



INFLUÊNCIA DE POLÍTICAS DE SUBSÍDIOS TARIFÁRIOS SOB O ASPECTO DA EQUIDADE VERTICAL

Gabriella Vitorino Guimarães

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Rio de Janeiro

Março de 2021

INFLUÊNCIA DE POLÍTICAS DE SUBSÍDIOS TARIFÁRIOS SOB O ASPECTO
DA EQUIDADE VERTICAL

Gabriella Vitorino Guimarães

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Aprovada por: Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Prof. Licínio da Silva Portugal

Prof. Claudio Falavigna

Prof. Vicente Aprigliano Fernandes

Prof. Ilton Curty Leal Júnior

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2021

Guimarães, Gabriella Vitorino

Influência de políticas de subsídios tarifários sob o aspecto da equidade vertical / Gabriella Vitorino Guimarães. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2021.

XIV, 158 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2021.

Referências Bibliográficas: p. 145-153.

1. Equidade. 2. Acessibilidade. 3. Subsídios tarifários. 4. Transportes. I. Silva, Marcelino Aurélio Vieira da. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Anselmo Guimarães e Rosa
Amélia Vitorino, por toda a dedicação e amor
de uma vida inteira.

AGRADECIMENTOS

Como em tudo que faço, agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades que a mim foram oferecidas até o momento presente. A fé é um sentimento sublime e nos dá forças e direcionamento.

Aos meus pais Rosa e Anselmo, por todo incentivo e doação constante. Obrigada pela educação a mim oferecida desde meus primeiros anos de vida, e por todo amor e compreensão. Ao meu irmão Leonardo (*in memoriam*), minha maior saudade. Ao meu noivo Rushan Cameron, por todo apoio, amor e compreensão.

Ao meu orientador Marcelino Aurélio, por sua excelente orientação, através de todo conhecimento transmitido, paciência, incentivo e oportunidades. Sou muito grata por tudo. Agradeço também aos demais professores do PET/COPPE pelos conhecimentos transmitidos, em especial a Glaydston Ribeiro e Rômulo Orrico. Um agradecimento especial a dona Helena e Jane, por serem sempre solícitas e amigas nessa fase da vida dos mestrados e doutorandos.

Aos amigos do mestrado e doutorado da UFRJ, por todas as trocas de experiências de vida e conhecimentos, em especial na nossa hora do almoço, e pelos momentos vividos. Obrigada Clara, Diana, Raquel, Juliana, Camilla, Igor, Douglas, Matheus, Bruno e Felipe(s). Agradecimento especial a César Parada, Tálita Floriano e Mariana por todas as contribuições durante a elaboração deste trabalho.

Aos membros da equipe examinadora, os professores Licínio Portugal, Ilton Leal, Vicente Aprigliano e Cláudio Falavigna. Obrigada por terem aceitado participar desta importante fase da minha vida acadêmica, e por todas as críticas e sugestões que fizeram ao meu trabalho.

Aos meus amigos de sempre que me revigoram: Wagna, Monalise, Fernanda, Luanna, Maiara, Trajano, Paulinho, Ramon, João, Laryssa, Marina, Júnior, Danúbia, Isaurinha, Anita, Douglas, Karyna, Diogo, Nyelle, Rammonito, Amanda e Zuila.

A Capes, pelo incentivo financeiro que permitiu que este trabalho fosse desenvolvido e concluído.

Ler significa reler e compreender, interpretar. Cada um lê com os olhos que tem. E interpreta a partir de onde os pés pisam. Todo ponto de vista é a vista de um ponto [...] Para compreender é essencial conhecer o lugar social de quem fala.

Leonardo Boff

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

INFLUÊNCIA DE POLÍTICAS DE SUBSÍDIOS TARIFÁRIOS SOB O ASPECTO DA EQUIDADE VERTICAL

Gabriella Vitorino Guimarães

Março/2021

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Programa: Engenharia de Transportes

As políticas de transporte devem ser avaliadas além dos aspectos técnico e operacional, englobando também o viés social, para analisar como elas afetam a qualidade de vida das pessoas e o bem-estar social. Nesse contexto, este trabalho visa analisar a influência de políticas de subsídios tarifários, a partir do nível de equidade vertical - tendo como base um indicador de acessibilidade a oportunidades – para indivíduos pertencentes a diferentes grupos populacionais, e confrontando o transporte público com o individual motorizado. Para isso, foi elaborado um procedimento estruturado, a partir da revisão de literatura, e feita uma aplicação (estudo de caso) na cidade de Medellín-CO, utilizando os dados de viagens da Pesquisa Origem Destino Domiciliar 2017, do Google API e fontes oficiais, e as oportunidades escolhidas foram os empregos. Com isso, constatou-se que os usuários do transporte individual acessam um maior número de empregos do que os usuários do transporte público; os de renda superior apresentam melhor acessibilidade do que os de renda menor; e as áreas mais próximas à região central também são mais acessíveis. Em seguida, tem-se a comparação entre a acessibilidade real e a potencial, em que esta obteve melhores valores do índice de Gini para o transporte público. Por fim, conclui-se que é apropriado o uso de indicadores de acessibilidade a oportunidades para analisar a equidade vertical de determinada área em relação aos sistemas de transportes, e que o resultado contribui para a formulação e implementação de políticas públicas, pois identifica as localidades com maiores problemas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

INFLUENCE OF TARIFF SUBSIDY POLICIES UNDER THE ASPECT OF VERTICAL EQUITY

Gabriella Vitorino Guimarães

March/2021

Advisor: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Department: Transportation Engineering

Transport policies must be evaluated in addition to the technical and operational aspects, also encompassing social bias, to analyze how they affect people's quality of life and social well-being. In this context, this research aims to analyze the influence of tariff subsidy policies, from the level of vertical equity - based on an indicator of accessibility to opportunities - for individuals belonging to different population groups, and confronting public transport with motorized individual. For this, a structured procedure was elaborated, based on the literature review, and an application (case study) was made in the city of Medellín-CO, using travel data from the Household Origin-Destination Survey 2017, Google API and official sources, and the opportunities chosen were jobs. Thus, it was found that users of individual transport access a greater number of jobs than users of public transport; those with higher income have better accessibility than those with lower income; and areas closer to the central region are also more accessible. Then, there is the comparison between real and potential accessibility, in which it obtained better values of the Gini index for public transport. Finally, it is concluded that it is appropriate to use accessibility indicators to opportunities to analyze the vertical equity of a given area in relation to transport systems, and that the result contributes to the formulation and implementation of public policies, as it identifies the localities with bigger problems.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do problema	3
1.2	Hipótese de pesquisa	5
1.3	Objetivos da pesquisa	6
1.4	Justificativa.....	6
1.5	Delimitação do estudo	8
1.6	Estrutura da tese	8
2	REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE EQUIDADE E SUBSÍDIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	10
2.1	Atividade 1 - Planejamento	11
	Etapa 1.1 – Identificação da necessidade de revisão	11
	Etapa 1.2 – Elaborar a proposta de revisão	12
	Etapa 1.3 – Desenvolver o protocolo da revisão	12
2.2	Atividade 2 – Realização	12
	Etapa 2.1 – Desenvolver o protocolo da revisão	12
	Etapa 2.2 – Extrair dados e informações.....	14
	Etapa 2.3 – Sintetizar os dados e informações	17
2.3	Atividade 3 – Finalização	19
	Etapa 3.1 – Aproveitamento dos resultados.....	20
2.4	Considerações finais do capítulo	21
3	SUBSÍDIOS E EQUIDADE.....	23
3.1	Considerações iniciais	23
3.2	Equidade e transporte público.....	24
3.3	Políticas de subsídios tarifários.....	28
3.4	Levantamento de publicações que medem a equidade	31
3.5	Curva de Lorenz, Índice de Gini e Curvas de Concentração	36
3.6	Considerações finais do capítulo.....	39
4	ACESSIBILIDADE: CONCEITOS E INDICADORES	41
4.1	Considerações iniciais	41
4.2	Acessibilidade: dimensões e necessidades	42
4.2.1	Acessibilidade ao emprego	45
4.3	Indicadores de acessibilidade	47

4.3.1	Breve análise dos indicadores apresentados.....	58
4.4	Considerações finais do capítulo.....	61
5	ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE SUBSÍDIOS TARIFÁRIOS NA EQUIDADE VERTICAL.....	63
5.1	Considerações iniciais	63
5.2	Etapa 1: Caracterização da área objeto de estudo.....	65
5.3	Etapa 2: Determinação do(s) fator(es) de impedância	65
5.4	Etapa 3: Seleção do indicador de acessibilidade	66
5.5	Etapa 4: Definição das medidas de equidade com base em acessibilidade	70
5.6	Etapa 5: Coleta e tratamento dos dados e informações.....	72
5.7	Etapa 6: Definição dos grupos populacionais.....	73
5.8	Etapa 7: Aplicação do indicador de acessibilidade e das medidas de equidade para o transporte público e individual motorizado.....	74
5.9	Etapa 8: Análise e discussão dos resultados	74
5.10	Etapa 9: Análise comparativa: acessibilidade real x acessibilidade potencial	75
5.11	Considerações finais do capítulo.....	76
6	APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO	78
6.1	Considerações iniciais	78
6.2	Caracterização da área objeto de estudo	79
6.2.1	Características demográficas.....	79
6.2.2	Características socioeconômicas.....	80
6.2.3	Sistema de transporte público coletivo	83
6.3	Determinação do(s) fator(es) de impedância	85
6.4	Seleção do indicador de acessibilidade.....	86
6.5	Definição das medidas de equidade com base em acessibilidade.....	86
6.6	Coleta e tratamento de dados e informações	86
6.6.1	Pesquisa Origem Destino Domiciliar	87
6.7	Definição dos grupos populacionais	90
6.8	Aplicação do indicador de acessibilidade e das medidas de equidade para o transporte público e individual motorizado.....	91
6.9	Análise e discussão dos resultados	99
6.9.1	Grupo de renda 1	100
6.9.2	Grupo de renda 2.....	105

6.9.3	Grupo de renda 1 x Grupo de renda 2.....	110
6.9.4	Identificação das localidades críticas	116
6.10	Análise comparativa: acessibilidade real x acessibilidade potencial	132
6.11	Considerações finais do capítulo.....	137
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
7.1	Conclusões.....	139
7.2	Implicações	142
7.3	Limitações e sugestão de trabalhos futuros	143
	REFERÊNCIAS	145
	APÊNDICE	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Procedimento de revisão sistemática	11
Figura 2 – Taxa de motorização brasileira por 100.000 habitantes	24
Figura 3 - Custos totais (explícitos e implícitos) e benefícios dos carros e do transporte público	28
Figura 4 - Exemplo de um Índice Gini representado com curvas de equidade perfeita de Lorenz	37
Figura 5 - Exemplo de curva de concentração	39
Figura 6 - Dimensões da acessibilidade	43
Figura 7 - Etapas do procedimento proposto para análise do nível de equidade para diferentes grupos populacionais	64
Figura 8 - Divisão político administrativa de Medellín-CO.....	79
Figura 9 – Taxa de Ocupação (TO) por comuna (2017)	82
Figura 10 – Taxa Global de Participação (TGP) por comuna (2017)	82
Figura 11 – Corredores de transporte de passageiros	84
Figura 12- Índice de Gini para o grupo de renda 1 em relação ao tempo e ao custo de viagem	94
Figura 13- Índice de Gini para o grupo de renda 2 em relação ao tempo e ao custo de viagem	95
Figura 14 - Comparativo entre os Índices de Gini por tempo de viagem.....	96
Figura 15 - Comparativo entre os Índices de Gini por custo de viagem	96
Figura 16- Curvas de concentração em relação ao tempo de viagem	98
Figura 17- Curvas de concentração em relação ao custo de viagem.....	99
Figura 18 - Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR1)	101
Figura 19 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR1)	102
Figura 20 - Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR1) .	103
Figura 21 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR1)	104
Figura 22 - Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR2)	106
Figura 23 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR2)	107
Figura 24 - Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR2) .	109
Figura 25 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR2)	110
Figura 26- Tempo médio de viagem por grupo de renda por comuna	111
Figura 27- Custo médio de viagem por grupo de renda por comuna	112
Figura 28- Porcentagem de empregos acessados para os modos de transporte público e individual em 40 minutos	114
Figura 29- Porcentagem de empregos acessados para os modos de transporte público e individual com 2.420 pesos colombianos.....	115
Figura 30- Índice de Gini para a acessibilidade potencial.....	133
Figura 31- Curvas de concentração para a acessibilidade potencial	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise realizada nas publicações selecionadas	15
Tabela 2 – Relação das publicações com os 5 enfoques pertinentes para a tese	20
Tabela 3 - Média mensal de passageiros transportados por ano (em milhões)	23
Tabela 4 - Mobilidade e renda, média dos valores em São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória.....	26
Tabela 5 - Condição de pagamento do TP (2004), família com renda inferior a 3 salários mínimos	30
Tabela 6 - Tipos de políticas de subsídios tarifários identificados na literatura.....	30
Tabela 7 - Métodos/ferramentas que medem a equidade	34
Tabela 8 - Variáveis utilizadas para medir a equidade	34
Tabela 9 - Indicadores de acessibilidade	52
Tabela 10 - Variáveis dos indicadores selecionados para o procedimento proposto	73
Tabela 11 - Número de pessoas ocupadas por Comuna de Medellín em 2017	80
Tabela 12 – TGP, TO, TD e IMCV por comuna	81
Tabela 13 - Características gerais do SITP do Valle de Aburrá.....	84
Tabela 14 - Matriz Origem-Destino 2017 expandida do município de Medellín-Colômbia (número de viagens por motivo “trabalho” por todos os modos de transporte).....	89
Tabela 15 - Estratificação de renda dos entrevistados.....	90
Tabela 16- Porcentagem de empregos acessados por cada grupo, por tempo e custo de viagem	92
Tabela 17- Razão dos Índices de Gini para a acessibilidade a empregos em relação ao tempo e custo de viagem	97
Tabela 18- Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR1)	100
Tabela 21- Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR1)	101
Tabela 20- Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR1)..	103
Tabela 21- Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR1)	104
Tabela 22- Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR2)	106
Tabela 23 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR2)	107
Tabela 24- Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR2)..	108
Tabela 25- Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR2)	109
Tabela 26 – Distribuição dos deslocamentos para o grupo de renda 1, por transporte público	130
Tabela 27 – Distribuição dos deslocamentos para o grupo de renda 2, por transporte público	131
Tabela 28 – Comparação entre os índices de Gini por grupos de renda para transporte público coletivo e transporte individual (acessibilidade potencial).....	134
Tabela 29 – Comparação dos índices de Gini para a acessibilidade real e potencial por transporte público	134
Tabela 30 – Comparação dos índices de Gini a acessibilidade real e potencial por transporte individual.....	135
Tabela 31 - Resultado do critério 1 definido na Etapa 2.2 da revisão sistemática	154
Tabela 32 - Comunas e bairros de Medellín.....	157

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Estatística)

GEIH - Gran Encuesta Integrada de Hogares (Grande pesquisa domiciliar integrada)

IMCV – Índice Multidimensional de Condiciones (Condições) de Vida

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da posse e do uso do transporte individual motorizado é um tema que apresenta debates e estudos sobre as consequências deste novo fenômeno que está presente em todo o mundo. Os problemas são de diferentes naturezas, destacando-se (i) as questões ambientais - poluição do ar, a impermeabilização do solo devido ao asfalto e à pavimentação e os inúmeros dejetos gerados com o descarte dos veículos -, (ii) os congestionamentos nos grandes centros – em que cidades médias podem vivenciar esse problema em um curto espaço de tempo -, e (iii) o alarmante número de acidentes de trânsito - com centenas de vítimas graves e fatais, gerando irreparáveis perdas humanas e aumentando os gastos do governo com saúde e previdência (VASCONCELLOS, 2013).

