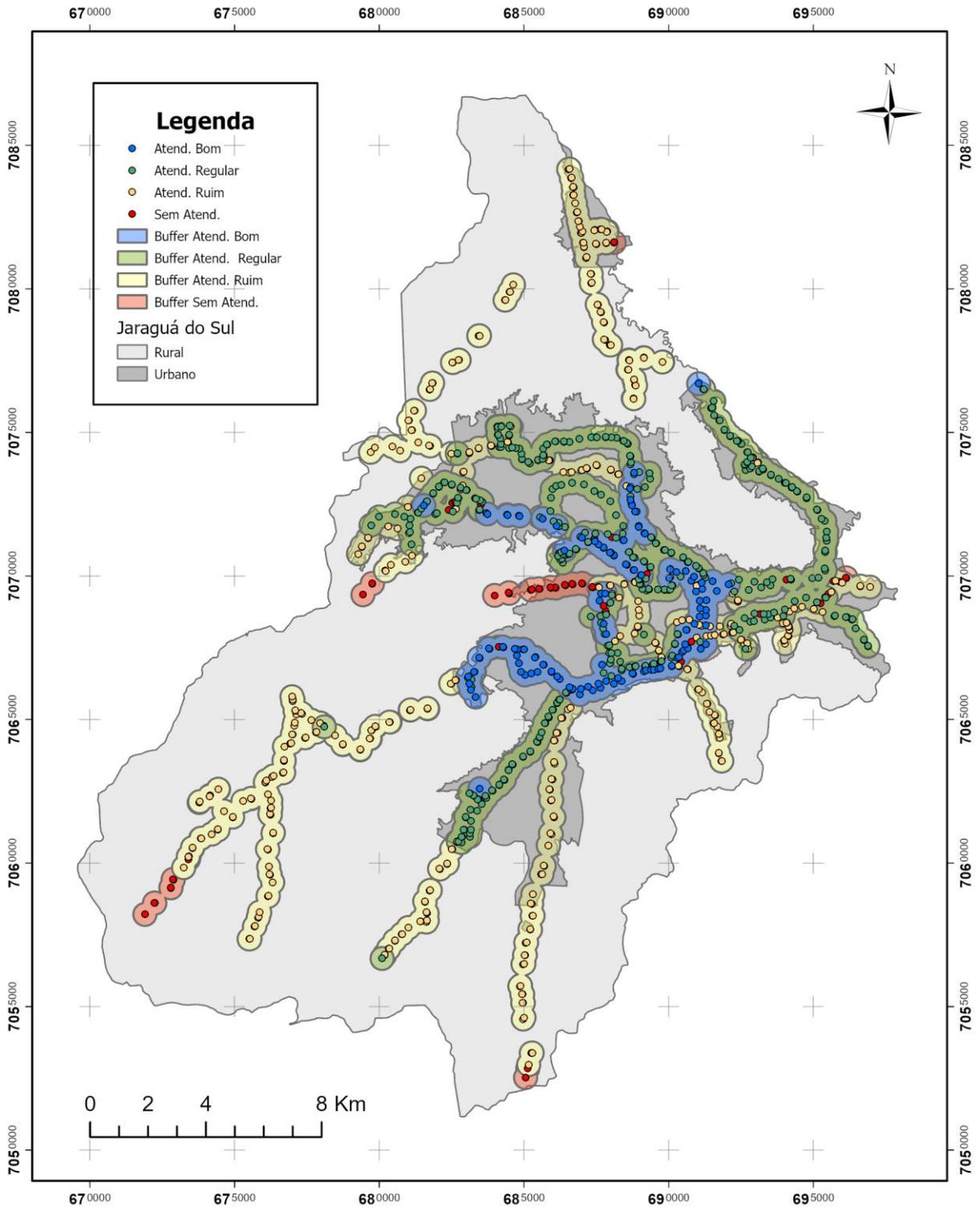
A obtenção das frequências de atendimento é, então, realizada. A quantidade de ônibus que passa por parada em cada um dos três períodos estudados foi calculada por meio das informações do GTFS com os identificadores de cada parada e foi adicionada aos atributos do mapa, podendo assim obter os pontos de parada e áreas que possuem atendimento bom, regular, ruim ou que não passam nenhum ônibus no horário analisado. Nas Figuras 10, 11 e 12 são ilustrados os pontos de parada e área de serviço para cada intervalo das frequências de atendimento nos três períodos estudados: pico da manhã (6h00 às 8h00), entrepico (8h45 às 10h45) e pico da tarde (16h45 às 18h45).

Conforme mostrado nas Figuras 10 a 12, o período com maior área de atendimento bom e regular é o pico da manhã, tendo o pico da tarde áreas desses tipos de atendimento um pouco menores. O período entre picos (Figura 11) apresenta áreas muito pequenas de atendimentos bom e regular e o aumento das áreas não atendidas. Basicamente, as áreas que no pico da manhã possuem atendimento ruim, no entrepico não são atendidas; as áreas com atendimento regular passam a ter, em sua maioria, o atendimento ruim e trechos da área com atendimento bom se transformam em regular, sendo o atendimento bom restrito a um total de dez pontos de parada dos 1.178 existentes.

Figura 9 – Área de serviço dos pontos de parada – *Buffer* de 400m

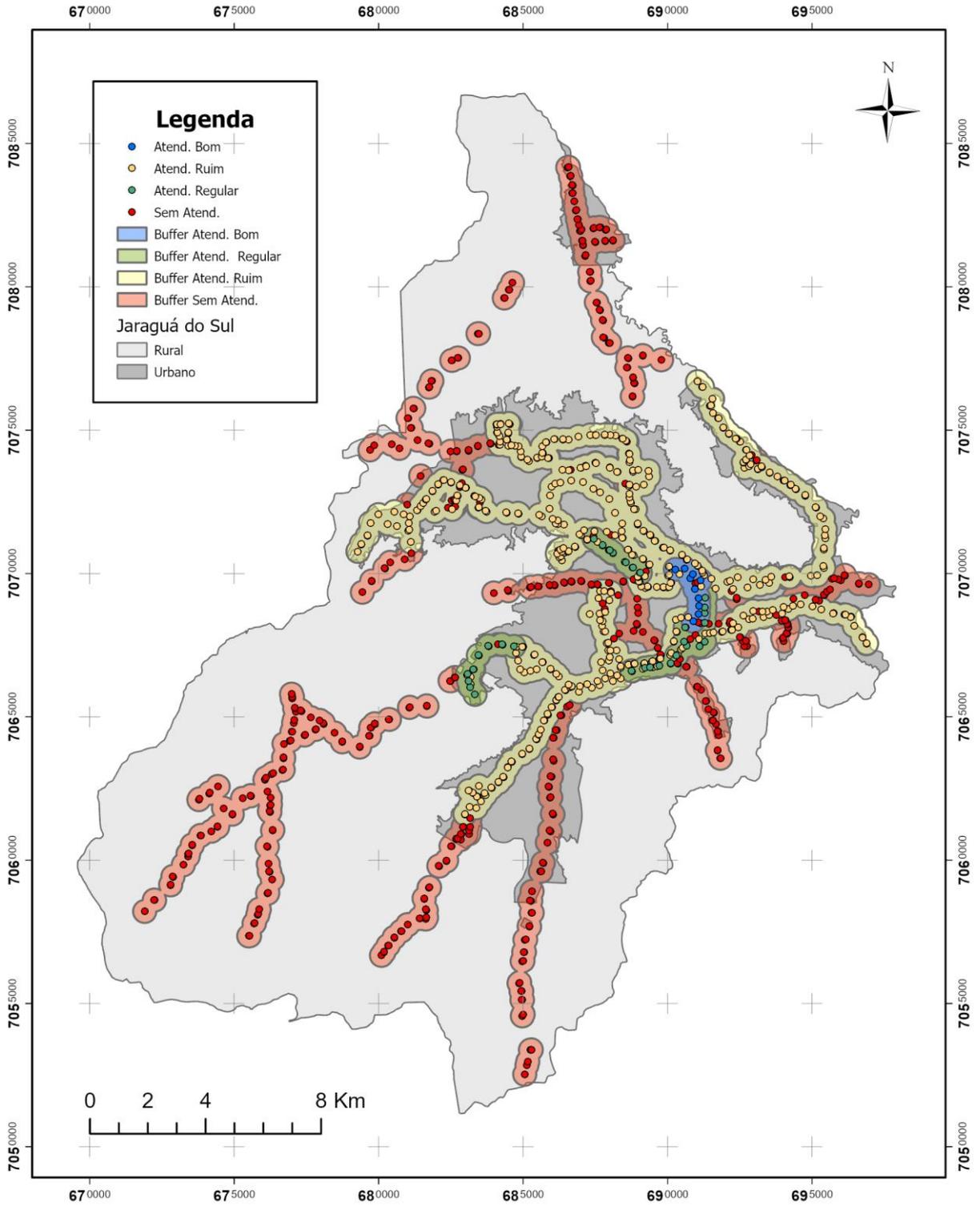
Fonte: A Autora (2022).

Figura 10 – Pontos de parada e área de serviço para o pico da manhã



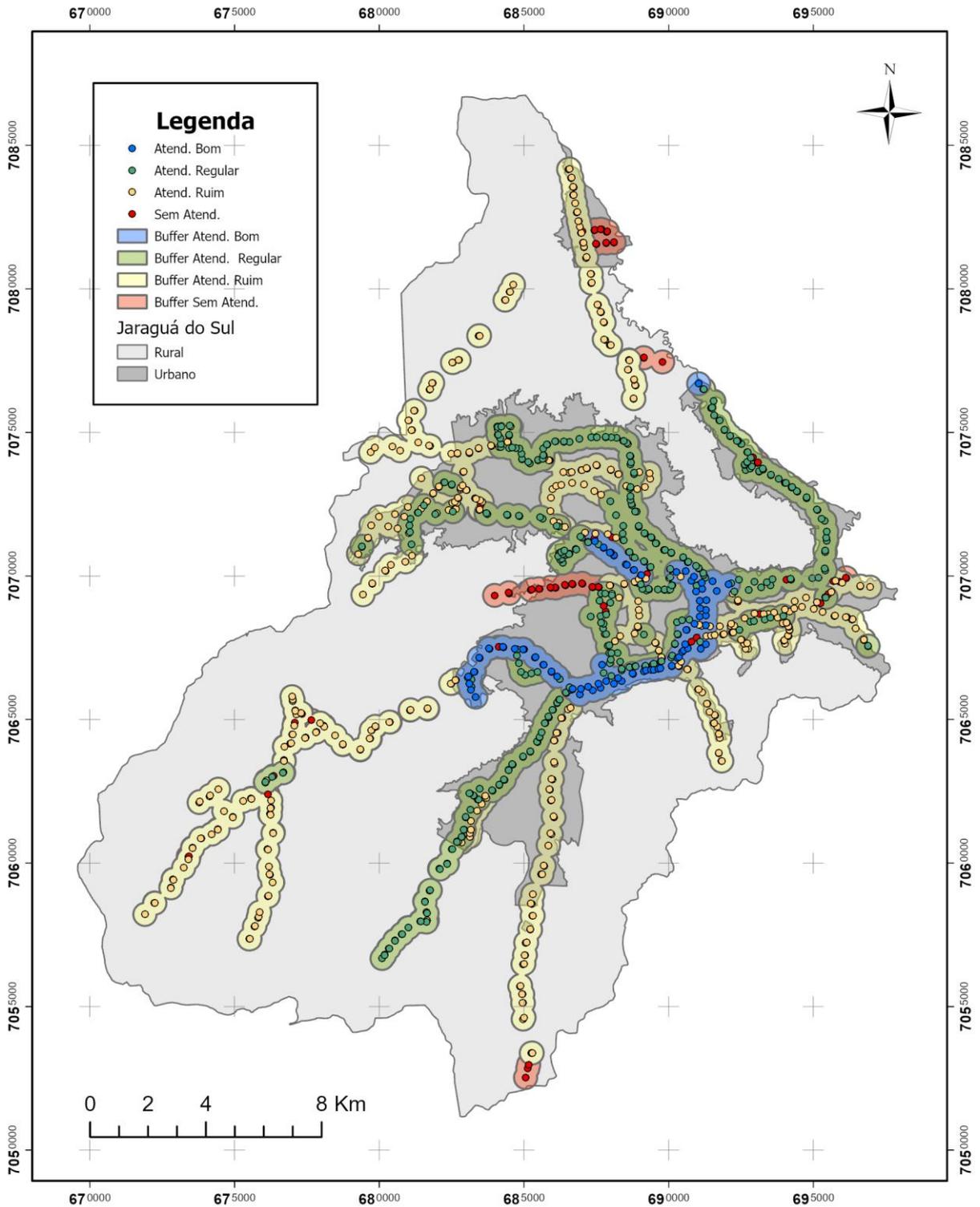
Fonte: A Autora (2022).

Figura 11 – Pontos de parada e área de serviço para o entrepico da manhã



Fonte: A Autora (2022).

Figura 12 – Pontos de parada e área de serviço para o pico da tarde



Fonte: A Autora (2022).

Analisando conjuntamente os dois indicadores, a área de serviço e a frequência de atendimento, é possível aferir que a oferta do sistema de transporte público de Jaraguá do Sul está relacionada à demanda pelo sistema. Isso ocorre pelo planejamento possivelmente ser

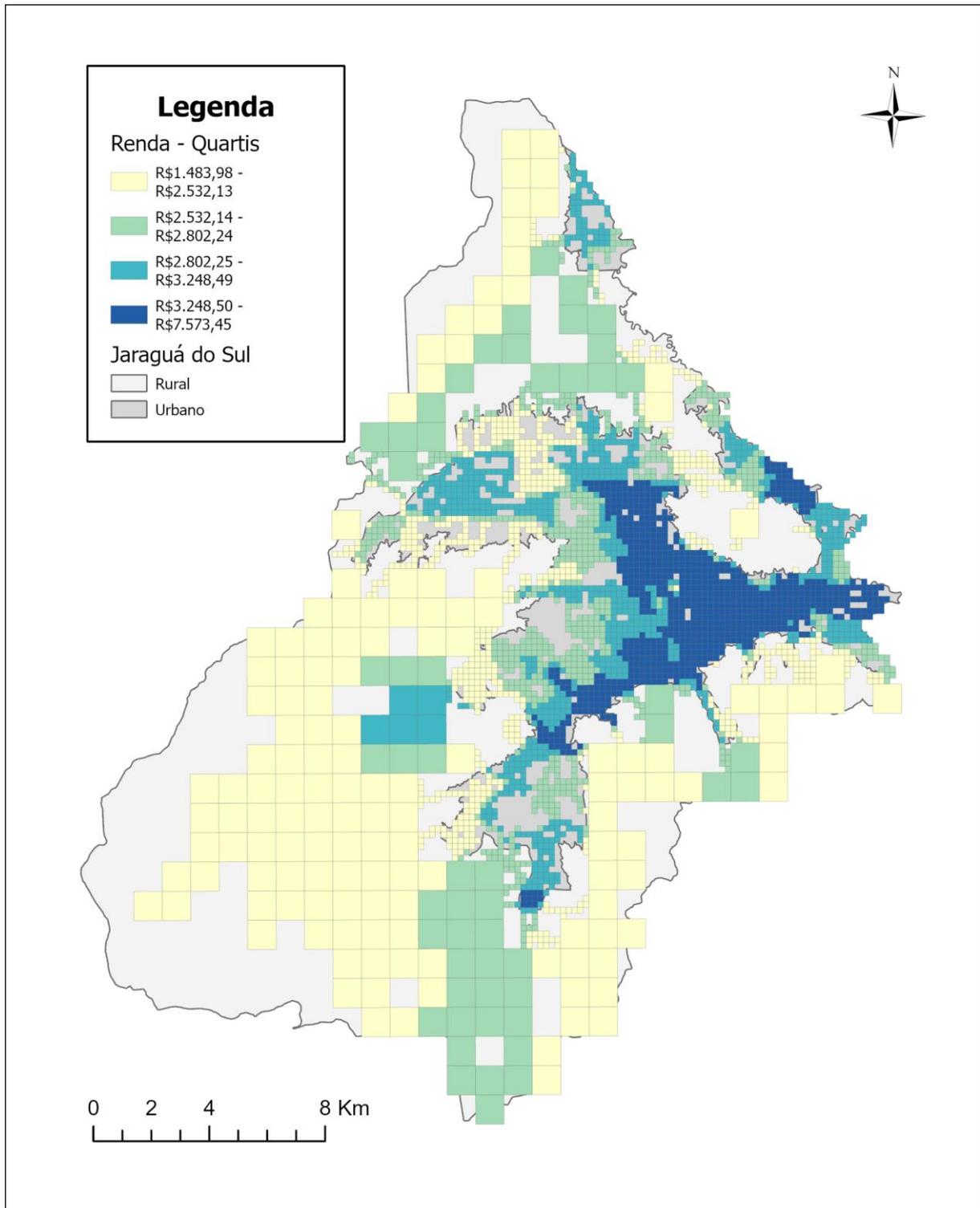
realizado a partir do levantamento dos passageiros transportados e ajuste da oferta pela variação desta demanda. Esse é um procedimento tradicionalmente utilizado nas cidades brasileiras em face de o planejamento ser realizado por meio da visão da viabilidade econômica e operacional do sistema.