Além desses problemas que são mais facilmente identificados e comumente debatidos, outra adversidade dessa nova cultura é o comprometimento que pode causar na equidade do uso do espaço público de circulação, vias e logradouros. No Brasil, por exemplo, os custos de operação e manutenção do transporte público por ônibus são pagos pelos usuários diretos dos serviços (CARVALHO *et al.*, 2013). Assim, quanto menor o número de passageiros, maior será a tarifa, o que compromete a mobilidade da população com menor poder aquisitivo, ressaltando a necessidade de implementação de políticas públicas que subsidiem o sistema de transporte público.

Os subsídios são uma política pública utilizada ao redor do mundo, e um dos amplos argumentos para sua implementação é a redistribuição de renda para grupos menos favorecidos (UBBELS E NIJKAMP, 2002). Existe uma avaliação limitada da equidade dessas políticas, e a quantificação de sua incidência distributiva é escassa. Por outro lado, o conceito de equidade é uma premissa importante das políticas de subsídios ao transporte, e as suas dimensões social e distributiva ainda recebem pouca atenção na literatura (CADENA, 2016).

Muitos subsídios ao transporte implementados são direcionados para segmentos específicos da população, na tentativa de equilibrar as necessidades de sustentabilidade econômica e social (GUZMAN E OVIEDO, 2018). De acordo com Cadena (2016), há estudos que mostram que o efeito dos subsídios de transporte redistribui a renda das classes de alta renda para as de baixa renda, bem como outros que indicam que há impacto distributivo neutro ou regressivo.

A implementação generalizada desses subsídios pode não ter o efeito esperado quando se deseja promover a equidade nas cidades. Isso ocorre pelo fato de que não se deve considerar apenas os aspectos financeiros quando se trata de transportes, como destacaram Guzman e

Oviedo (2018) em seu trabalho, considerando a hipótese de que as métricas de acessibilidade, acessibilidade financeira (*affordability*) e equidade são uma forma efetiva de evidência para apoiar argumentos morais relacionados à redução de desigualdades por meio de políticas de transporte.

Nesse contexto, as modificações ou implementação de projetos nos sistemas de transportes devem ser analisadas além do aspecto técnico, verificando como isso impacta na realidade social. Os projetos de transporte, sejam em termos de política tarifária (incluindo subsídios de tarifa), de operação ou de infraestrutura, são analisados sob a perspectiva da equidade nas cidades (DELBOSC E CURRIE, 2011; WELCH, 2013; SHIRMOHAMMADHI, LOUEN E VALLÉE, 2016; LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016; GUZMAN E OVIEDO, 2018; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018).

Hansen (1959) definiu a acessibilidade como “potencial de oportunidades de interação”, e desde então esse conceito vem sendo usado na literatura, e feitas adaptações da equação original às situações específicas do estudo (CERVERO, 2005; LEMOS, 2011; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GRENGS, 2015; NIEHAUS, GALILEA E HURTUBIA, 2016; GUZMAN E OVIEDO, 2018). Para esta tese, de maneira específica, a oportunidade analisada será o emprego, conforme fundamentado na justificativa, verificando diferenças na acessibilidade real de possíveis beneficiários e não beneficiários de subsídio de tarifa de transporte.

Nesta tese, primeiramente foi adotado o conceito de acessibilidade “real” aplicado por Bocarejo e Oviedo (2012), em que os dados analisados se referem a viagens reais (pesquisa declarada), fornecidos pela Pesquisa Origem-Destino de Domicílios. O cálculo da acessibilidade real fornece um diagnóstico das viagens realizadas diariamente, quantificando o número de empregos que os residentes das diferentes zonas estão alcançando e/ou podem alcançar. Em seguida, fez-se a comparação com a acessibilidade potencial, que permite analisar as opções de escolhas que os usuários têm disponível a partir do sistema de transporte e uso do solo (KOENIG, 1980 *apud* GUZMAN E OVIEDO, 2018), somando os empregos potenciais que estão ao seu alcance durante o seu trajeto até o destino final.

A equidade pode ser analisada sob duas abordagens: horizontal e vertical. Nesta pesquisa, a equidade é analisada a partir do conceito de equidade vertical, tendo como base a acessibilidade a oportunidades. Os fatores de impedância considerados foram o tempo e custo de viagem, que são variáveis influenciadas diretamente pela localização da zona e sua distância das áreas de atração de viagem (maior oferta de empregos formais e informais), bem como pela oferta de transporte e qual modo é utilizado.

A partir da revisão sistemática, identificou-se que os trabalhos de Deboosere e El-Geneidy (2018), Guzman, Oviedo e Rivera (2017) e Guzman e Oviedo (2018) apresentam semelhança com a proposta desta tese, pois trabalham com os três principais enfoques: políticas de subsídios tarifários, acessibilidade a empregos e equidade. No entanto, os referidos trabalhos não analisaram a acessibilidade a empregos entre os usuários do transporte individual motorizado, se limitando ao transporte público.

A comparação entre os modos de transporte é pertinente devido aos altos índices de motorização que se observa nas cidades, e também possibilitar ao poder público identificar as localidades em que os sistemas de transporte público estão deficientes. Além disso, os trabalhos analisaram a acessibilidade real ou potencial, sendo interessante uma comparação entre elas para identificar as falhas nos sistemas de transporte atual e/ou no uso do solo.

Outra observação é que eles consideram na análise apenas os empregos formais. Na realidade da América Latina, o número de empregos informais é elevado devido às altas taxas de desemprego. Assim, esta será uma abordagem acrescentada nesta tese, considerando a sua importância para as economias locais e seu impacto no contexto social, pois será utilizada a totalidade dos empregos.

Por fim, tem-se que não foi identificado um procedimento estruturado que compreendesse alguns dos principais e múltiplos componentes que envolvem a acessibilidade e a equidade e sua complexidade. Assim, esta tese contribuiu também para o estado da arte através da proposta de um procedimento que fosse capaz de analisar a influência de políticas tarifárias sob o aspecto da equidade vertical e com base em indicadores de acessibilidade a oportunidades, que fosse aplicável em outras localidades, necessitando de poucas adaptações decorrentes das especificidades.

A aplicação do procedimento elaborado para analisar o nível de equidade vertical foi na cidade de Medellín, capital do departamento (estado) de Antioquia e segunda maior cidade da Colômbia. A escolha se deu pelo fato de a cidade apresentar Pesquisa Origem Destino recente (realizada em 2017 e publicada em 2018) e possuir política de subsídio tarifário para acesso ao emprego.

1.1 Formulação do problema

As intervenções nos sistemas de transporte público, além de serem efetivas tecnicamente (operação eficiente e infraestrutura adequada), precisam ter um impacto social positivo. Os sistemas de transporte coletivo são um componente fundamental dos ambientes

urbanos, pelo qual as pessoas realizam seus deslocamentos diários. Além disso, tem-se o fato de que a maioria dos seus usuários compõe a parte da população de baixa renda, que precisa comprometer uma parcela significativa de seu orçamento com gastos com transporte e, muitas vezes, não vivenciam momentos de lazer por esse valor extrapolar o seu orçamento, restringindo a mobilidade, o que ocasiona em não viagem.

As desigualdades sociais geram situações de exclusão, que dentre as consequências tem-se a dificuldade de acesso aos equipamentos de consumo coletivo. De acordo Johnson, Ercolani e Mackie (2017), “áreas com menores custos de moradia e custos de transporte mais altos têm maior probabilidade de sofrer exclusão social devido à acessibilidade restrita e à falta de opções de mobilidade que podem resultar em menor atividade econômica”. Os sistemas de transportes podem contribuir para diminuir ou ampliar o abismo entre as classes sociais, pois eles têm caráter essencial e o serviço deve ser garantido pelo Estado (CARDOSO, 2007; BRASIL, 1988).

Os subsídios não podem crescer indefinidamente, devendo obedecer a uma escala, a qual seria determinada pela sua eficiência e por outros fatores sociais. Isso é justificável porque a redução do preço dos ingressos pode induzir a outros problemas sociais e de financiamento, a exemplo do congestionamento do transporte público e certa tendência de imigração pela redução do custo de vida (FEI, 2016).

Um aspecto que pode ser considerado é a forma como será elaborada a política de subsídios, definindo qual grupo social será favorecido ou se todos os usuários serão beneficiados sem distinção. Muitas vezes as seleções se dão pelas limitações dos recursos e pelas características locais, sendo necessário alocá-los de maneira mais impactante sob o aspecto social, pois nem sempre é possível oferecer benefícios para a população como um todo.

Diferentes abordagens são consideradas na literatura para tratar da equidade promovida pelos sistemas de transporte nas cidades. Observa-se, porém, que há uma predominância da análise dos efeitos do transporte público, e é inegável o efeito das altas taxas de motorização na dinâmica das cidades. Outro ponto de destaque é o direcionamento da análise da acessibilidade, sendo real ou potencial. A comparação entre elas possibilita identificar se o comportamento atual dos deslocamentos é compatível com o nível de acessibilidade potencial dos moradores locais.

Com base no que foi exposto, a elaboração desta tese teve como base dois questionamentos que representam a problemática:

- (i) Qual o nível de equidade entre os grupos populacionais, analisando os modos de transporte público coletivo e individual motorizado em termos de tempo e custo de viagem (fatores de impedância), com a implementação de políticas de subsídios tarifários?
- (ii) Quanto é a discrepância no nível de equidade vertical quando analisadas as acessibilidades real e potencial em um cenário com existência de políticas de subsídios tarifários?

Esses questionamentos servirão de norte para o desenvolvimento desta pesquisa. A análise realizada neste estudo, a partir da aplicação da metodologia proposta, contribui no sentido de verificar os efeitos das políticas de subsídios tarifários na equidade vertical, bem como identificar aspectos que precisam ser melhorados de forma geral ou específica das localidades. A base de dados adotada para cálculo e análise da equidade é a Pesquisa Origem-Destino, para a acessibilidade real, e fazendo uso também de dados provenientes do Google API, para a acessibilidade potencial.

1.2 Hipótese de pesquisa

A hipótese principal deste trabalho baseia-se na ideia de que é possível verificar se a existência de políticas de subsídios tarifários aumenta o nível de equidade vertical entre grupos populacionais, variando entre o modo de transporte escolhido (público coletivo ou individual motorizado) e entre grupos populacionais, e que o uso de indicador de acessibilidade a oportunidades contribui na análise do sistema de transporte.

As hipóteses secundárias são:

- A análise do índice de equidade permite obter um panorama geral da localidade, ou seja, uma visão agregada; enquanto a análise da acessibilidade a oportunidades possibilita uma análise desagregada, porém que influencia nos valores de equidade.
- Os resultados dos valores de equidade que tem como base a acessibilidade real diferem dos obtidos a partir do cálculo da acessibilidade potencial.

Deste modo, pressupõe-se que uma análise feita de modo mais detalhado, considerando aspectos como grupos populacionais, fatores de impedância, modo de transporte e tipo de acessibilidade, é mais efetiva no sentido de identificar os problemas nos deslocamentos dos indivíduos, e conseqüentemente o seu reflexo na equidade vertical.

1.3 Objetivos da pesquisa

O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência de políticas de subsídios tarifários, a partir do nível de equidade vertical - tendo como base um indicador de acessibilidade a oportunidades – para os indivíduos pertencentes a diferentes grupos populacionais, e confrontando o transporte público com o individual motorizado.

Os objetivos específicos são:

- a) Compreender a relação dos subsídios tarifários e a promoção da equidade;
- b) Identificar métodos/ferramentas que medem a equidade de políticas e/ou sistemas de transporte, e indicadores para mensurar a acessibilidade a oportunidades;
- c) Elaborar um procedimento de análise estruturado com base na revisão de literatura;
- d) Comparar os valores de equidade a partir das acessibilidades real e potencial para verificar diferença entre os resultados de acessibilidade e equidade vertical.