No entanto, conforme apresentado no Capítulo 3, essa forma de planejar exclui do sistema a demanda potencial não usuária pela falta de acesso ao sistema e não avalia o impacto negativo para a população que a exclusão causa. Isto ocorre tanto para as pessoas que estão em áreas de pontos de paradas que não possui atendimento das linhas do sistema, como para as áreas fora dos *buffers*. Ademais, olhando ainda pela visão econômica, a demanda potencial é receita perdida para o sistema que poderia ser absorvida caso a rede tivesse uma maior eficiência para atender a demanda sem gerar custos extras ao sistema. Assim, a localização das áreas em que se encontra essa demanda e a dimensão dela é essencial para que o planejamento incorpore a análise da equidade do acesso ao sistema de transporte público.

Um dos pontos cruciais na busca pela identificação da demanda potencial é a definição do perfil da população que utiliza o transporte público. Em geral, o critério utilizado para estratificar as camadas sociais é a renda. A renda é um fator importante na escolha pelo modo de transporte, tanto pelas rendas muito baixas em que a população não utiliza o transporte público pela falta de capacidade de pagamento, como pelas rendas mais altas que optam, na maioria das vezes, pelo transporte individual.

Para que seja possível avaliar a população pelos extratos da renda, foi inserido nos *grids* as informações de renda dos setores, como descrito no Capítulo 5. A partir dos *grids* após a interseção, foram calculados os quartis da renda e estratificados espacialmente como apresentado na Figura 13. O padrão apresentado na Figura 13 é semelhante ao visto na Figura 4 por resultarem dos dados secundários dos setores censitários. Assim, como explicado no Capítulo 5, a única diferença ocorre nos *grids* que são interceptados por dois ou mais setores censitários. Nestes casos, a renda média domiciliar do *grid* é resultado da média das rendas dos setores censitários contidos ponderada pela área do *grid*.

Figura 13 – Grids estratificados pelos quartis que contém a renda domiciliar média



Fonte: A Autora (2022).

A identificação da população total atendida e por quartis de renda pode ser feita a partir da interseção entre os *grids* e as áreas de atendimento para cada período estudado. Assim, é possível avaliar, de forma geral, a população atendida e não atendida pela área de serviço, tanto

total como por quartis e todos esses divididos por tipo de atendimento para cada um dos períodos de pico e entrepico estudados.

Na Tabela 6 são apresentados os dados de população total, feminina, masculina e domicílios ocupados para a região e suas divisões da área de serviço e sem acesso e por quartis de renda. É possível observar que, mesmo a área de serviço atendendo boa parte da população (85,12%), a universalidade do serviço não foi atingida (COOTE *et al.*, 2019). Ademais, como a região em estudo tem poder aquisitivo alto de modo geral, a maior parte da população se encontra no 3º e 4º quartis, tendo como população potencial usuária do transporte público somente por volta de 33% do total. Porém, com essa análise ainda não é possível avaliar em que proporção a área de serviço do transporte público está atendendo a população potencial usuária, é necessário que seja feita a análise de atendimento por quartil da renda. Outra questão é que os dados de Jaraguá do Sul não apresentaram uma diferenciação relevante entre a população geral e a população feminina e masculina, separadamente. Também os domicílios ocupados tiveram características muito semelhantes. Sendo assim, as análises seguintes foram todas apresentadas somente para a população geral.

Tabela 6 – Dados da região por área de serviço e quartis da renda

Área / subdivisão	População Total		População Feminina		População Masculina		Domicílios Ocupados	
	Qtde.	Perc. %	Qtde.	Perc. %	Qtde.	Perc. %	Qtde.	Perc. %
Região	138.475	100,00%	68.996	100,00%	69.479	100,00%	42.646	100,00%
Área de serviço – Buffer 400m	117.863	85,12%	58.834	85,27%	59.021	84,95%	36.641	85,92%
Área sem acesso ao serviço	20.612	14,88%	10.162	14,73%	10.458	15,05%	6.005	14,08%
<i>Grids</i> do 1º Quartil	15.897	11,48%	7.751	11,23%	8.146	11,72%	4.306	10,10%
<i>Grids</i> do 2º Quartil	29.273	21,14%	14.388	20,85%	14.885	21,42%	8.532	20,01%
<i>Grids</i> do 3º Quartil	33.603	24,27%	16.638	24,11%	16.965	24,42%	10.003	23,46%
<i>Grids</i> do 4º Quartil	59.702	43,11%	30.219	43,80%	29.483	42,43%	19.805	46,44%

Fonte: A Autora (2022).

Nas Tabelas 7 a 11 são apresentadas as divisões por tipo de atendimento da população a partir das áreas de serviço expostas nas Figuras 10 a 12. Na Tabela 7 estão exibidas as informações para população em geral. Como pode ser observado, 73,1% da população possui atendimento bom ou regular no pico da manhã, 16,4% no entrepico e 66,9% no pico da tarde. Ainda, na Tabela 7 é traduzido em números o que pode ser observado nas Figuras 10 a 12: o melhor atendimento para região ocorre no pico da manhã, o pico da tarde possui uma frequência de atendimento um pouco menor de modo geral e o entrepico apresenta uma queda brusca na frequência de atendimento. Esses valores também confirmam que nos horários em que a demanda é maior, o sistema oferta melhor serviço com uma quantidade maior de viagens o que

resulta em maior população com acesso ao sistema, validando o fato do planejamento da operação ser feito para o atendimento da demanda.

Tabela 7 – Dados por tipo de atendimento da população geral

Período	6:00 às 8:00		8:45 às 10:45		16:45 às 18:45	
Dados	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %
Atendimento Bom	46.527	33,6%	6.572	4,7%	29.857	21,6%
Atendimento Regular	54.694	39,5%	16.179	11,7%	62.746	45,3%
Atendimento Ruim	15.783	11,4%	78.306	56,5%	23.774	17,2%
Ponto de parada sem atendimento	855	0,6%	16.802	12,1%	1.479	1,1%
Sem atendimento	20.616	14,9%	20.616	14,9%	20.619	14,9%
Total	138.475	100,0%	138.475	100,0%	138.475	100,0%

Fonte: A Autora (2022).

Já quando se observam as Tabelas 8 a 11, o cenário varia para cada um dos quartis. O 1º quartil tem os piores níveis de atendimento para boa parte da população. No melhor período que é o pico da manhã, ainda são 53,3% da população do 1º quartil com atendimento ruim ou que não são atendidos pelo sistema. Para o 2º quartil, o cenário melhora mais ainda é bem precário, pois 31,8% da população desse extrato está nessas mesmas condições. No 3º quartil, esse valor diminui para 26,5% e no 4º quartil chega a 17,7%, o melhor atendimento de todos os extratos.

Tabela 8 – Dados por tipo de atendimento da população do 1º quartil

Período	6:00 às 8:00		8:45 às 10:45		16:45 às 18:45	
Dados	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %
Atendimento Bom	2.620	16,5%	18	0,1%	1.961	12,3%
Atendimento Regular	4.805	30,2%	1.922	12,1%	5.416	34,1%
Atendimento Ruim	2.638	16,6%	4.986	31,4%	2.743	17,3%
Ponto de parada sem atendimento	220	1,4%	3.356	21,1%	156	1,0%
Sem atendimento	5.614	35,3%	5.615	35,3%	5.621	35,4%
Total	15.897	100,0%	15.897	100,0%	15.897	100,0%

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 9 – Dados por tipo de atendimento da população do 2º quartil

Período	6:00 às 8:00		8:45 às 10:45		16:45 às 18:45	
Dados	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %
Atendimento Bom	10.814	36,9%	0	0,0%	3.511	12,0%
Atendimento Regular	9.161	31,3%	2.629	9,0%	14.845	50,7%
Atendimento Ruim	3.122	10,7%	17.942	61,3%	4.383	15,0%
Ponto de parada sem atendimento	221	0,8%	2.750	9,4%	582	2,0%
Sem atendimento	5.955	20,3%	5.952	20,3%	5.952	20,3%
Total	29.273	100,0%	29.273	100,0%	29.273	100,0%

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 10 – Dados por tipo de atendimento da população do 3º quartil

Período	6:00 às 8:00		8:45 às 10:45		16:45 às 18:45	
Dados	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %
Atendimento Bom	8.189	24,4%	136	0,4%	3.552	10,6%
Atendimento Regular	16.489	49,1%	1.128	3,4%	16.838	50,1%
Atendimento Ruim	4.855	14,4%	23.145	68,9%	8.816	26,2%
Ponto de parada sem atendimento	362	1,1%	5.488	16,3%	688	2,0%
Sem atendimento	3.708	11,0%	3.706	11,0%	3.709	11,0%
Total	33.603	100,0%	33.603	100,0%	33.603	100,0%

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 11 – Dados por tipo de atendimento da população do 4º quartil

Período	6:00 às 8:00		8:45 às 10:45		16:45 às 18:45	
Dados	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %	Qtd.	Perc. %
Atendimento Bom	24.904	41,7%	6.418	10,8%	20.833	34,9%
Atendimento Regular	24.239	40,6%	10.500	17,6%	25.647	43,0%
Atendimento Ruim	5.168	8,7%	32.233	54,0%	7.832	13,1%
Ponto de parada sem atendimento	52	0,1%	5.208	8,7%	53	0,1%
Sem atendimento	5.339	8,9%	5.343	8,9%	5.337	8,9%
Total	59.702	100,0%	59.702	100,0%	59.702	100,0%

Fonte: A Autora (2022).

É importante destacar que essa análise aponta uma prioridade invertida do sistema de transporte público de Jaraguá do Sul, ou seja, a população que não necessita do sistema tem maior acesso a ele, enquanto a população que necessita e é potencial usuária do transporte público tem grandes dificuldades de acessá-lo. Essa condição de maior atendimento para os 3º e 4º quartis se dá pela localização desses extratos ser na parte mais central da região, como pode ser visto na Figura 13, possivelmente próximo às vias estruturantes. Porém, esse cenário muito comum nas cidades brasileiras acaba indo no sentido contrário ao conceito de equidade e dando piores acessos à população que tem maior potencial de utilizar o sistema. Com essa caracterização, fica clara a necessidade de um planejamento que englobe o olhar da equidade para o transporte, buscando atender melhor as áreas em que a demanda potencial é maior, com a eficiência da rede para viabilizar as ações do ponto de vista econômico e operacional.

Com o intuito de avaliar essa demanda, os dados da bilhetagem eletrônica foram incluídos na metodologia. Como as informações da localização das residências dos usuários efetivos do sistema de transporte público não estão disponíveis, a análise do perfil econômico da população não foi possível de ser realizada. Sendo assim, a alternativa escolhida foi de avaliar os embarques realizados em cada um dos períodos estudados. Assim, considerou-se que o local de embarque do usuário no pico manhã coincide com o local de domicílio dele.

Na Tabela 12 foram consolidados os embarques ocorridos entre os dias 20 e 24 de setembro de 2021 por tipo de atendimento, bem como as áreas e os embarques por área. Como esperado e observado nos dados, o atendimento bom possui mais embarques que os outros tipos,

independente da área e do período pelo alta frequência do serviço. Também é interessante visualizar que, mesmo a área de atendimento bom do pico da tarde sendo menor que o pico da manhã, a quantidade de embarques por área é maior, sendo os embarques por área quase o dobro do pico da manhã. Isso provavelmente ocorre por ser o horário em que a maior parte das pessoas está saindo das suas atividades e retornando para casa e em geral a localização das atividades é nas regiões mais centrais com maior frequência de transporte.

Tabela 12 – Embarques realizados no SBE por atendimento e por período e por área

Atendimento	Pico Manhã (6:00 às 8:00)			Entrepico (8:45 às 10:45)			Pico Tarde (16:45 às 18:45)		
	Emb.	Area (km ²)	Emb./A	Emb.	Area (km ²)	Emb./A	Emb.	Area (km ²)	Emb./A
Bom	8.896	25,1	355	989	2,5	392	10.454	15,6	670
Regular	5.431	42,3	128	339	8,1	42	2.432	47,0	52
Ruim	1.157	56,8	20	937	56,2	17	547	61,7	9
Ponto de parada sem atendimento	0	6,0	0	0	63,3	0	0	5,8	0
Sem atendimento	0	342,1	0	0	342,1	0	0	342,1	0
Total	15.484	472,2	504	2.265	472,2	451	13.433	472,2	731

Fonte: A Autora (2022).

Mesmo não tendo disponível os dados de localização das atividades, a observação da diferenciação de embarques por período de pico traz essa discussão à análise. Isto corrobora para o fato avaliado na literatura pela visão do acesso às oportunidades, visto que as atividades em geral possuem localização com bom acesso ao transporte, porém, a população que necessita alcançar as atividades por meio do sistema não tem acesso a ele. Diante disso, a análise da demanda potencial também é importante para buscar onde está a população que está sendo impedida ou limitada de acessar as atividades pela falta de transporte adequado e indicar os locais em que o planejamento deve focar em atender.

A partir das informações dos embarques para semana de referência, foi possível calcular a média de embarques por dia útil por período. Como definido na metodologia, foi determinado que a população com maior potencial de ser usuária efetiva do transporte público é a pertencente ao 1º e 2º quartis. Com isso, foi possível calcular um fator de embarques pela população potencial para cada área de atendimento. Esse fator foi obtido para o pico da manhã (6:00 às 8:00), visto que em geral o dimensionamento dos sistemas de transporte público é feito inicialmente para o horário mais crítico, ou seja, que possui maior demanda e a partir dele o sistema é ajustado para manter a viabilidade nos demais horários. Sendo assim, os cálculos foram feitos para o pico da manhã e os resultados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Cálculo do fator de embarques pela população potencial usuária no pico da manhã

Atendimento	Embarques dos 5 dias úteis	Média diária de embarques	População 1º e 2º quartis	Fator de Embarque /Pop. potencial
Bom	8.896	1.779	13.434	0,13
Regular	5.431	1.086	13.966	0,08
Ruim	1.157	231	5.760	0,04
Ponto de parada sem atendimento	0	0	441	0
Sem atendimento	0	0	11.569	0
Total	15.484	3.097	45.170	-

Fonte: A Autora (2022).

Esse fator indica que na região de atendimento bom no pico da manhã são realizados 13 embarques a cada 100 pessoas do 1º e 2º quartis, a área de atendimento regular são 8 e na ruim são 4. O sentido de que quanto melhor o atendimento, maiores os embarques já era o esperado, mas a intensidade dessa relação não pode ser determinada sem o cálculo do fator. Dessa forma, se considerarmos que o mínimo de atendimento aceitável é o regular, a demanda potencial pode ser calculada considerando o fator do atendimento ruim e sem atendimento igual ao regular e multiplicando pela população do 1º e 2º quartis.

Da mesma maneira, o cálculo pode ser feito considerando o atendimento ruim como o mínimo, conforme apresentado na Tabela 14. Observa-se que considerando o atendimento regular como o mínimo possível, existe uma possível quantidade de embarques reprimidos de quase metade da média de embarques realizadas no dia útil. Isso ocorre principalmente porque a maior parte da população com menor renda está nas áreas com pior atendimento do sistema ou sem atendimento.