1.4 Justificativa

Os sistemas de transportes têm influência no nível de equidade das cidades, considerando que através deles as pessoas têm acesso aos serviços básicos e aos espaços públicos e privados como um todo. Os subsídios tarifários podem ter uma influência positiva na qualidade de vida da população, promovendo uma melhor acessibilidade temporal e/ou financeira, que refletirá em outros aspectos pessoais e coletivos, tais como aumento do poder aquisitivo, através de uma menor porcentagem de renda gasta com transporte; menor tempo de deslocamento, com possibilidade de haver transferência modal; e menor uso de transporte individual, quando este não recebe subsídios explícitos, o que custaria mais para o usuário se comparado ao uso do transporte público coletivo com subsídios aplicados diretamente na tarifa.

Com o passar dos anos, a análise sobre política de transportes deixou de ter caráter apenas técnico e operacional, e os pesquisadores passaram a incorporar os efeitos da provisão e da política sobre o funcionamento da economia e da sociedade (JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017). As políticas de subsídios podem contribuir para o acesso dos indivíduos aos espaços das cidades, além de cooperar para a melhoria da qualidade de vida da população de baixa renda, através da possibilidade de uma melhor mobilidade urbana.

Durante a pesquisa, foram identificados trabalhos com enfoque na relação de subsídios de transporte e equidade (BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018). Estes estudos mostram que eles contribuem na promoção da equidade, bem como que o aumento de tarifas prejudica a população, em especial a parcela

com menor poder aquisitivo, diminuindo sua acessibilidade ou aumentando o seu percentual de renda gasto com transporte.

Outro ponto de destaque é que a determinação do nível de acessibilidade a oportunidades é uma metodologia indicada para se trabalhar com a equidade (DELBOSC E CURRIE, 2011; EL-GENEIDY ET AL., 2016; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018), principalmente quando se analisa a equidade vertical, pois a parcela da população mais vulnerável é analisada separadamente de outros grupos populacionais. No entanto, os estudos estão voltados apenas ao emprego formal - o que seria interessante englobar também os empregos informais – e ao transporte público, sendo assim pertinente comparar os modos público coletivo e individual motorizado.

Dentro deste contexto, a justificativa deste trabalho consiste na importância de se analisar os efeitos dos subsídios tarifários sob o aspecto da equidade vertical, tendo como base a acessibilidade a oportunidades, comparando o transporte público com o individual motorizado. A oportunidade escolhida foi o emprego, que é considerada vital para as cidades devido à necessidade das pessoas para garantir o seu sustento na sociedade.

A escolha pela acessibilidade ao emprego permite realizar uma análise de uma atividade básica na vida em sociedade e que ocorre com alta frequência, afetando diretamente a vida das pessoas. Assim, considera-se que este é um tipo de planejamento que deve fazer parte das políticas de transportes das cidades. Prova disso é que há muitas pesquisas que estudam esse tipo de oportunidade quando trabalha com acessibilidade (BOCAREJO E OVIEDO, 2012; FOTH, MANAUGH E EL-GENEIDY, 2013; LEGRAIN, BULIUNG E EL-GENEIDY, 2016; JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017; LI E LIU, 2017; BOISJOLY, MORENO-MONROY E EL-GENEIDY, 2017; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018; GUZMAN E OVIEDO, 2018; CARNEIRO, 2019).

Conforme mencionado na introdução, o trabalho inicia com a abordagem da acessibilidade real, mas, complementarmente, é feito um comparativo com a acessibilidade potencial, de modo a identificar se há diferença nos resultados alcançados, e perceber se o comportamento atual da população em relação ao alcance aos empregos está aproximada da sua potencialidade. A partir disso, identificar as localidades que são menos acessíveis, e consequentemente fazem com que o índice de equidade seja reduzido.

Desta forma, a contribuição do trabalho se concentra na comparação entre os modos de transporte público e individual motorizado, e entre as acessibilidades real e potencial, visto que

foram lacunas identificadas na pesquisa realizada. A pesquisadora ainda reconhece a importância deste tipo de trabalho em cidades da América Latina, visto que há necessidade de desenvolver políticas que promovam a equidade local. Nesta região, o transporte apresenta um caráter social muito forte, devido a aspectos de desigualdade socioeconômica, o que faz com que os sistemas de transporte possam ser um instrumento de inclusão ou exclusão social (NIEHAUS, GALILEA E HURTUBIA, 2016).

1.5 Delimitação do estudo

Este estudo visou trabalhar com a acessibilidade a oportunidades, com foco nas viagens a trabalho (emprego), para posterior determinação da equidade vertical, considerando os empregos formais e informais. Como critério para definição dos grupos populacionais a serem analisados, dividiu a população entre os indivíduos aptos e inaptos para recebimento do subsídio tarifário.

Elaborou-se um procedimento estruturado, em que foram definidos os fatores de impedância, indicadores de acessibilidade, medida de equidade e dados a serem coletados. Foram realizadas as comparações entre o transporte público coletivo e individual motorizado, e das acessibilidades real e potencial, para cada grupo populacional definido.

Para o estudo de caso, os dados utilizados foram da Pesquisa Origem Destino 2017 da região metropolitana do Valle de Aburrá, Google API e do Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (órgão equivalente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no Brasil), além de informações oriundas da Alcaldía de Medellín (prefeitura municipal). Foram consideradas apenas as viagens de ida por motivo trabalho, com origem na zona urbana de Medellín e destino as zonas urbana e rural, considerando as respostas daqueles que declararam renda.

1.6 Estrutura da tese

Esta tese de doutorado foi organizada em 7 (sete) capítulos, conforme descritos abaixo:

Capítulo 01: capítulo introdutório, que foi subdividido em: introdução - inserindo o leitor na temática que será estudada e no foco do trabalho; formulação do problema - contextualização da problemática que motivou a escolha do tema de pesquisa e norteou o estudo; hipótese de pesquisa - supondo alguns aspectos que podem ser identificados no decorrer do desenvolvimento do trabalho; objetivos geral e específicos - o que se pretende alcançar findada esta tese; justificativa - explicando a necessidade deste estudo; delimitação do estudo -

sintetizando a metodologia do estudo e informando as fontes de dados e informações da aplicação; e, por fim, a estrutura da tese.

Capítulo 02: revisão sistemática; para iniciar esta pesquisa, e a partir de uma seleção de palavras-chave, decidiu-se por realizá-la para poder identificar como a temática desta tese está sendo trabalhada nas publicações em periódicos reconhecidos internacionalmente, e assim encontrar lacunas de estudo na área.

Capítulo 03: traz uma revisão da literatura sobre subsídios tarifários e equidade, buscando entender a relação entre eles, ou seja, como a implementação deste tipo de política é capaz de promover a equidade. Através da leitura de algumas publicações levantadas na revisão sistemática, faz-se uma listagem de tipos de políticas de subsídios encontradas na literatura e um levantamento de formas de medir a equidade.

Capítulo 04: dando continuidade à revisão de literatura, neste capítulo são feitas abordagens teóricas sobre a acessibilidade, englobando conceitos e elencando indicadores. Foi realizada uma breve análise dos indicadores apresentados, identificando a sua aplicação e respectivos fatores de impedância.

Capítulo 05: capítulo dedicado para a elaboração de um procedimento estruturado, para assim dar subsídios para a realização da análise da influência de políticas de subsídios tarifários a partir do nível de equidade vertical. Dividido em etapas, tem como base a revisão de literatura realizada, com foco em atender aos objetivos desta tese.

Capítulo 06: neste capítulo tem-se a aplicação do procedimento proposto, realizando o estudo de caso, para assim analisar a influência da política de subsídios tarifários na cidade objeto de estudo em relação à acessibilidade e, conseqüentemente, à equidade vertical. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos.

Capítulo 07: são versadas as considerações finais a respeito da tese de uma maneira geral, abordando principalmente o procedimento apresentado no capítulo 05, a aplicação e análises realizadas no capítulo 06, respondendo aos dois questionamentos levantados na problemática; e identificando os aspectos positivos e as limitações da tese, bem como trazendo sugestões de trabalhos futuros.

Por fim, são citadas as referências que foram utilizadas para a realização desta tese de doutorado, e o apêndice.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE EQUIDADE E SUBSÍDIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

A revisão de literatura desta tese foi construída em duas etapas: 1) revisão sistemática e 2) desenvolvimento dos capítulos 3 e 4. A partir do tema de pesquisa desenvolvido no capítulo 1, decidiu-se por verificar como o objeto de estudo está sendo trabalhado nas pesquisas ao redor do mundo, quais as lacunas de estudo em relação à forma de abordagem e/ou temática, e se é um campo de estudo de interesse dos principais periódicos internacionais na área de Engenharias I. Outra razão foi coletar possíveis referências para serem estudadas durante a elaboração dos capítulos de revisão de literatura e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa.

Para isso, escolheu-se a metodologia de revisão sistemática, por considerá-la como uma ferramenta que permite a identificação da maneira como estão sendo realizadas as abordagens sobre as temáticas em questão.

A revisão sistemática é “uma metodologia específica que localiza estudos existentes, seleciona e avalia contribuições, analisa e sintetiza dados, e relata as evidências de tal forma que permite conclusões razoavelmente claras sobre o que é e o que não é conhecido” (DENYER E TRANFIELD, 2009). Essa análise é feita de forma qualitativa, o que permite ter um maior detalhe sobre o conteúdo das publicações que foram identificadas com a pesquisa nas bases de dados escolhidas.

O procedimento adotado nesta revisão sistemática foi o mesmo utilizado por Ferreira (2016) (adaptado de KITCHENHAM E CHARTERS, 2007), conforme pode ser visto no fluxograma apresentado na figura 1. A aplicação de todas as etapas será descrita nos próximos tópicos deste capítulo.

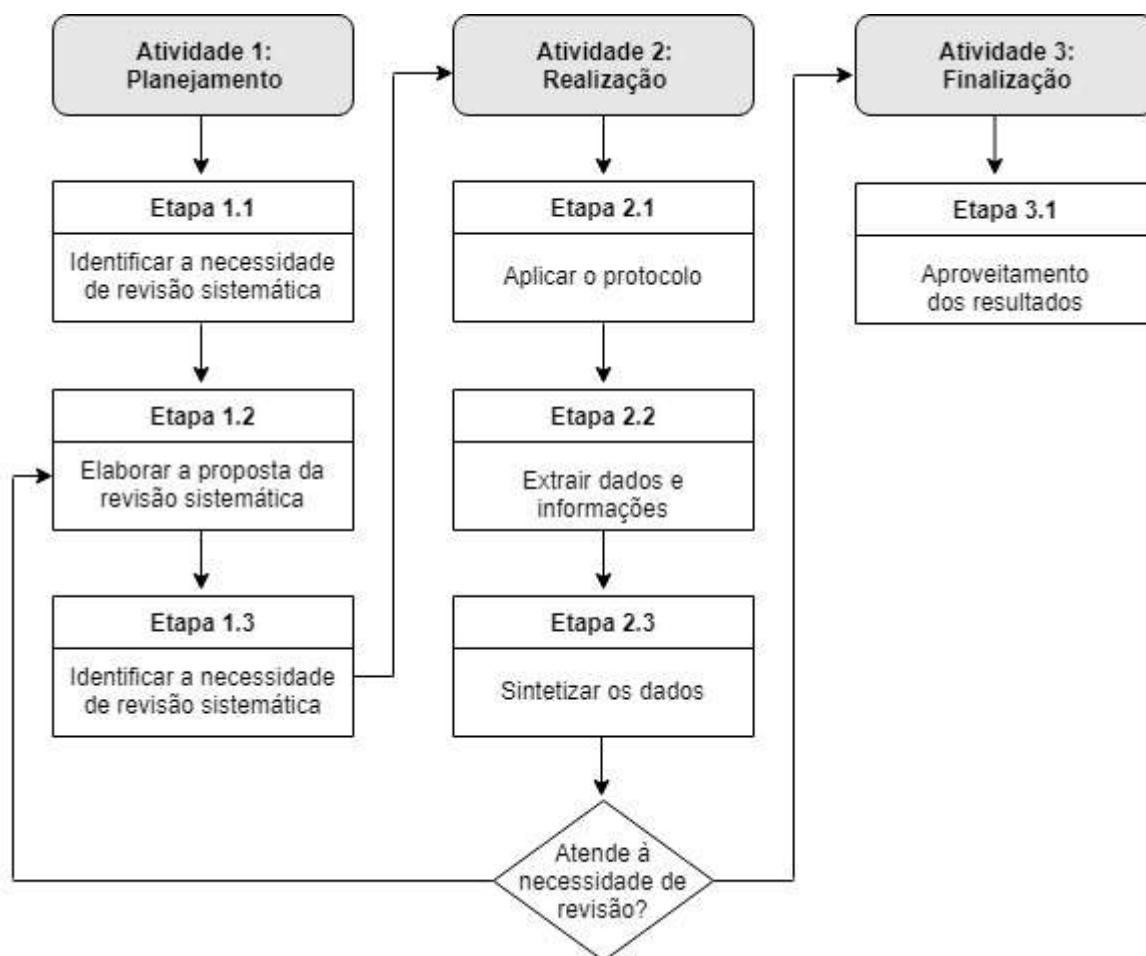


Figura 1- Procedimento de revisão sistemática
Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Kitchenham e Charters (2007)

A seguir, todas as etapas mostradas na figura 1 serão descritas e aplicadas.

2.1 Atividade 1 - Planejamento

A atividade de planejamento é o momento de estruturar a revisão sistemática, alinhando-a com as ideias desenvolvidas na problemática e justificativa, bem como as hipóteses e os objetivos da pesquisa (neste caso, desenvolvidos no capítulo 1) com as diretrizes que vão ser seguidas na aplicação deste método. Ela é dividida em 3 etapas, que serão descritas nos próximos subtópicos.