Tabela 14 – Análise dos possíveis embarques reprimidos pelo fator mínimo igual ao regular

Atendimento	Fator de Emb. /Pop. Potencial (mín. regular)	Embarques reprimidos	Fator de Emb. /Pop. Potencial (mín. ruim)	Embarques reprimidos
Bom	0,13	0	0,13	0
Regular	0,08	0	0,08	0
Ruim	0,08	217	0,04	0
Ponto de parada sem atendimento	0,08	34	0,04	18
Sem atendimento	0,08	900	0,04	465
Total	-	1.151	-	482

Fonte: A Autora (2022).

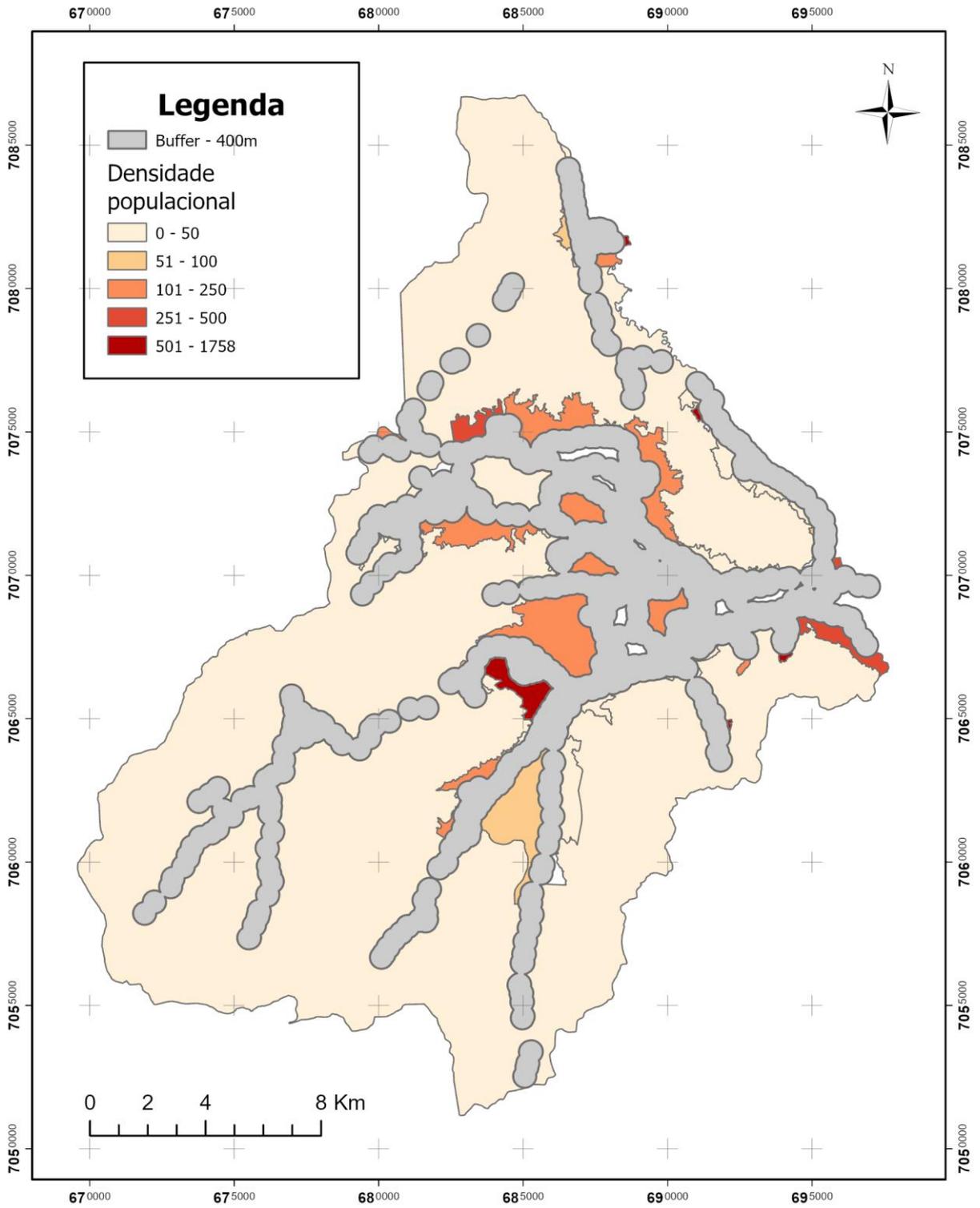
Ademais, é importante destacar que a melhoria do sistema de transporte público, independentemente de ser por meio dos ônibus comuns ou outras alternativas, não necessariamente causa déficit entre os custos e as receitas do sistema, visto que pode atrair a demanda potencial que não está sendo atendida atualmente. A queda da demanda dos passageiros do transporte público urbano é um problema comum entre os sistemas brasileiros

(ARAÚJO, 2019) e muito vem sendo discutido acerca de como reverter esse cenário. Avaliar onde está a população que precisa do sistema e não é atendida também pode auxiliar na sustentabilidade do sistema.

Para atender a essa demanda, é preciso primeiro visualizar espacialmente as regiões não atendidas, o porte delas e onde estão as maiores densidades. Nas áreas não atendidas com acesso, a principal indicação é avaliar como as linhas de ônibus existentes ou novas linhas que podem atender a população, já que a infraestrutura de paradas a uma distância aceitável já existe. Porém, as áreas sem atendimento e acesso precisam ser avaliadas para buscar soluções viáveis.

Com esse propósito, os setores censitários urbanos e rurais com fronteiras foram agrupados. Em seguida, foram calculadas as densidades da população potencial usuária pela área em quilômetros quadrados. A partir destas informações foi elaborada a Figura 14 que destaca uma diferenciação clara de densidade entre as áreas urbanas e rurais. Todas as áreas rurais apresentaram densidade abaixo de 50 pessoas do 1º e 2º quartil por área. Isso ocorre principalmente porque mesmo que a maior parte da população esteja na periferia da cidade ou em zonas rurais, os setores rurais são muito grandes, fazendo assim a densidade cair.

Figura 14 – Áreas sem acesso pela densidade da população potencial usuária



Fonte: A Autora (2022).

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O procedimento proposto e aplicado no município de Jaraguá do Sul contribui para avaliação da oferta e da demanda de transporte público pela perspectiva das viagens não realizadas pela deficiência do transporte público. Ainda, os resultados encontrados evidenciam a possibilidade de incorporar fatores sociais no planejamento para identificar as necessidades de acesso das pessoas, diferente da avaliação focada somente na visão econômica e operacional.

O procedimento utilizado possibilita propor melhorias no transporte público e na inserção de sistemas integrados de transportes para que, num cenário futuro, o sistema seja mais equitativo. Além disso, as avaliações realizadas, como apontado no Capítulo 6, contribuem para o planejamento de políticas públicas de transporte, englobando os fatores sociais que são, em geral, ignorados nos modelos de planejamento tradicional. Sendo assim, o procedimento tem potencial de ser inserido no planejamento como uma etapa do processo.

A inserção da análise de desertos do serviço no planejamento dos transportes públicos é uma forma de agregar as questões sociais nas avaliações para que a tomada de decisão não fique restrita ao atendimento da demanda. Dessa forma, a aplicação do procedimento proposto no processo já representa um avanço na busca por um sistema de transporte público mais equitativo. Ademais, com o procedimento combinado com investigações específicas para as áreas deficitárias, é possível buscar soluções viáveis para o atendimento da população dentro das condições econômicas e operacionais.

A equidade, no caso dessa metodologia, é avaliada pela oportunidade de acesso ao serviço de transporte e a possibilidade de atingir atividades, pela integração das linhas de ônibus, independente do tempo de viagem que irá ser necessário. A avaliação do acesso as oportunidades pelo tempo de viagem dos indivíduos é, então, uma etapa posterior. A natureza do desejo de viagem e da rede também pode ser investigada posteriormente à etapa de avaliação do acesso ao sistema de transporte público. Estas etapas podem ser incluídas no planejamento tradicional e são complementares, pois direcionam as políticas públicas para atender os desertos de serviço, ou seja, as áreas deficitárias a partir do conhecimento mais detalhado da necessidade da população. Porém, a etapa de planejamento proposta na metodologia se resume a determinação dos desertos de serviço e avaliação da demanda potencial pelo fator de embarque e a densidade de população potencial pela área, não sendo considerado o tempo de viagem ou a natureza da rede.