Etapa 1.1 – Identificação da necessidade de revisão

Definidos o problema de pesquisa e os objetivos geral e secundários (capítulo 01), surgiu a necessidade de identificar, através da revisão sistemática, possíveis lacunas nos trabalhos publicados anteriormente, e então desenvolver um estudo mais aprofundado no sentido de contribuir com o estado da arte. Como necessidades secundárias, tem-se: identificar publicações

que tratem dos assuntos abordados na temática principal desta pesquisa e buscar contextualizar os aspectos que foram contemplados no capítulo introdutório.

Etapa 1.2 – Elaborar a proposta de revisão

A proposta de revisão tem 3 (três) pontos: (i) justificar o objeto de pesquisa desta tese, (ii) relacionar subsídios de transporte público e equidade, e (iii) verificar quais outros conceitos são trabalhados para o desenvolvimento destes estudos. Além disso, identificar boas referências para a revisão de literatura através da técnica de "*snowball*" ou "bola de neve", que é "uma forma de amostra não probabilística utilizada em pesquisas sociais onde os participantes iniciais de um estudo indicam novos participantes que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto" (BALDIN E MUNHOZ, 2011).

Etapa 1.3 – Desenvolver o protocolo da revisão

O protocolo desta revisão sistemática tem como base o método proposto por Sampaio (2013), que é composto por doze etapas, são elas: 1) formulação da pergunta da revisão sistemática, 2) critérios de inclusão dos trabalhos, 3) bases de dados selecionadas, 4) definição da estratégia de busca, 5) confronto de duplicidades, 6) armazenamento e gerenciamento dos dados dos registros, 7) triagem pelo título do trabalho, 8) triagem pelo resumo, 9) obtenção dos textos completos, 10) avaliação do texto completo, 11) inclusão de outras variáveis para avaliação metodológica e 12) verificação de nível de concordância entre as revisoras.

2.2 Atividade 2 – Realização

Depois de elaboradas as atividades de estruturação e planejamento da revisão sistemática, tem-se a atividade 2, referente à sua execução, em que há a aplicação do protocolo determinado, a extração dos dados e informações e a sintetização destes.

Etapa 2.1 – Desenvolver o protocolo da revisão

Neste tópico serão mostrados alguns resultados da aplicação do protocolo da revisão indicado na etapa 1.3.

- **Formulação da pergunta da revisão sistemática:** têm-se como base dois questionamentos: 1) As políticas de subsídios tarifários melhoram o índice de equidade nas cidades? e 2) Qual a interpretação da acessibilidade financeira (*affordability*) ao uso do transporte público proporcionada pela implementação de políticas de subsídios?

- **CrITÉRIOS de inclusÃO dos trabalhos:** o critÉrio inicial foi a seleÇÃO de artigos cientÍficos publicados entre os anos de 2010 e 2018 em periÓdicos classificados nos conceitos A1 e A2, em Engenharias I, de acordo com a avaliaÇÃO da Qualis Capes do quadriÊnio 2013-2016. Os critÉrios em detrimento dos objetos de pesquisa podem ser compreendidos a partir da descriÇÃO das etapas seguintes.
- **Bases de dados selecionadas:** *Science direct*, *Scopus* e *Web of Science*.+
- **DefiniÇÃO da estratÉgia de busca:** a estratÉgia definida foi a determinaÇÃO dos pares de palavras-chave mais apropriados para desenvolver a problemática deste estudo, que foram: “*affordability*” AND “*public transport*”, “*fare*” AND “*public transport*”, “*subsidies*” AND “*equity*”, “*subsidies*” AND “*public transport*” e “*equity*” AND “*public transport*”. Local de busca no texto: título, resumo ou palavras-chave. Tentou-se também realizar a pesquisa com algumas combinaÇões de trÊs palavras-chave, mas o número resultante de publicaÇões foi irrisÓrio, sendo entÃO descartadas.
- **Confronto de duplicidades:** os resultados das buscas nas trÊs bases de dados foram armazenados no *software Mendeley*, que identifica quais sÃO as duplicaÇões e elimina-as. O número de publicaÇões antes e depois desse processo, respectivamente, foi: “*affordability*” AND “*public transport*” – 978 > 907, “*fare*” AND “*public transport*” – 432 > 387, “*subsidies*” AND “*equity*” – 335 > 230, “*subsidies*” AND “*public transport*” – 281 > 194, e “*equity*” AND “*public transport*” – 191 > 171. Somando, foram encontradas 2.217 publicaÇões, e apÓs a eliminaÇÃO das duplicaÇões, restou um total de 1.889 publicaÇões.
- **Armazenamento e gerenciamento dos dados dos registros:** em seguida, os artigos foram exportados do *Mendeley* para o Microsoft Excel, onde foi possÍvel selecionar os periÓdicos classificados nos conceitos A1 e A2 na Área de Engenharias I da Capes. Nessa segunda filtraÇão, o número de publicaÇões, de acordo com os pares de palavras-chave, foi: “*affordability*” AND “*public transport*” – 677; “*fare*” AND “*public transport*” – 105, “*subsidies*” AND “*equity*” – 27, “*subsidies*” AND “*public transport*” – 80, e “*equity*” AND “*public transport*” – 90, finalizando um total de 979 artigos cientÍficos.
- **Triagem pelo título do trabalho:** nesta etapa, foi feita a leitura de todos os títulos dos 979 trabalhos selecionados, para assim verificar quais deveriam ser analisados nesta revisÃO sistemática. Com esta triagem, o número de publicaÇões selecionadas, de acordo com os pares de palavras-chave, foi: “*affordability*” AND “*public transport*” – 104,

“fare” AND “public transport” – 29, “subsidies” AND “equity” – 6, “subsidies” AND “public transport” – 36, e “equity” AND “public transport” – 30, finalizando um total de 205 artigos científicos. Os critérios para a escolha foram em detrimento dos objetivos da pesquisa, conforme explanados no capítulo 1.

- **Triagem pelo resumo:** algumas das 205 publicações selecionadas geraram dúvidas sobre o seu conteúdo, no qual tiveram seus resumos lidos para confirmar se o estudo realmente tinha relação com os critérios aqui adotados. O novo número total foi de 102 publicações selecionadas.
- **Obtenção dos textos completos:** dentre os trabalhos selecionados, foram levados em consideração dois critérios: 1) o trabalho contribui diretamente para responder às perguntas desta revisão sistemática, e 2) o trabalho servirá como referência para a etapa de revisão de literatura (capítulos 03 e 04). Foram obtidas as publicações que atendiam aos critérios 1 e/ou 2.
- **Avaliação do texto completo:** ao todo, 25 trabalhos atenderam ao critério 1 e foram analisados nesta revisão sistemática. Os dados e informações estarão descritos e organizados nas etapas 2.2 e 2.3.
- **Inclusão de outras variáveis para avaliação metodológica:** durante a pesquisa através de palavras-chave, algumas outras palavras foram previamente excluídas, são elas: *airport, port, low-carbon, ship, maritime, electric, rural, táxi, fossil, healph e climate*. Isso se deu pelo fato da verificação de grande número de publicações abordando estas áreas de estudo, não tendo relação com esta tese.
- **Verificação de nível de concordância entre as revisoras:** o desenvolvimento desta etapa ocorreu à medida que a revisão foi sendo executada, com a pesquisadora e o orientador constantemente discutindo os resultados e as informações pertinentes.

Etapa 2.2 – Extrair dados e informações

Nesta etapa, foi realizada a avaliação dos 25 textos completos. Buscou-se responder aos dois questionamentos levantados na etapa 2.1. Os autores das 25 publicações e as análises realizadas estão na tabela 1. A/o metodologia/procedimento e o local de aplicação de cada uma delas estão descritas no Anexo I do apêndice.

Tabela 1 – Análise realizada nas publicações selecionadas

REFERÊNCIA/ ANÁLISES REALIZADAS	Subsídios	Equidade	Financiamento	Acessibilidade	Tarifas de TP	Custos/ Investimento	Demanda	Regulação/ Contrato	Operação	Uso do solo	Inclusão Social
SAKAI SHOJI (2010)	x										
BUREAU & GLACHANT (2011)					x				x		
DELBOSC & CURRIE (2011)		x		x							
BOCAREJO & OVIEDO (2012)				x		x					
MITRIC (2013)	x					x					
NAHMIAS-BIRAN <i>et al.</i> (2013)		x			x						
WELCH & MISHRA (2013)		x							x		
ZOU & MIZOKAMI (2013)	x						x		x		x
BOCAREJO <i>et al.</i> (2014)		x		x						x	
DREVS <i>et al.</i> (2014)	x										
FARBER <i>et al.</i> (2014)		x			x						
VERBICH, D. EL-GENEIDY (2015)		x			x						
WANG, LI & CHEN (2015)					x		x				
DENG, YE LI & YUEWU YU (2016)			x								x
EL-GENEIDY <i>et al.</i> (2016)		x		x		x					
ISEKI (2016)	x	x	x								
MOUWEN & OMMEREN (2016)						x		x			
SUN <i>et al.</i> (2016)	x					x					
AHERN, VEJA & CAULFIELD (2016)				x							
BURGUILLO <i>et al.</i> (2017)	x					x					
GUZMAN, OVIEDO & RIVERA, C. (2017)		x		x							
JOHNSON, ERCOLANI & MACKIE (2017)				x							
SABERI <i>et al.</i> (2017)				x		x					
DEBOOSERE & EL-GENEIDY (2018)		x		x							
GUZMAN & OVIEDO (2018)	x	x		x							
FREQUÊNCIA	8	11	2	10	5	7	2	1	3	1	2

Fonte: Elaboração própria (2019).

Com base na tabela 1, as análises que tiveram maiores frequências nas publicações selecionadas foram, respectivamente: equidade, acessibilidade, subsídios e custos/investimentos. A seguir, tem-se uma melhor análise dos trabalhos elencados na tabela 1, considerando as perguntas da revisão sistemática, levantadas na etapa anterior.

1. As políticas de subsídios tarifários melhoram o índice de equidade nas cidades?

O subsídio promove a acessibilidade da população aos meios de transporte, incluindo a acessibilidade financeira, e também o bem-estar social, principalmente para os grupos sociais de renda baixa e média, melhorando o nível de equidade (ZOU E MIZOKAMI, 2013; VERBICH E EL-GENEIDY, 2015; BURGUILLO *ET AL.*, 2017; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018). No entanto, há diferenças no tipo de gestão quando a intenção é social ou operacional (aumentar o número de passageiros, por exemplo), mas ambos os tipos requerem um alto nível de investimento para a sua manutenção (MOUWEN E OMMEREN, 2016). Uma importante estratégia no planejamento deste tipo de política pública é considerar a distribuição do serviço de transporte entre populações específicas e analisar em paralelo a equidade geográfica (DELBOSC E CURRIE, 2011; NAHMIAS-BIRAN, 2013; BOCAREJO *ET AL.*, 2014; EL-GENEIDY, 2016; ISEKI, 2016; GUZMAN E OVIEDO, 2018).

2. Qual a interpretação da acessibilidade financeira (*affordability*) ao uso do transporte público proporcionada pela implementação de políticas de subsídios?

As políticas de transporte, como subsídios de transporte público, sejam eles diretamente como desconto na tarifa, ou a implementação de integração física ou temporária ou de novos modos de transporte, fazem com que as famílias de baixa renda tenham uma maior acessibilidade a oportunidades e diminuam o comprometimento do orçamento familiar com este item, além de aumentar o nível de mobilidade (BUREAU E GLACHANT, 2011; DELBOSC E CURRIE, 2011; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; NAHMIAS-BIRAN *ET AL.*, 2013; BOCAREJO *ET AL.*, 2014; AHERN E CAUFIELD, 2016; GENEIDY *ET AL.*, 2016; JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017; EL- GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018; GUZMAN E OVIEDO, 2018). Muitas das políticas estudadas nestes trabalhos citados são destinadas a grupos específicos, contribuindo assim não apenas com melhorias dos sistemas de transporte em relação a questões técnicas e operacionais, mas tendo também seu caráter social.

A acessibilidade a empregos foi um aspecto trabalhado por alguns autores, visto que esta é uma atividade fundamental na sociedade e que é indicado existir incentivo governamental para melhorar o seu nível (DELBOSC E CURRIE, 2011; WELCH E MISHRA, 2013; EL-GENEIDY *ET AL.*, 2016; AHERN E CAUFIELD, 2016; JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018; GUZMAN E OVIEDO, 2018). As viagens que tiveram como destino o local de trabalho (emprego) são consideradas pendulares, ou seja, realizadas periodicamente, o que significa que os usuários de baixa renda que contam com algum subsídio tarifário aumentam a sua acessibilidade econômica e, de maneira geral, reflete na melhoria do índice de equidade das cidades.

Etapa 2.3 – Sintetizar os dados e informações

Para sintetizar os dados, trazendo os conteúdos que serão úteis para esta tese, os assuntos foram divididos de acordo com os aspectos que foram motivadores para a realização desta revisão sistemática.

- **Abordagens sobre subsídios tarifários**

No processo de planejamento e implementação de políticas de subsídios tarifários, devem ser considerados alguns aspectos importantes:

1. Distribuição geograficamente desigual de custos e benefícios, pois muitas vezes há o mesmo subsídio para quem mora em bairros nobres e na periferia (ISEKI, 2016).
2. Desvantagens econômicas podem gerar desaprovação política por determinada parcela da população, como por exemplo a falta de critérios para distribuição de determinados benefícios (ISEKI, 2016).
3. O nível de subsídio está diretamente relacionado aos recursos públicos, pois em geral é financiado pelo governo (SUN *et al.*, 2016).
4. Mesmo com a proposta de um subsídio de incentivo baseado no desempenho ótimo da operação, o valor é muito alto para o governo local (ZOU E MIZOKAMI, 2013).
5. Destinar políticas de subsídios de transporte para grupos de renda específicos (de baixa renda, por exemplo) melhora a acessibilidade a oportunidades, e consequentemente o nível de equidade (GUZMAN E OVIEDO, 2018; BURGUILLO *ET AL.*, 2017; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; DELBOSC E CURRIE, 2011; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018).

- **Abordagens sobre subsídios tarifários e promoção de equidade**

Dos artigos que consideraram a relação entre subsídios tarifários e equidade, destacam-se essas constatações:

1. O aumento no valor e/ou na amplitude do subsídio melhora a acessibilidade para a população, mas não de maneira proporcional, o que requer um grande investimento para obter um impacto significativo (GUZMAN E OVIEDO, 2018).
2. Os subsídios tarifários de transporte público contribuem para melhorar o bem-estar da população, em especial de grupos sociais de renda média (BURGUILLO *et al.*, 2017; ZOU E MIZOKAMI, 2013).
3. Há um potencial conflito entre políticas destinadas a promover a equidade e aquelas destinadas a aumentar o número de passageiros discricionários (e diminuir as emissões de automóveis) (FARBER *et al.*, 2014).
4. A questão da acessibilidade não deve estar relacionada apenas com a problemática do tempo de viagem, mas também com o percentual de renda gasto com deslocamento (BOCAREJO E OVIEDO, 2012).
5. Para medir a equidade do transporte é importante considerar a distribuição do serviço de transporte entre populações específicas para proporcionar melhor acesso aos passageiros cativos (WELCH E MISHRA, 2013).

- **Abordagens sobre tarifas do transporte público**

A partir do tema “tarifas” foi possível extrair algumas informações, que estão listadas abaixo:

1. A redução das tarifas de transporte público representa uma economia em larga proporção de renda para os indivíduos mais pobres (BUREAU E GLACHANT, 2011).
2. Os indivíduos mais pobres são aqueles que menos ganham com o aumento da velocidade do transporte público, pois para eles é mais importante reduzir a tarifa (BUREAU E GLACHANT, 2011).
3. A instabilidade de renda pode estimular a compra de tarifas semanais repetitivas, que têm maior custo individual por viagem. Com isso, as agências de transporte público acabam colocando uma penalidade extra nos residentes com renda instável (VERBICH E EL-GENEIDY, 2015).
4. A maioria das altas proporções de melhoria significativa na tarifa através do sistema de integração ocorreu em áreas socioeconômicas baixas e remotas (NAHAMIAS-BIRAN

et al., 2014).

- **Abordagens sobre acessibilidade a oportunidades através do transporte público e equidade**

A acessibilidade a oportunidades foi um tipo de análise utilizado nas referências selecionadas, o que ressalta a sua relevância quando se está trabalhando com o tema equidade.

As principais informações obtidas foram as seguintes:

1. Direcionar a análise da acessibilidade a oportunidades de acesso ao emprego e educação contribui no processo de decisão quando da necessidade de intervenção nos sistemas de transporte, pois esse tipo de viagem é considerado pendular e corresponde às necessidades básicas do ser humano, principalmente para os que vivem em áreas urbanas (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).
2. A mudança no uso do solo, muitas vezes, pode ser mais impactante nos níveis de acessibilidade a oportunidades do que o investimento em sistemas e subsídios de transporte público, embora isso não anule a importância de investimentos em transporte (BOCAREJO *ET AL.*, 2014; AHERN, VEGA E CAULFIELD, 2016; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018).
3. O acesso a empregos pode ter seus níveis melhorados se os serviços de transporte público tiverem investimentos (AHERN, VEGA E CAULFIELD, 2016; EL-GENEIDY *ET AL.*, 2016; JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018).
4. A análise do nível de acessibilidade deve conter os valores dos custos de acessibilidade e/ou de transporte, além de considerar aspectos geográficos e socioeconômicos dos moradores e do local de estudo (VERBICH E EL-GENEIDY, 2015; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; SABERI *et al.*, 2017).
5. A acessibilidade pode estar relacionada tanto ao tempo quanto ao custo de transporte (BOCAREJO E OVIEDO, 2012).

2.3 Atividade 3 – Finalização

Nesta atividade de finalização há o aproveitamento dos resultados da revisão sistemática, em que o pesquisador deve excluir as informações e dados que não são relevantes para o seu trabalho, e utilizar da maneira mais apropriada possível os que tiverem importância, considerando os conteúdos para revisão de literatura, métodos e ferramentas que sejam aplicáveis para o desenvolvimento da pesquisa, dentro outros aspectos que julgar viáveis.

Etapa 3.1 – Aproveitamento dos resultados

Dentre as 25 publicações selecionadas, dezesseis (16) delas tiveram relação direta com as temáticas que se aproximaram ao proposto nesta tese. Os enfoques estão descritos abaixo e seus respectivos trabalhos relacionados estão mostrados na tabela 2.

- **Enfoque 1:** Análise de efeitos de políticas de transporte público, especialmente de subsídios tarifários para populações de baixa renda;
- **Enfoque 2:** Exame dos impactos distributivos de uma ou várias políticas de transporte público urbano;
- **Enfoque 3:** Cálculo da acessibilidade a oportunidades, com destaque para a acessibilidade ao emprego.
- **Enfoque 4:** A acessibilidade financeira (*affordability*) é uma consequência positiva de políticas de subsídios tarifários de transporte público.
- **Enfoque 5:** Uma maneira de quantificar a equidade promovida por meio de políticas de transporte é através do cálculo da acessibilidade a oportunidades.

Tabela 2 – Relação das publicações com os 5 enfoques pertinentes para a tese

REFERÊNCIA	Enfoque 1	Enfoque 2	Enfoque 3	Enfoque 4	Enfoque 5
GUZMAN & OVIEDO (2018)	X		X	X	X
BUREAU & GLACHANT (2011)	X	X			
YE LI & YUEWU YU (2016)					
BURGUILLO <i>et al.</i> (2017)	X				
VERBICH, D. EL-GENEIDY (2015)	X	X		X	
FARBER <i>et al.</i> (2014)	X	X		X	
NAHMIAS-BIRAN <i>et al.</i> (2013)		X			
BOCAREJO & OVIEDO (2012)	X	X		X	
WANG, LI & CHEN (2015)		X			
EL-GENEIDY <i>et al.</i> (2016)			X		X
GUZMAN, OVIEDO & RIVERA, C. (2017)	X		X	X	X
DELBOSC & CURRIE (2011)	X	X	X		X
DEBOOSERE & EL-GENEIDY (2018)	X		X		X
BOCAREJO <i>et al.</i> (2014)	X	X			X
AHERN, VEJA & CAULFIELD (2016)			X		X

REFERÊNCIA	Enfoque 1	Enfoque 2	Enfoque 3	Enfoque 4	Enfoque 5
JOHNSON, ERCOLANI & MACKIE (2017)			X		
FREQUÊNCIA	10	08	07	05	07

Fonte: Elaboração própria (2019).

Contudo, se faz necessário um estudo mais detalhado para analisar tipos de políticas de subsídios tarifários de transporte público, levantamento de ferramentas que medem a equidade e de indicadores de acessibilidade utilizados em diversos trabalhos. Isto permite identificar a(s) metodologia(s) e indicador(es) que possa(m) ser utilizado(s) no procedimento metodológico, permitindo alcançar os objetivos geral e específicos desta tese.

2.4 Considerações finais do capítulo

A realização da revisão sistemática é importante para o desenvolvimento de uma pesquisa científica, pois possibilita identificar a relevância da temática para a ciência, algumas metodologias já aplicadas nos estudos anteriores, lacunas de pesquisa e formas de relacionar alguns conceitos que se pretende estudar. Esta metodologia evita equívocos no decorrer do estudo e possibilita enxergar outras formas de abordagem até então não exploradas por outros autores.

Finalizado este capítulo, comprovou-se que a relação entre as temáticas que envolvem a proposta desta tese (subsídios tarifários, acessibilidade a oportunidades e equidade) são de interesse de estudo em importantes periódicos na área de engenharia de transportes. No entanto, foram identificados dois direcionamentos das análises: (i) ao transporte público coletivo, e (ii) aos empregos formais; tendo como lacuna o enfoque também em transporte individual motorizado e nos empregos informais, que serão trabalhados nesta tese.

É importante incluir o transporte individual na análise porque ele afeta diretamente o desempenho do transporte público, principalmente quando provoca congestionamentos nas vias públicas. Esse fato se acentua em malhas viárias não estruturadas, não qualificadas e com deficiências de regulamentação e controle operacional.

Além disso, nas publicações analisadas também não foi identificada a proposta de um procedimento metodológico que abrangesse os diferentes aspectos identificados nesta revisão sistemática, que foi a relação entre política tarifária, acessibilidade e equidade.

Neste contexto, as indicações de estudo mencionadas na ao final da etapa 3.1 serão realizadas nos capítulos 3 e 4. A princípio, no próximo capítulo serão estudados os temas “subsídios” e “equidade”, para que se identifique como o primeiro funciona, quais os tipos

existentes e como essas políticas contribuem para a promoção da equidade. Além disso, é importante realizar um levantamento de trabalhos que mediram a equidade, para analisar as metodologias/ferramentas desenvolvidas/aplicadas e conhecer as variáveis utilizadas para determinação dos índices. Esses conceitos são uma continuidade do entendimento teórico iniciado neste capítulo, e um embasamento para realizar a análise a que esta tese se propõe.

3 SUBSÍDIOS E EQUIDADE

3.1 Considerações iniciais

O transporte público é considerado um serviço social, por isso o Estado tem que garantir que ele seja oferecido à população, e de forma equitativa e inclusiva, para que os benefícios sejam distribuídos de forma mais igualitária. Esses benefícios vão desde o acesso aos diferentes ambientes que compõem o espaço urbano, quanto à cobrança de uma tarifa justa e acessível financeiramente. Mas um problema que existe é que "os serviços de transporte público por ônibus no Brasil são custeados quase que exclusivamente pela arrecadação tarifária, o que dá um caráter bastante importante para as políticas públicas voltadas para fixação dos valores tarifários por parte do poder público" (CARVALHO, 2016).

Há uma diferença entre o custo privado para o proprietário do automóvel e o custo social que o veículo impõe tanto para os demais veículos quanto para a sociedade em geral. Dentre as externalidades do aumento do acesso e uso dos veículos automotivos particulares, tem-se a super utilização das vias (congestionamentos), elevado número de acidentes de trânsito e os impactos ambientais (consumo de energia, emissão de poluentes e produção de dejetos) (STRAMBI, 1991; VASCONCELLOS, 2013).

Apesar do crescimento das taxas de motorização das cidades brasileiras, o transporte público ainda é responsável pela locomoção da maioria dos passageiros, principalmente no ônibus, visto que sua presença é superior ao transporte metro ferroviário, conforme pode ser visualizado na tabela 3. Strambi (1991) faz a observação de que uma parcela da população tem dependência com relação ao seu uso devido aos seus baixos níveis de renda, estando fora de seu alcance a posse de um automóvel. Porém, ainda hoje, mesmo considerando o fato de que o uso do transporte motorizado individual (automóveis e motocicletas) cresceu de maneira substancial ao longo dos últimos anos, como mostrado na figura 2, essa ainda é uma realidade de muitos brasileiros.

Tabela 3 - Média mensal de passageiros transportados por ano (em milhões)

MODO/ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ônibus Urbano	320,1	334,5	323,5	323,2	400,8	355,8
Ferroviário	111,4	108,6	108,2	98,9	116,9	173,2
TOTAL	431,5	442,7	431,7	422,1	517,7	529,0

Fonte: CNT (2017)

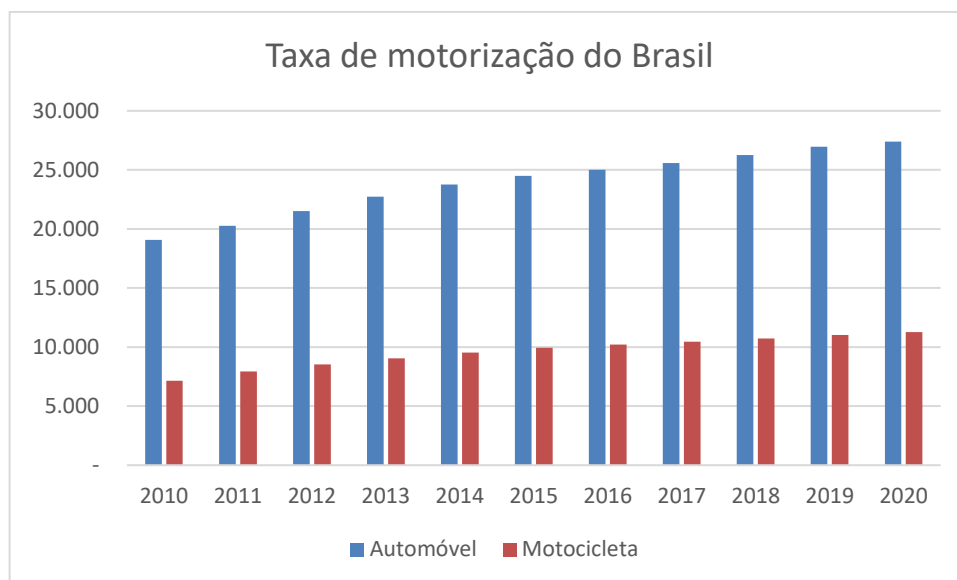


Figura 2 – Taxa de motorização brasileira por 100.000 habitantes
Fonte: DENATRAN (2021)

O gráfico apresentado na figura 2 mostra o crescimento da posse de automóveis e motocicletas no país ao longo dos anos, sendo esse número bastante elevado. Por outro lado, a tabela 2 confirma que milhões de viagens são feitas anualmente por meio de transporte público coletivo. Outro aspecto que é importante citar é a instituição das diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), através da Lei nº 12.587/2012. Em se tratando do transporte urbano de passageiros, ela foi orientada por algumas diretrizes, dentre elas a que tornam prioridade os modos de transportes não motorizados sobre os motorizados, e os serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado (art. 6º, inciso III).