A análise dos desertos de serviço, então, foi realizada a partir da avaliação dos tamanhos e densidades das áreas não atendidas, bem como da proximidade do sistema de transporte coletivo. Por exemplo, áreas pequenas e densas que margeiam as áreas de serviço dos sistemas de transporte coletivo não necessariamente precisam de novas linhas ou do aumento do trajeto de linhas existentes para atender essas áreas. Nesses casos, é possível utilizar a integração entre modos e o incentivo ao transporte ativo como solução.

Com isso, as pessoas não vão precisar caminhar uma distância maior que a aceitável, podendo atingir o sistema por meio de uma integração física ou tarifária. Do mesmo modo, o incentivo ao uso de modos alternativos, como bicicletas elétricas compartilhadas, que já existem no município de Jaraguá do Sul, pode ser uma solução para as pessoas que tem alguma limitação com o transporte ativo e que pode facilitar o deslocamento das pessoas nas regiões sem acesso.

Para áreas urbanas maiores, mesmo próxima dos *buffers*, é importante avaliar caso a caso, talvez fazer uma análise pontual da população em questão para entender qual seria a solução viável. Porém, ainda é possível apontar nesses casos quatro possibilidades: ajustar a rede de linhas do sistema regular, criando nova linha ou modificando existente (FAN; MACHEMEHL, 2011), inclusive considerando a relocação de pontos de parada (SHRESTHA; ZOLNIK, 2013); utilizar um sistema de linhas de menor capacidade para atender a demanda onerando menos os custos, por exemplo, com microônibus (EKMEKÇIOĞLU; ÖZKARAMAN ŞEN, 2018); complementar a rede de transporte público com sistemas de compartilhamento de bicicletas (BÖCKER *et al.*, 2020; CHENG *et al.*, 2021; RADZIMSKI; DZIEŃCIELSKI, 2021); ou utilizar uma rede de transporte sob demanda que atuaria numa rota pré-estabelecida, somente nos horários de necessidade (PAPANIKOLAOU *et al.*, 2017). As quatro possibilidades dependerão fortemente da viabilidade econômica e operacional, mas podem ser realizados estudos complementares focando especificamente nas áreas de maior necessidade a partir dos resultados do procedimento proposto. Assim, os custos de pesquisas e diagnóstico do planejamento poderão ser minimizados pela pesquisa orientada às áreas com demanda potencial que está possivelmente sendo reprimida do sistema.

Em contrapartida, áreas rurais ou urbanas mais distantes do centro de Jaraguá do Sul, possuem como características a densidade baixa e a extensão territorial alta. Porém, são áreas que, em geral, possuem as rendas mais baixas, como visto na Figura 13. Sendo assim, não se pode desconsiderar o papel de um transporte acessível na vida dessas pessoas e nas suas oportunidades. Assim, olhando pela questão da grande área e baixa densidade, acaba se tornando inviável, do ponto de vista econômico e operacional, a criação de linhas de ônibus

para a atender toda a área rural com uma área de serviço e frequência adequados. Da mesma forma, é inviável sugerir o uso do transporte ativo pela dimensão territorial em questão, o compartilhamento de bicicletas por exemplo, é mais indicado como complemento ao transporte público em viagens curtas e médias (RADZIMSKI; DZIĘCIELSKI, 2021). Contudo, nesses casos, o transporte sob demanda pode ser avaliado como uma solução (BERRADA; POULHÈS, 2021; PAPANIKOLAOU *et al.*, 2017), pois atende a população pelo ajuste do sistema aos momentos de necessidade de deslocamento das pessoas.

Os resultados ainda contribuem por evidenciar o potencial de investimento em determinadas áreas periféricas, mas que possuem alta densidade de população do 1º e 2º quartis. Isto pode justificar tanto a melhoria do sistema de transporte para dar mais acesso às atividades existentes, como políticas de incentivo a implantação de novas oportunidades mais próximas às residências da população. Ademais, o procedimento contribui para avaliação da equidade do transporte público pelas camadas sociais, enfatizando as barreiras de acessibilidade e mobilidade encontradas pelos extratos de menor renda da população.

Ainda, os resultados obtidos com o procedimento proposto permitem analisar a diferenciação de acesso entre homens e mulheres ao serviço de transporte público. No caso da cidade avaliada, não houve diferenciação entre os gêneros e por isso o estudo prosseguiu somente demonstrando os resultados da população total. No entanto, é essencial investigar essa divisão por gênero, pois o perfil de deslocamento entre homens e mulheres é diferente e gera necessidades de oferta diferentes ao longo do dia. Mesmo sendo importante, esta avaliação nem sempre é feita, generalizando os deslocamentos pela característica média deles.

Outra questão importante de destacar é o potencial de aplicação do procedimento proposto. Por meio dessa metodologia, é possível avaliar outras cidades, independente do porte. Porém, o uso só é possível em localidades em que já existe o sistema de transporte público, não podendo ser usado em municípios que ainda estão dimensionando o sistema, pois é necessário o conhecimento da demanda pelo SBE. Além disso, é importante destacar o desafio de ter acesso aos dados do SBE, pois existe uma resistência no compartilhamento dos dados da bilhetagem eletrônica da mesma forma que existem problemas na utilização do GTFS.

Por fim, pesquisar e analisar a equidade é buscar as novas formas de planejamento dos sistemas de transporte público. Como apontado por Vecchio *et al.* (2020), a análise do acesso ao sistema de transporte pela população segregada em quartis de renda em determinados horários do dia abrange três componentes da acessibilidade na busca pelo acesso as oportunidades: transporte, indivíduo e tempo. Da mesma forma, a acessibilidade às atividades pelo tempo de viagem abrange outras componentes, como uso do solo, transporte e indivíduo.

Porém, em cada abordagem o enfoque é diferenciado, trazendo mais destaque para uma componente em detrimento as outras. Dessa forma, mesmo sendo muito complexo o dimensionamento de uma metodologia que possa abranger todos os componentes, é possível combinar metodologias por meio de etapas no processo de planejamento, sendo possível avaliar a equidade de uma forma mais abrangente. A inclusão da equidade no planejamento não necessariamente faz com que ela ocorra. No entanto, com essa ação é possível chegar à conclusões que irão orientar o desenvolvimento e implantação de projetos, planos e políticas mais equitativos.

8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de estudos com foco na equidade é certamente uma tendência e uma necessidade da sociedade atual. Dentre vários problemas sociais que existem nas cidades ao redor do mundo hoje em dia, a questão da mobilidade das pessoas e da necessidade de alcançar as oportunidades é um dos fatores essenciais para a melhoria da qualidade de vida da população. Por isso, a busca constante de formas de avaliar essas questões é relevante e cada passo dado com esse objetivo oferece benefícios à sociedade.

A análise da equidade pela relação entre a oferta e a demanda do sistema de transporte público é, então, uma das contribuições desse trabalho por ser possível incluir essa análise da oferta no planejamento do serviço. Ademais, a estimativa da demanda potencial e a análise combinada dessa demanda espacialmente com a oferta do serviço são aspectos que podem indicar soluções mais equitativas para o planejamento do transporte público.

Dessa forma, essa tese se propôs a responder ‘de que maneira se pode diagnosticar a oferta do transporte público e identificar a demanda potencial das áreas sem acesso ao serviço?’ Nesse sentido, foi constatado, pelo procedimento proposto, que por meio da avaliação da área de serviço e frequência de atendimento e a combinação dessas medidas com dados socioeconômicos e de bilhetagem eletrônica é possível diagnosticar a oferta e estimar a demanda potencial. Assim, a hipótese de que a equidade pode ser incluída nos processos de planejamento por meio da análise da oferta de transporte público e da demanda potencial foi comprovada.

O objetivo geral desta tese que foi ‘propor um método de análise da equidade na oferta do transporte público urbano por meio de dados operacionais e socioeconômicos, tendo em vista o atendimento da demanda potencial das áreas sem acesso ao serviço’ foi atendido pelo procedimento proposto com possibilidade de aplicação em cidades de diversas características. Assim, o procedimento proposto também pode ser visto como um recurso para que as decisões atendam melhor as necessidades da população e o desenvolvimento das políticas públicas.