Nos países em desenvolvimento, o aumento dos congestionamentos e o declínio da mobilidade têm acontecido em três etapas. A primeira delas é a redução da mobilidade dos usuários de automóveis, resultante do aumento dos congestionamentos. A segunda etapa ocorre quando há o declínio da mobilidade também dos usuários do transporte público, causado pelo alto volume de veículos em vias principais, onde o transporte público faz seus deslocamentos. Finalmente, na terceira etapa, ocorre a migração de usuários do transporte público que estão na etapa 2 para o automóvel particular, pela aquisição de veículos (GAKENHEIMER, 1999).

3.2 Equidade e transporte público

O conceito de equidade é interpretado de acordo com a época, tendo como base os valores da sociedade, que se transformam com o passar do tempo. A equidade está diretamente relacionada com a ideia de justiça social, englobando as áreas de economia e filosofia, e norteia

a distribuição dos benefícios e custos de forma socialmente justa (STRAMBI, 1991). Promover a equidade é um dos desafios das políticas de mobilidade urbana.

A equidade pode ser analisada sob duas abordagens: horizontal e vertical. A equidade horizontal considera a distribuição de benefícios igualmente; assim, analisando como toda a população se beneficia dos serviços de transporte (WELCH E MISHRA, 2013; DELBOSC E CURRIE, 2011). Exemplos incluem o trabalho de Shirmorhammadli, Louen e Vallée (2016), que estudou a distribuição de meios de transporte entre 17 zonas de tráfego, e Nahamias-Biran (2013), com um estudo que analisou os impactos causados pela mudança nas tarifas em diferentes grupos da população.

A equidade vertical analisa esses mesmos benefícios, mas entre grupos específicos (WELCH E MISHRA, 2013). Além dos impactos e custos, de acordo com a renda ou classe social (NAHAMIAS-BIRAN, 2013), a equidade vertical busca compensar as desigualdades sociais em geral (DELBOSC E CURRIE, 2011). Uma possibilidade de enfoque é a análise da sua relação com a acessibilidade, com o objetivo de verificar o impacto das políticas de transporte em diferentes grupos de renda (DELBOSC E CURRIE, 2011; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GRENGS, 2015; LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016; GUZMAN, OVIERA E RIVERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018; CUI *et al.*, 2019; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; NAHAMIAS-BIRAN, 2013; SHIMORHAMMADLI, LOUEN E VALLÉN, 2016). No entanto, Farber *et al.* (2014) expressaram a ressalva de que as políticas destinadas a promover a equidade têm um potencial conflito com aquelas que buscam aumentar o número de passageiros discredionários (e reduzir as emissões de poluentes dos automóveis).

Camporeale *et al.* (2018) afirmaram que esses dois tipos de equidade podem entrar em conflito, visto que as decisões não são consideradas justas sob os dois critérios. Para eles, a equidade horizontal não considera adequadamente as diferentes desigualdades sociais existentes, e que a perspectiva da equidade vertical se apresenta como uma alternativa, pois neste caso os indivíduos ou grupos mais desfavorecidos receberão recursos maiores/melhores.

De acordo com Milan e Creutzig (2017), a equidade horizontal oferece o acesso a todos; e na equidade horizontal espacial o fornecimento do acesso ao trânsito para diferentes áreas espaciais também deve ser igual. A equidade vertical melhora o acesso dos indivíduos com menos recursos, especialmente de renda. Mas isso requer dimensões adicionais, como por exemplo o trânsito voltado para equidade de gênero quando se percebe que a mulher tem menor acesso que os homens; ou seja, as variações ocorrem de acordo com a realidade local.

Sobre os conceitos de equidade horizontal e vertical, para Delbosc e Currie (2011):

Equidade horizontal (imparcialidade ou igualitarismo) preocupa-se em fornecer recursos iguais a indivíduos ou grupos considerados iguais em capacidade. Evita favorecer um indivíduo ou grupo em detrimento de outro e os serviços são prestados de forma igual, independentemente da necessidade ou habilidade. Equidade vertical (justiça social, justiça ambiental ou inclusão social) se preocupa em distribuir recursos entre indivíduos de diferentes habilidades e necessidades. A equidade vertical favorece grupos baseados em classes sociais ou necessidades específicas para compensar as desigualdades sociais em geral (DELBOSC E CURRIE, p. 1, 2011).

As pessoas com menor poder aquisitivo têm uma mobilidade inferior à de pessoas de renda mais alta, como consequência do alto custo do transporte público e das condições precárias de emprego ou de atividade econômica. Em muitas cidades este custo aumenta pela necessidade de pagar duas ou mais tarifas, dependendo da distância e/ou da disponibilidade de transporte público (VASCONCELLOS, 2013). Com base nas pesquisas origem-destino de São Paulo (2008), Rio de Janeiro (2003) e Vitória (2000), Vasconcellos (2013) calculou o índice de mobilidade por faixa de renda dessas cidades, que está mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Mobilidade e renda, média dos valores em São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória

Nível de renda familiar mensal	Mobilidade (viagens/pessoa/dia)	Déficit de mobilidade (viagens/pessoa/dia)
Até 2 SM	1,4	0,0
Entre 2 e 5 SM	1,6	0,2
Entre 5 e 10 SM	1,8	0,5
Entre 10 e 20 SM	2,1	0,8
Mais que 20 SM	2,9	1,5

Fonte: Vasconcellos (2013)

Os custos destinados ao transporte podem comprometer os gastos das famílias, restringindo a renda disponível ao acesso a outras finalidades, como viagem e cultura, se acentuando em famílias de baixa renda (GUZMAN E OVIEDO, 2018). A dificuldade em acessar empregos, educação, mercados e atividades de lazer pode ser considerada desvantagem social, pois é causada por barreiras físicas e socioeconômicas, sendo uma exclusão social provocada pelos sistemas de transportes (YE LI E YUEWU YU, 2016).

No entanto, na maioria das cidades não há a contrapartida do governo para os subsídios oferecidos, e os usuários pagantes integrais da tarifa acabam arcando com os custos. Isso faz com que o valor pago seja elevado para o padrão de vida da realidade brasileira, além de impulsionar a migração do transporte coletivo para o individual, pois na realidade local ele é mais atrativo em termos de conforto, confiabilidade e rapidez. Com isso, surgem dois desafios para os responsáveis pelo transporte público urbano: cobrar uma tarifa que esteja dentro do orçamento da população de baixa renda e oferecer uma tarifa e serviço de qualidade para atrair passageiros.

Quando não há a contrapartida do governo e os subsídios dados para grupos específicos são pagos pelos demais usuários do transporte público, tem-se o que se chama de subsídio cruzado. Sobre este assunto, Carvalho (2016) afirma que:

As questões ligadas à equidade sempre foram trabalhadas de forma pontual pela concessão de gratuidades a grupos específicos via subsídio cruzado, o que pode ser bastante questionado do ponto de vista da justiça social, já que os demais usuários pagantes se responsabilizavam pelo ônus da medida. Além disso, na maioria dos casos, não havia recortes de renda na concessão dos benefícios, o que distorcia mais ainda a política, uma vez que, com o subsídio cruzado, poderia ocorrer a situação injustificável de pessoas de baixa renda financiarem as de renda mais alta (CARVALHO, p. 11, 2016).

Camporeale *et al.* (2018) enfatizam que os grupos sociais menos favorecidos devem ter prioridade nos projetos de transporte. Para eles, com base em outros estudos, o uso de indicador social é uma maneira comum para que isso seja possível de ser aplicável. Através dele é possível identificar os grupos que são desprivilegiados em relação ao acesso a bens e recursos, além de compará-los ao resto da sociedade. Esse tipo de indicador deve ser construído levando em consideração informações sociodemográficas e econômicas.

Vasconcellos (2013), pág. 258, realizou um estudo sobre as políticas de transportes no Brasil, entre os anos de 1960 e 2010, e identificou apenas sete medidas adotadas que foram destinadas a aumentar a equidade no uso das vias e dos modos de transporte. O autor dividiu-as em cinco grupos:

- 1) **Grupo 01:** “Aqueles destinadas a definir um direito específico relativo à mobilidade das pessoas, no nível mais alto da hierarquia jurídica do país, foram a definição, na Constituição Federal, do transporte público como serviço essencial e a definição, no Código de Trânsito Brasileiro, do direito à circulação em segurança nas vias públicas”.
- 2) **Grupo 02:** “Aqueles destinadas a reduzir o impacto das tarifas sobre os grupos sociais mais carentes de apoio: o Vale Transporte (1985)”.
- 3) **Grupo 03:** “Aqueles destinadas a garantir mobilidade a grupos sociais específicos: o programa federal de transporte escolar na zona rural (2004)”.
- 4) **Grupo 04:** “Aqueles dedicadas à adaptação do sistema de mobilidade às necessidades de pessoas com condições especiais: o projeto de adaptação dos veículos de transporte coletivo às pessoas com deficiência (2004)”.
- 5) **Grupo 05:** “Aqueles dedicadas a garantir melhores condições de uso e de circulação para os veículos de transporte público: aquelas que implantaram o bilhete único e faixas exclusivas ou corredores de ônibus”.

De fato, houveram avanços ao longo dos anos, mas eles não acompanharam a velocidade do fenômeno de motorização. Ardila-Gomez e Ortegón-Sánchez (2016) alertam sobre os subsídios implícitos que são destinados para os usuários/proprietários dos carros particulares, que embora representem um menor número de pessoas realizando viagens, provocam enormes custos em termos de congestionamento, expansão, acidentes e poluição. Enquanto os transportes públicos geram mais benefícios do que custos, mas seus subsídios explícitos enfrentam o problema de controvérsias políticas. Além disso, tem-se o custo social, que reflete em maior suscetibilidade da população à vulnerabilidade social.

A figura 3 ilustra a precificação ineficiente e as distorções econômicas do setor de transporte. Ela traz um comparativo entre o carro e o transporte público sob os aspectos de custos e de benefícios com/de cada um dos dois modos de transporte.

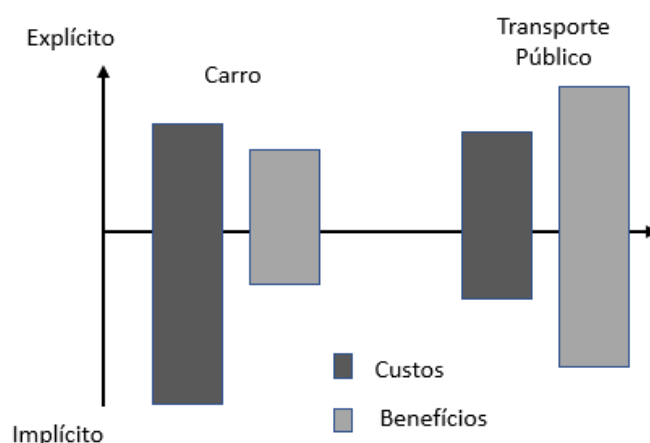


Figura 3 - Custos totais (explícitos e implícitos) e benefícios dos carros e do transporte público
Fonte: Ardila-Gomez e Ortegón-Sánchez (2016)

Em relação aos custos implícitos, os carros apresentam um valor elevado; isso é justificado, por exemplo, pelos investimentos contínuos em infraestrutura viária para carros. Por outro lado, os benefícios que eles oferecem para a sociedade são consideravelmente menores do que o proporcionado pelo transporte público, este que apresenta um baixo custo quando comparado com os dos carros. Isso faz com que dificulte o fornecimento de boas redes de transporte público, pois parte dos recursos são destinados aos carros como subsídios implícitos (ARDILA-GOMEZ E ORTEGON-SANCHEZ, 2016).

3.3 Políticas de subsídios tarifários

Os subsídios devem ser elaborados de acordo com as necessidades locais, para que de fato gerem benefícios para os beneficiários, considerando tanto os aspectos sociais quanto os

financeiros. Para Ye Li e Yuewu Yu (2016), “notavelmente, as fontes de receita dos sistemas de transporte público variam de acordo com o desenvolvimento de suas economias locais”. Ardila-Gomez e Ortegón-Sánchez (2016) explicam essas questões de maneira direta:

O objetivo dos subsídios para o transporte público não pode ser apenas para oferecer tarifas mais baixas, especialmente não em detrimento da qualidade e da quantidade da oferta de transporte. Em vez disso, os subsídios devem garantir inclusão e acessibilidade a segmentos específicos da população (como baixa renda, crianças e idosos). Além disso, e igualmente importante, os subsídios podem ser usados para alcançar sistemas integrados de transporte de alta qualidade se o nível de subsídio for definido dentro de um serviço regulado por contrato para remunerar os operadores pela busca de objetivos não comerciais, estratégicos e sociais de acordo com indicadores de desempenho de qualidade, como no caso de Londres ou Santiago do Chile (ARDILA-GOMEZ E ORTEGÓN-SANCHEZ, 2016).

As políticas de subsídios podem envolver a redução da tarifa de transporte (diretamente para o usuário) e a subsidiação da infraestrutura e/ou a operação e manutenção do sistema. Com o impulso do uso do transporte público através da implementação de medidas, como a adoção de políticas de subsídios e melhorias no serviço, tem-se o potencial de aumentar a sua demanda. Assim, a redução dos custos para os passageiros, de acordo com Strambi (1991), se dá de diversas formas, são elas:

- Pelo aumento da ocupação média dos veículos, reduzindo o custo de operação por passageiro transportado;
- Pelo aumento da frequência nas linhas existentes, diminuindo o tempo médio de espera por veículos;
- Pelo aumento da densidade de linhas (maior número de linhas cobrindo uma mesma região), reduzindo o tempo médio de acesso ao sistema;
- Pela possibilidade de, com maior densidade de linhas, tornar os itinerários menos sinuosos, reduzindo o tempo de viagem no veículo.