Além disso, a identificação da demanda potencial é de fundamental importância pois, pode impactar positivamente, revertendo uma das questões principais do transporte público no Brasil atualmente que é a evasão da demanda pelo serviço. Esta análise só foi possível de ser realizada, primeiramente, pelo processo de identificação dos diversos conceitos e medidas da equidade existentes e depois pela aplicação do procedimento no sistema do município de Jaraguá do Sul, que possibilitou a validação da proposta. Por fim, a análise do cenário existente

do serviço na região estudada é essencial para atingir o objetivo de propor melhorias para o sistema de transporte público.

Uma questão que vale salientar é o fato de o procedimento dessa tese estar em consonância com a busca pelo desenvolvimento sustentável e inclusão social. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos na Agenda 2030 (ONU, 2015) foram formulados na busca de garantir os direitos humanos da população, considerando questões ambientais, sociais e econômicas (AMORIM, 2022). Em vista disso, a proposição feita nesse trabalho está direcionada para contribuir para que os processos de planejamento urbano estejam cada vez mais voltados para o desenvolvimento sustentável.

As limitações desta pesquisa, como indicadas na Seção 1.2, são relacionadas primeiramente ao foco dado no conceito da equidade, voltado especialmente à análise da oferta e demanda para avaliação das deficiências do serviço para dimensionar as viagens não realizadas por essa razão. Além disso, o estudo se limita a propor o procedimento de avaliação da equidade relacionado às necessidades sociais, porém não foi realizada uma avaliação da viabilidade econômica e operacional das soluções propostas.

A questão da disponibilidade dos dados em geral é uma limitação dos estudos em sistemas brasileiros. O acesso aos dados necessários para uma pesquisa mais robusta é sempre uma problemática pela não existência das informações ou pela questão legal da proteção das informações. Por isso, a metodologia foi toda orientada para necessitar do mínimo de dados possível e demandar dados de acesso mais simples, sem a necessidade de identificação dos usuários, por exemplo. Porém, ainda existe a restrição, como mencionado também na Seção 1.2, da quantidade de dados SBE obtidos e da agregação dos dados de renda média domiciliar.

Com isso, para trabalhos futuros, uma primeira sugestão é a avaliação econômica e operacional das soluções propostas para dimensionar a viabilidade de implantação e manutenção dessas melhorias. Uma segunda proposta é a identificação do perfil do usuário do transporte público para a região estudada com o intuito de ser possível comparar com os dados de renda disponíveis, podendo assim melhor analisar a demanda potencial e conseqüentemente a equidade. Outra possibilidade de análise é a elaboração de um modelo de negócio, a partir do procedimento proposto, para a integração dos serviços de transporte com o intuito de buscar o conceito de mobilidade como um serviço. Por fim, uma continuação da investigação da aplicação desse procedimento metodológico pode ser realizada avaliando a possibilidade de combiná-lo com a análise de acesso à determinadas atividades, por exemplo, aos empregos, para assim avaliar como a população das áreas deficitárias está sendo excluída das oportunidades de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ADHVARYU, B.; CHOPDE, A.; DASHORA, L. Mapping public transport accessibility levels (PTAL) in India and its applications: A case study of Surat. **Case Studies on Transport Policy**, v. 7, n. 2, p. 293–300, jun. 2019.
- ADLI, S. N.; CHOWDHURY, S. A Critical Review of Social Justice Theories in Public Transit Planning. **Sustainability**, v. 13, n. 8, p. 4289, 12 abr. 2021.
- AIVINHENYO, I.; ZUIDGEEEST, M. Transport equity in low-income societies: Affordability impact on destination accessibility measures. Em: **Measuring Transport Equity**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 111–128.
- AMORIM, I. C. D. O. M. **INDICADORES DE SUPORTE ÀS POLÍTICAS DE TRANSPORTE ORIENTADAS AO ALCANCE DOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Tese de Doutorado—[s.l.] Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2022.
- ARAÚJO, L. R. M. **Demanda por transporte público em metrópoles brasileiras a partir de modelos de regressão em painéis estáticos e dinâmicos**. Dissertações de Mestrado—Recife - PE: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 23 jan. 2019.
- BEN-ELIA, E.; BENENSON, I. A spatially-explicit method for analyzing the equity of transit commuters' accessibility. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 120, p. 31–42, fev. 2019.
- BERRADA, J.; POULHÈS, A. Economic and socioeconomic assessment of replacing conventional public transit with demand responsive transit services in low-to-medium density areas. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 150, p. 317–334, ago. 2021.
- BLAS, F. et al. Impacts of vehicle automation in public revenues and transport equity. Economic challenges and policy paths for Buenos Aires. **Research in Transportation Business & Management**, v. 42, p. 100566, mar. 2022.
- BÖCKER, L. et al. Bike sharing use in conjunction to public transport: Exploring spatiotemporal, age and gender dimensions in Oslo, Norway. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 138, p. 389–401, ago. 2020.
- BOISJOLY, G. et al. Accessibility measurements in São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba and Recife, Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 82, p. 102551, 1 jan. 2020a.
- BOISJOLY, G. et al. Measuring accessibility to hospitals by public transport: An assessment of eight Canadian metropolitan regions. **Journal of Transport & Health**, v. 18, p. 100916, set. 2020b.
- BOUCHER, D.; KELLY, P. J. **Social justice: From Hume to Walzer**. [s.l.] Routledge: Psychology Press., 1998.
- BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Brasília: Presidência da República**Brasil. 3 jan. 2012.

BRASIL. Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). 14 ago. 2018.

BRUSSEL, M. et al. Can the urban poor reach their jobs? Evaluating equity effects of relocation and public transport projects in Ahmedabad, India. Em: **Measuring Transport Equity**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 85–109.

CHENG, L. et al. The Role of Bike Sharing in Promoting Transport Resilience. **Networks and Spatial Economics**, 4 fev. 2021.

COOTE, A.; KASLIWAL, P.; PERCY, A. **UNIVERSAL BASIC SERVICES: THEORY AND PRACTICE**. Institute for Global Prosperity, 16 maio 2019. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10080177/1/ubs_report_online.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022

CUI, B. et al. Accessibility and the journey to work through the lens of equity. **Journal of Transport Geography**, v. 74, p. 269–277, jan. 2019.

CUI, B. et al. Accessibility matters: Exploring the determinants of public transport mode share across income groups in Canadian cities. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 80, p. 102276, mar. 2020a.

CUI, B. et al. Spatial Access by Public Transport and Likelihood of Healthcare Consultations at Hospitals. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2674, n. 12, p. 188–198, dez. 2020b.

DI CIOMMO, F.; SHIFTAN, Y. Transport equity analysis. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 139–151, 4 mar. 2017.

EKMEKÇIOĞLU, D.; ÖZKARAMAN ŞEN, M. A proposal for a method of the redesign of self-organising systems: The case of minibus transportation in the Istanbul public transport system. **Strategic Design Research Journal**, v. 11, n. 3, p. 230–240, 30 jul. 2018.

FAN, W. (DAVID); MACHEMEHL, R. B. Bi-Level Optimization Model for Public Transportation Network Redesign Problem: Accounting for Equity Issues. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2263, n. 1, p. 151–162, jan. 2011.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. 2. ed. São Carlos - SP: RiMa Editora, 2004.

GALINDO, E. P.; LIMA NETO, V. C. **A Mobilidade Urbana no Brasil: percepções de sua população**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, abr. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2468.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127–140, 1 jun. 2004.

GOMIDE, A. A.; CARVALHO, C. H. R. A regulação dos serviços de mobilidade urbana por ônibus no Brasil. Em: **Cidade e Movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano**. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016.

HANDY, S. Planning for Accessibility: In Theory and in Practice. Em: LEVINSON, D. M.; KRIZEK, K. J. (Eds.). **Access to Destinations**. [s.l.] Emerald Group Publishing Limited, 2005. p. 131–147.

HENSHER, D. A. The case for negotiated contracts under the transition to a green bus fleet. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 154, p. 255–269, dez. 2021.

IBGE. **Downloads** | **IBGE**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: 10 fev. 2022

ITE. **Transportation Planning Handbook**. 4. ed. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 2016.

JOMEHPOUR CHAHAR AMAN, J.; SMITH-COLIN, J. Transit Deserts: Equity analysis of public transit accessibility. **Journal of Transport Geography**, v. 89, p. 102869, dez. 2020.