O enfoque deste trabalho é a política de subsídios tarifários de transporte público para acesso ao emprego, que tem um impacto direto no orçamento familiar dos usuários. Um exemplo é o passe de viagem mensal, que faz com que aumente o número de viagens por usuário, e aumenta a probabilidade de atrair novos passageiros. Mas isso traz consequências negativas sobre a sustentabilidade financeira, levando à necessidade de aumentos progressivos no valor dos subsídios públicos (CADENA *et al.*, 2016).

As políticas de subsídios tarifários de transporte no Brasil tiveram vários avanços ao longo dos anos, os principais exemplos concretos são: vale-transporte (BRASIL, 1985; BRASIL, 1987), integração tarifária física e/ou temporal, passe livre para estudantes de escola

pública, meia tarifa para estudantes, gratuidade para idosos (BRASIL, 2003), gratuidade para portadores de deficiência (BRASIL, 1988) e bilhete único mensal em São Paulo (SÃO PAULO, 2018).

No entanto, a maioria das pessoas não recebe nenhum subsídio e/ou benefício para custear o seu deslocamento. Outro problema relevante que tem impacto na equidade é que os custos de gratuidades e descontos para usuários (como por exemplo idosos, deficientes e estudantes) são transferidos para os usuários comuns que não recebem tais benefícios e nem o Vale-transporte (VASCONCELLOS, 2013). A tabela 5 mostra a porcentagem das pessoas que recebem algum benefício, em quatro metrópoles brasileiras.

Tabela 5 - Condição de pagamento do TP (2004), família com renda inferior a 3 salários mínimos

Condição de pagamento	Porcentagem das pessoas				
	São Paulo	Rio de Janeiro	Belo Horizonte	Recife	Média
Não recebe auxílio	67,4	62,9	70,5	76,8	69,40
Recebe auxílio					
Vale-transporte	19,6	13,9	21,8	10,8	16,53
Dinheiro	7,7	3,7	1,4	1,2	3,50
Isenção, gratuidade	3,8	19,0	4,9	6,6	8,58
Desconto	1,2		0,8	4,0	1,50
Condução do empregador	0,3	0,6	0,6	0,6	0,53

Fonte: ITRANS (2004 *apud* VASCONCELLOS, 2013)

Ao redor do mundo, diferentes tipos de políticas de subsídios de transporte público também já foram implementados. A Tabela 6 mostra alguns tipos de subsídios estudados em publicações que foram extraídas da pesquisa realizada para a revisão sistemática da literatura apresentada no capítulo 02. Essas publicações tiveram o intuito de buscar entender e/ou quantificar o impacto que as políticas de subsídios provocaram nos aspectos individuais e/ou coletivos dos indivíduos nas cidades, a exemplo da equidade e bem-estar social.

Tabela 6 - Tipos de políticas de subsídios tarifários identificados na literatura

REFERÊNCIA	SUBSÍDIO ESTUDADO	ANÁLISE REALIZADA
FARBER <i>et al.</i> (2014)	Estruturas tarifárias baseadas na distância	Equidade
VERBICH & EL-GENEIDY (2015)	Passes semanal e mensal de tarifas	Equidade
SUN <i>et al.</i> (2016)	Subsídios como Incentivos	Bem-estar social
GUZMAN & OVIEDO (2018)	Subsídios para população de baixa renda	Equidade
LUCAS <i>et. al</i> (2016)	Subsídio geral da tarifa	Desigualdade social
LEGRAIN <i>et. al</i> (2016)	Incentivos para população de baixa renda	Equidade

REFERÊNCIA	SUBSÍDIO ESTUDADO	ANÁLISE REALIZADA
EL-GENEIDY <i>et al.</i> (2016)	Passe mensal de tarifas	Equidade
NAHMIAS-BIRAN <i>et. al</i> (2013)	Integração tarifária	Equidade vertical
BOCAREJO & OVIEDO (2012)	Subsídio cruzado	Equidade
BASSO & JARA-DÍAZ (2012)	Subsídio geral da tarifa	Bem-estar social
DREVS <i>et. al</i> (2014)	Subsídio geral da tarifa	Disposição de pagar a tarifa
BOCAREJO <i>et al.</i> (2016)	Integração tarifária	Acessibilidade
HESS (2017)	Tarifa zero	Esquema de Tarifa Zero
ABRANTES (2015)	Subsídios para o modo de transporte ônibus	Valor econômico

Fonte: Elaboração própria (2019).

A partir da leitura da tabela 6, percebe-se que o subsídio geral da tarifa (que inclui os passes semanal e mensal) é bastante utilizado nos países. Apenas duas publicações trabalharam os subsídios específicos para população de baixa renda. Em relação ao primeiro modelo, supõe-se que para os grupos de baixa renda o seu principal impacto é diminuir o percentual de renda gasto com transporte, enquanto para os outros grupos de usuários ele se torna um incentivo ao uso do transporte coletivo público. O segundo tipo de subsídio, em geral, é estabelecido para promover equidade, visto que os grupos não têm o mesmo poder aquisitivo para custear seus deslocamentos, provocando imobilidade para as classes mais baixas.

3.4 Levantamento de publicações que medem a equidade

Muitas análises sobre acessibilidade a oportunidades que estão sendo realizadas nos últimos anos abordam as viagens pendulares, devido elas serem fundamentais na vida em sociedade, impactando diretamente na acessibilidade econômica das famílias. Destaca-se a acessibilidade a empregos e/ou a educação, e por terem propostas similares, se diferem de viagens para compras e saúde, por exemplo (BOCAREJO E OVIEDO, 2012; MELLO, 2015; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; GUZMAN, OVIERA E RIVERA, 2017; LITMAN, 2018; GUZMAN E OVIEDO, 2018; GUZMAN, OVIEDO E CARDONA, 2018).

Uma abordagem interessante foi a de Deboosere e El-Geneidy (2018), que analisou a acessibilidade a empregos de baixa renda para residentes vulneráveis, levando em conta seus tempos de viagem, com os dados trabalhados de forma desagregada. Outro enfoque é analisar esta acessibilidade e a relação com a equidade, para verificar os efeitos das políticas de transporte sob este aspecto entre os diferentes grupos de renda (DELBOSC AND CURRIE,

2011; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GRENGS, 2015; NIEHAUS, GALILEA E HURTUBIA, 2016; LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016; GUZMAN, OVIERA E RIVERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018; CUI *et al.*, 2019).

Lucas, Van Wee e Maat (2016) incluíram os conceitos de igualitarismo e suficientarismo. No primeiro caso, assume-se que a sociedade deve tratar todos de maneira igual; o segundo conceito afirma que “todos devem estar bem acima de certo limite mínimo, que é "suficiente" para satisfazer suas necessidades básicas e garantir seu bem-estar continuado”.

Guzman, Oviera e Rivera (2017) determinaram um índice de equidade, comparando o grau de acessibilidade entre as zonas em relação à acessibilidade total. Para o cálculo do indicador foi assumida uma premissa de que deve ter pelo menos uma oportunidade de trabalho ou estudo para cada zona. Todas as análises feitas neste trabalho consideraram os diferentes grupos de renda. Ricciard, Xia e Currie (2015) foram além da divisão da população em grupos de renda, pois buscaram encontrar as lacunas de acordo com a distribuição espacial, tendo como foco as populações vulneráveis.

Outros autores também trabalharam com a iniquidade entre grupos populacionais, comparando-os ou analisando a situação dos vulneráveis, buscando facilitar o processo de decisão de implementação de políticas públicas para essas populações em específico, por meio de estudos de planejamento urbano (DELBOSC E CURRIE, 2011; GRENGS, 2015; SHIRMOHAMMADHI, LOUEN E VALLÉE, 2016; FALAVIGNA E HERNANDEZ, 2016; ROCK, AHERN E CAULFIELD, 2016; GUZMAN, OVIEDO E RIVIERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018; CUI *et al.*, 2019).

Falavigna e Hernandez (2016) e Guzman e Oviedo (2018) trabalharam com o conceito da acessibilidade financeira (*affordability*), considerando o ônus financeiro como um obstáculo para a acessibilidade. Zhou, Zhang e Zhu (2019) não utilizaram este termo, mas verificaram o impacto da tarifa de transporte na equidade, levando em consideração as características socioeconômicas da população. Welch (2013) aplica este conceito em um estudo que verifica a acessibilidade e conectividade entre casas acessíveis financeiramente.

Carneiro (2019) estudou a relação entre o transporte público e a distribuição de emprego na cidade do Rio de Janeiro, trabalhando com o conceito de equidade e verificando como a acessibilidade está distribuída na população. Para isso, utilizou as curvas de concentração, considerando como fatores de impedância a distância percorrida e o tempo de viagem, e utilizando como variável de classificação a renda média domiciliar.

Falavigna (2015) desenvolveu uma metodologia para avaliar desigualdades no transporte urbano, capaz de identificar se a maneira como a mobilidade é atualmente distribuída contribui ou não para o aumento da desigualdade existente. O autor utiliza medidas de desigualdade tradicionais das ciências econômicas com aplicação nas variáveis de mobilidade. O autor utiliza várias medidas de equidade, abrangendo ambos os tipos, horizontal e vertical.

A Tabela 7 mostra métodos e ferramentas que medem a equidade, e sua frequência, em 15 publicações. A tabela 8 elenca a frequência das principais variáveis utilizadas na determinação do nível de equidade das localidades objeto de estudo. Essas publicações foram extraídas da pesquisa realizada para a revisão sistemática da literatura apresentada no capítulo 02. Os números que estão na primeira linha das tabelas 7 e 8 são referentes às publicações, que estão identificadas na legenda abaixo da tabela 8. A última coluna em ambas as tabelas trazem a frequência que apareceram nas referidas publicações.

Tabela 7 - Métodos/ferramentas que medem a equidade

MÉTODOS/FERRAMENTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Freq.
Curva de Lorenz	X	X	X	X							X	X	X					7
Índice de Gini	X	X	X								X	X	X				X	7
Métodos estatísticos		X				X								X	X			4
Outra ferramenta/índice			X	X				X									X	4
Criação de índice							X	X										2
Curvas de concentração																X	X	2

Fonte: Elaboração própria (2019).

A tabela 8 mostra a frequência das principais variáveis que foram utilizadas nas publicações apontadas na tabela 7:

Tabela 8 - Variáveis utilizadas para medir a equidade

VARIÁVEIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Freq.
Nível de escolaridade						X									X			2
Número de oportunidades			X	X	X		X	X			X					X	X	8
Tempo de viagem		X	X			X	X	X	X	X						X	X	9
Custo de viagem		X	X	X				X		X					X		X	7
Renda familiar	X			X	X		X	X		X				X	X	X	X	10
População por zona		X		X									X			X		4
Distância entre zonas		X	X			X					X				X	X	X	7
Modo de transporte	X					X	X					X		X		X	X	7
Origem-destino		X		X								X				X	X	5
Faixa etária	X														X			2
Distância/acesso às estações	X																	1
Demanda de viagem			X				X										X	3

Fonte: Elaboração própria (2019).

Notas (tabelas 07 e 08): (1) Delbosc e Currie (2011); (2) Guzman, Oviedo e Rivera (2017); (3) Lucas, Van Wee e Maat (2016); (4) Guzman e Oviedo (2018); (5) Grengs (2015); (6) Cui *et al.* (2019); (7) Deboosere El-Geneidy (2018); (8) Niehaus, Galilea e Hurtubia (2016); (9) Guzman, Oviedo e Cardona (2018); (10) Falavigna e Hernandez (2016); (11) Welch (2013); (12) Shirmohammadhi, Louen e Vallée (2016); (13) Ricciard, Xia e Currie (2015); (14) Rock, Ahern e Caulfiel (2016); (15) Zhou, Zhang e Zhu (2019); (16) Carneiro (2019); e (17) Falavigna (2015).

De acordo com a tabela 7, indicador de acessibilidade, curva de Lorenz e índice de Gini foram, respectivamente, os métodos/ferramentas mais utilizados para medir a equidade. A tabela 9 indica que as variáveis mais aplicadas, respectivamente, foram renda familiar, tempo de viagem, número de oportunidades, custo de viagem e modo de transporte.

A Curva de Lorenz e o Índice de Gini foram as mais utilizadas, sendo presente em seis publicações com aplicação em conjunto (DELBOSC E CURRIE, 2011; WELCH, 2013; RICCIARD, XIA E CURRIE, 2015; SHIRMOHAMMADHI, LOUEN E VALLÉE, 2016; LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017). Os autores Lucas, Van Wee e Maat (2016) usaram-nas associado com índice de Cluster e índice de Buffer, relacionados à porcentagem da população e à acessibilidade cumulativa. Guzman e Oviedo (2018) utilizaram a Curva de Lorenz e, alternativamente ao Índice de Gini, adotaram o indicador de proporção “Palma”, que é uma medida mais recente. De acordo com os autores, “originalmente, este indicador é a proporção das parcelas de rendimento nacional dos 10% das famílias (mais ricas) para os 40% (as mais pobres)”.

Métodos estatísticos também foram utilizados, a exemplo da regressão linear múltipla (ROCK, AHERN, CAULFIELD, 2016; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; CUI *et al.*, 2019) e t-test (ZHOU, ZHANG E ZHU, 2019; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018). Em duas publicações houve a criação de um índice de equidade, para isso Niehaus, Galilea e Hurtubia (2016) utilizaram a análise multicritério, e Deboosere e El-Geneidy (2018) desenvolveram uma equação com o coeficiente de correlação de Pearson aplicado ao posto de acessibilidade a empregos e a um índice de vulnerabilidade, e também considerando um coeficiente de correlação máximo para todas as cidades estudadas, uma matriz de covariância entre as variáveis ranqueadas e o desvio padrão da variável classificada.