LEVINE, J.; GRENGS, J.; MERLIN, L. A. **From Mobility to Accessibility: Transforming Urban Transportation and Land-Use Planning**. Ithaca e Londres: Cornell University Press, 2019.

LEVITAS, R. et al. **The multi-dimensional analysis of social exclusion Department of Sociology and School for Social Policy**. Bristol: University of Bristol, 2007. Disponível em: <<https://repository.uel.ac.uk/item/8666q>>.

LI, Y.; FAN, W. “DAVID”. Modeling and Evaluating Public Transit Equity and Accessibility by Integrating General Transit Feed Specification Data: Case Study of the City of Charlotte. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, v. 146, n. 10, p. 04020112, out. 2020.

LUCAS, K. et al. 1 - Introduction. Em: LUCAS, K. et al. (Eds.). **Measuring Transport Equity**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 3–12.

LYONS, T.; CHOI, D. Transit Economic Equity Index: Developing a Comprehensive Measure of Transit Service Equity. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2675, n. 3, p. 288–300, mar. 2021.

MAIA, M. L. et al. Access to the Brazilian City—From the perspectives of low-income residents in Recife. **Journal of Transport Geography**, v. 55, p. 132–141, jul. 2016.

MANRIQUE, J. et al. Equity analysis in access to Public Transport through a Land Use Transport Interaction Model. Application to Bucaramanga Metropolitan Area-Colombia. **Research in Transportation Business & Management**, v. 42, p. 100561, mar. 2022.

MARTENS, K. **Transport justice: Designing fair transportation systems**. Nova York, EUA: Routledge, 2016.

MARTENS, K.; BASTIAANSEN, J. 3 - An index to measure accessibility poverty risk. Em: LUCAS, K. et al. (Eds.). **Measuring Transport Equity**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 39–55.

MARTENS, K.; BASTIAANSEN, J.; LUCAS, K. 2 - Measuring transport equity: Key components, framings and metrics. Em: LUCAS, K. et al. (Eds.). **Measuring Transport Equity**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 13–36.

MARTENS, K.; DI CIOMMO, F. Travel time savings, accessibility gains and equity effects in cost–benefit analysis. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 152–169, 4 mar. 2017.

MEIRA, L. H. **Políticas públicas de mobilidade sustentável no Brasil: barreiras e desafios**. Tese de Doutorado—Recife - PE: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), jan. 2013.

MILLER, H. J. Measuring Space-Time Accessibility Benefits within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures. **Geographical Analysis**, v. 31, n. 1, p. 187–212, jan. 1999.

MOBILIBUS. **General Transit Feed Specification (GTFS)**. 2021.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition**. 3. ed. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2013. p. 24766

NAZARI ADLI, S.; CHOWDHURY, S.; SHIFTAN, Y. Justice in public transport systems: A comparative study of Auckland, Brisbane, Perth and Vancouver. **Cities**, v. 90, p. 88–99, jul. 2019.

OLIVEIRA, L. K. DE et al. IS CONGESTION PRICING AN URBAN MOBILITY SOLUTION TO BRAZILIAN CITIES? **Journal of Urban and Environmental**, v. 13, n. n° 2, 2019.

OLIVEIRA, M. L. DE et al. Multivariate analysis of public transport quality: a case study in a medium-sized Brazilian city. **Production**, v. 32, p. e20210117, 2022.

ONU. **Organização das Nações Unidas: Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015**. Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2022

ONU. **Organização das Nações Unidas: New Urban Agenda – Habitat III**. Organização das Nações Unidas, 2017. Disponível em: <<https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2021

ORTÚZAR S., J. DE D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. Fourth edition ed. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011.

PAPANIKOLAOU, A. et al. A methodological framework for assessing the success of Demand Responsive Transport (DRT) services. **Transportation Research Procedia**, v. 24, p. 393–400, 2017.

PEREIRA, R. H. M. Future accessibility impacts of transport policy scenarios: Equity and sensitivity to travel time thresholds for Bus Rapid Transit expansion in Rio de Janeiro. **Journal of Transport Geography**, v. 74, p. 321–332, jan. 2019.

PEREIRA, R. H. M. et al. Distributional effects of transport policies on inequalities in access to opportunities in Rio de Janeiro. **Journal of Transport and Land Use**, v. 12, n. 1, 11 out. 2019.

PEREIRA, R. H. M. et al. **DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS DE ACESSO A OPORTUNIDADES NAS CIDADES BRASILEIRAS – 2019**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9586>>

PEUNGNUSAI, A. et al. A Grid-Based Spatial Analysis for Detecting Supply–Demand Gaps of Public Transports: A Case Study of the Bangkok Metropolitan Region. **Sustainability**, v. 12, n. 24, p. 10382, 11 dez. 2020.

QI, Z.; LIM, S.; HOSSEIN RASHIDI, T. Assessment of transport equity to Central Business District (CBD) in Sydney, Australia. **Transportation Letters**, v. 12, n. 4, p. 246–256, 20 abr. 2020.

RADZIMSKI, A.; DZIĘCIELSKI, M. Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 145, p. 189–202, mar. 2021.

SALAU, T. Public transportation in metropolitan Lagos, Nigeria: analysis of public transport users' socioeconomic characteristics. **Urban, Planning and Transport Research**, v. 3, n. 1, p. 132–139, jan. 2015.

SBE. **Recorte de Dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica de 20 a 24 de setembro de 2021**. , 2021. Disponível em: <mensagem eletrônica>. Acesso em: 15 mar. 2022

SHARMA, G.; PATIL, G. R. Public transit accessibility approach to understand the equity for public healthcare services: A case study of Greater Mumbai. **Journal of Transport Geography**, v. 94, p. 103123, 1 jun. 2021.

SHARMA, G.; PATIL, G. R. Spatial and social inequities for educational services accessibility - A case study for schools in Greater Mumbai. **Cities**, v. 122, p. 103543, 1 mar. 2022.

SHARMA, I. et al. Equity of transit connectivity in Tennessee cities. **Journal of Transport Geography**, v. 86, p. 102750, jun. 2020.

SHI, F. Research on Accessibility and Equity of Urban Transport Based on Multisource Big Data. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2021, p. 1–18, 10 nov. 2021.

SHRESTHA, R.; ZOLNIK, E. Eliminating Bus Stops: Evaluating Changes in Operations, Emissions and Coverage. **Journal of Public Transportation**, v. 16, n. 2, p. 153–175, jun. 2013.

SLOVIC, A. D. et al. The long road to achieving equity: Job accessibility restrictions and overlapping inequalities in the city of São Paulo. **Journal of Transport Geography**, v. 78, p. 181–193, jun. 2019.

SPERNBAUER, B.; MONZ, C.; SMITH, J. W. The effects and trade-offs of alternative transportation systems in U.S. National Park Service units: An integrative review. **Journal of Environmental Management**, v. 315, p. 115138, ago. 2022.

STRAMBI, O. **Critérios de eficiência e equidade para a análise de estruturas tarifárias para o transporte público urbano**. Doutorado em Engenharia de Transportes—São Paulo: Universidade de São Paulo, 30 ago. 2019.

SUN, Z.; ZACHARIAS, J. Transport equity as relative accessibility in a megacity: Beijing. **Transport Policy**, v. 92, p. 8–19, jun. 2020.

VECCHIO, G.; TIZNADO-AITKEN, I.; HURTUBIA, R. Transport and equity in Latin America: a critical review of socially oriented accessibility assessments. **Transport Reviews**, v. 40, n. 3, p. 354–381, 3 maio 2020.

WELCH, T. F.; MISHRA, S. A measure of equity for public transit connectivity. **Journal of Transport Geography**, v. 33, p. 29–41, dez. 2013.

WIDE. **World inequality database on education: Upper secondary completion rate**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.education-inequalities.org/indicators/comp_upsec_v2#sort=mean&3Bdimension=all&3Bgroup=all&3Bage_group=comp_upsec_v2&3Bcountries=all&ageGroup=%22comp_upsec_v2%22>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ZHAO, P.; ZHANG, Y. The effects of metro fare increase on transport equity: New evidence from Beijing. **Transport Policy**, v. 74, p. 73–83, fev. 2019.