Destaca-se entre os trabalhos, que em paralelo a metodologias/ferramentas, indicadores de acessibilidade a oportunidades foram utilizados, sendo assim uma medida que possibilita medir a equidade social de sistemas de transporte. Os trabalhos foram: Grengs (2015); Lucas, Van Wee e Maat (2016); Niehaus, Galilea e Hurtubia (2016); Rock, Ahern, Caulfield (2016); Guzman, Oviedo e Cardona (2017); Guzman, Oviedo e Rivera (2017); Guzman e Oviedo (2018); Cui *et al.* (2019); Deboosere e El-Geneidy (2018); e Carneiro (2019). O indicador de acessibilidade financeira (*affordability*) foi aplicado por Falavigna e Hernandez (2016) para calcular a equidade. As curvas de concentração foram utilizadas por Falavigna (2015) e Carneiro (2019).

Com base nestes estudos, decidiu-se por aprofundar-se um pouco sobre os métodos “Curva de Lorenz”, “Índice de Gini” e “Curvas de Concentração”, analisando os aspectos técnicos e situações aplicáveis. Sobre acessibilidade, o capítulo 04 versará sobre o tema e elencará vários tipos de indicadores, incluindo a acessibilidade a oportunidades, para assim selecionar os que se aplicam a esta pesquisa. Estes temas são aprofundados porque foram muito utilizados em grande maioria das publicações analisadas, inclusive aplicados em cidades da América Latina, sendo então selecionados para serem aplicados nesta tese. À medida que os temas são apresentados, será explanado o porquê eles são adequados para serem utilizados nesta pesquisa.

3.5 Curva de Lorenz, Índice de Gini e Curvas de Concentração

Conforme visto no tópico anterior, a Curva de Lorenz e o Índice de Gini são muito utilizados para medir a equidade em sistemas de transporte. Para Guzman, Oviedo e Rivera (2017), em muitas cidades do hemisfério Sul há casos de concentrações marcadas de oportunidades e segregação socioespacial da população, e assim o uso de curvas de Lorenz e coeficientes de Gini para a análise de disparidades na acessibilidade são indicados nestas análises. Ainda de acordo com os autores, “os coeficientes de Gini para a potencial acessibilidade são poderosos indicadores das disparidades entre os grupos sociodemográficos previamente definidos”.

A curva de Lorenz é uma representação visual da equidade, e o índice de Gini é uma simples métrica matemática, que representa o grau de desigualdade (DELBOSC E CURRIE, 2011).

O cálculo matemático do Índice de Gini (GINI, 1912) é aproximado usando a equação 1:

$$G_1 = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k - Y_{k-1}) \quad (1)$$

Em que X_k é a proporção acumulada da variável população, por $k = 0, \dots, n$, com $X_0 = 0$, $X_n = 1$ e Y_k é a proporção acumulada da variável do serviço de transporte público, para $k = 0, \dots, n$, com $Y_0 = 0$, $Y_n = 1$.

Assim, quando construído utilizando-se como base a acessibilidade, por exemplo, quanto mais próximo de zero é o Índice de Gini, mais equitativa é a distribuição da acessibilidade para toda a população. Uma curva côncava, ou seja, um alto Índice de Gini

implica uma distribuição desigual (Guzman, Oviedo e Rivera, 2017). No caso da Curva de Lorenz, um ponto mostra a porcentagem do total de acessibilidade sobre a população (LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016).

Na Curva de Lorenz, quando não há diferença entre a linha de equidade perfeita, o valor do índice é 0, o que representa uma equidade perfeita. Este índice varia de um valor de 0 a 1 (inequidade perfeita) (Welch, 2013). A figura 4 mostra a representação de um Índice de Gini representado com curvas de equidade perfeita de Lorenz.

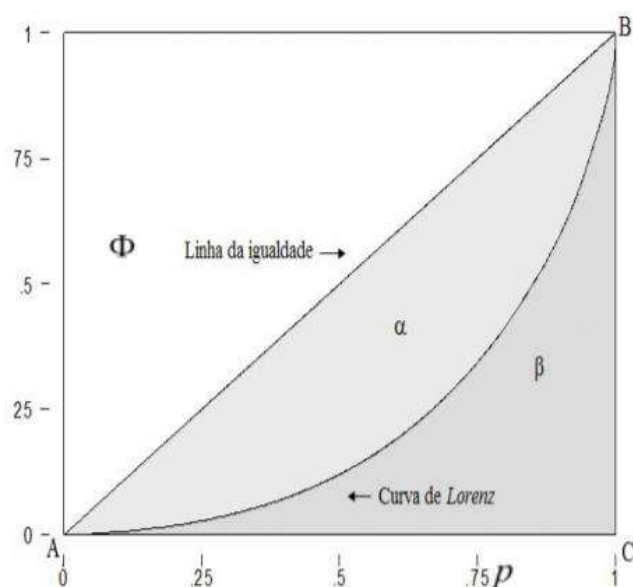


Figura 4 - Exemplo de um Índice Gini representado com curvas de equidade perfeita de Lorenz
Fonte: Hoffmann (2006)

Observando a imagem da figura 4, é mais fácil compreender o cálculo do Índice de Gini, que é a porcentagem da área entre a linha de igualdade perfeita e a curva de Lorenz, e a área entre a linha de igualdade perfeita e a linha de desigualdade perfeita (DELBOSC E CURRIE, 2011).

Ao mesmo tempo em que ele apresenta uma relativa simplicidade de mensuração, tem a capacidade de fornecer um único valor de equidade geral do sistema (DELBOSC E CURRIE, 2011). De acordo com Guzman, Oviedo e Rivera (2017), “tais indicadores são argumentados por serem fáceis de interpretar e para explicar aos decisores políticos e decisores”.

A principal vantagem do índice de Gini sobre outros índices de igualdade, segundo Lucas, Van Wee e Maat (2016), é que ele é independente de escala (insensível a mudanças na mensuração), ainda que esta escala dependa da escolha do indicador. Ele permite fazer uma comparação do nível de desigualdade antes e depois da implementação de alguma política de

transporte. Além disso, em lugares com concentrações marcadas de oportunidades e segregação socioespacial da população, como é o caso de várias cidades da América Latina, o índice de Gini e a curva de Lorenz têm valor agregado na análise de disparidades de acessibilidade (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017), e permite entender a variação dos níveis de acessibilidade entre os locais de uma cidade considerando também atributos socioeconômicos (GUZMAN E OVIEDO, 2018).

Porém, Guzman e Oviedo (2018) consideram que o índice de Gini apresenta relativa insensibilidade às mudanças no topo e na base da distribuição de acessibilidade. Esse índice não leva em consideração a distribuição espacial da oferta e da demanda de transporte, embora meça a desigualdade da oferta de transporte de forma desagregada (RICCIARD, XIA E CURRIE, 2015).

A curva de Lorenz foi usada primeiramente na área de economia, quando Lorenz (1905) fez uma representação gráfica da função de distribuição cumulativa da riqueza para toda a população. Porém, a sua aplicação não se limita apenas à renda, mas a outras áreas como biodiversidade e transportes, desde que determinada quantidade que está em estudo possa ser acumulada em toda a população (DELBOSC E CURRIE, 2011).

Diferente da Curva de Lorenz, que a variável de ordenação é a mesma da distribuição, as Curvas de Concentração permitem que a variável principal e a variável de classificação sejam diferentes. As Curvas de Lorenz se caracterizam como um caso particular das Curvas de Concentração (FALAVIGNA, 2015).

De acordo com Carneiro (2019), “as curvas de concentração representam como uma determinada variável é consumida pela população”. Através dessa medida, a autora foi capaz de entender, a partir de uma aplicação em um estudo de caso, a influência do transporte na redução de desigualdades espaciais (considerando a distribuição dos empregos e da população pela cidade) e comparar, por faixa de renda e localização dos bairros, a distribuição da acessibilidade pela população.

A equação 2 mostra como é calculado o índice de concentração (O'DONNELL *et al.*, 2007):

$$C = 1 - \frac{2}{n \cdot \mu} \sum_{i=1}^n y_i * (1 - R_i) \quad (2)$$

Onde, C é o índice de concentração, n é o número de famílias (ou indivíduos, se for o caso), Ri representa a ordem fracionária da família i, sendo in i=1 (a família de menor renda per capita)

e $i = n$ (a família de maior renda per capita). Finalmente, y_i representa o valor da variável principal (renda ou número diário de viagens da família) e μ representa a média.

A figura 5 ilustra um exemplo de curva de concentração, neste caso considerando o nível de agregação familiar e tendo como variável de classificação a renda per capita, ordenadas das mais pobres (esquerda) até a mais rica (direita).

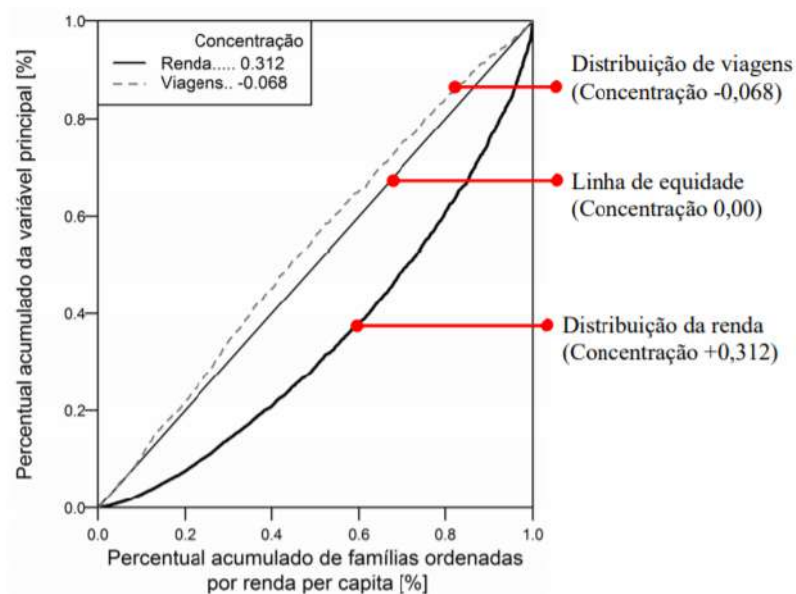


Figura 5 - Exemplo de curva de concentração
Fonte: Falavigna (2015)

O valor mais baixo que o índice de concentração assume é -1, significando que a acessibilidade a oportunidades está concentrada nas pessoas mais desfavorecidas; e o valor máximo é +1, ocorrendo a situação contrária, ou seja, a acessibilidade a oportunidades está concentrada nas pessoas menos desfavorecidas (WAGSTAFF *et al.*, 1991). A situação de equidade perfeita também é representada pela linha de 45 graus, sendo 0 o valor do coeficiente de concentração, ou seja, neste caso haveria a situação de distribuição proporcional entre todos (FALAVIGNA, 2015). Porém, é possível que a curva esteja total ou parcialmente acima dessa linha, sendo esse mais um aspecto que a difere da Curva de Lorenz.

3.6 Considerações finais do capítulo

Tendo como base as considerações finais da revisão sistemática da literatura, este capítulo buscou aprofundar-se na relação entre políticas de subsídios e a promoção de equidade, e nas formas de medi-la. O primeiro ponto abordado foi a conceituação do termo equidade (vertical e horizontal), e em seguida fazendo a sua relação com o transporte público. Isto

mostrou que famílias com menor poder aquisitivo tem a sua mobilidade prejudicada, pois os gastos com transporte comprometem o orçamento familiar.

Com base nisto, políticas atuais de subsídios estão considerando a distribuição diferenciada dos benefícios de transporte de acordo com a classe social do usuário, de modo a buscar equilibrar o acesso aos equipamentos coletivos das cidades entre os cidadãos. Os resultados de várias experiências foi o aumento na equidade das cidades, em especial no acesso ao emprego.

Em relação às políticas de subsídios que envolvem a redução da tarifa de transporte diretamente para o usuário, foram elencadas as principais delas que já foram implementadas no Brasil. Nos trabalhos selecionados e explanados na tabela 7 foram identificados vários tipos de políticas de subsídios estudadas, são elas: estruturas tarifárias baseadas na distância, passes semanal e mensal de tarifas, subsídios como incentivos, subsídios para população de baixa renda, subsídio geral da tarifa, integração tarifária, subsídio cruzado, tarifa zero e subsídios para o modo de transporte ônibus. Todas elas trouxeram resultados positivos nos aspectos social e financeiro dos usuários beneficiados.

Outro ponto importante foi a identificação de metodologias/ferramentas que são utilizadas para medir a equidade em estudos na área de transporte. Foram elencadas as seguintes: Curva de Lorenz e Índice de Gini, regressão linear múltipla, Curva de Lorenz e indicador de proporção “Palma”, indicador de equidade vertical, indicador de acessibilidade financeira e curvas de concentração. Destaca-se que muitos destes estudos fizeram uso de indicadores de acessibilidade a oportunidades, sendo essa uma importante variável para medir a equidade em sistemas de transportes.

Devido às possibilidades de aplicação da Curva de Lorenz, do Índice de Gini e das Curvas de Concentração identificadas a partir da leitura das publicações, fez-se uma breve explanação conceitual sobre o tema, que servirá de base para a realização da análise a que esta tese se propõe a fazer.

No próximo capítulo será estudado o tema “acessibilidade”, trazendo conceitos gerais e tratando o acesso ao emprego de maneira mais específica. Além disso, será feita uma revisão na literatura para identificar indicadores de acessibilidade que podem ser aplicados neste estudo, visto que esta é uma forma de medir os impactos dos serviços de sistemas de transportes e de assim determinar o quão equitativas podem ser ou não as políticas implementadas.

4 ACESSIBILIDADE: CONCEITOS E INDICADORES

4.1 Considerações iniciais

A acessibilidade é um aspecto que comumente está incluído no planejamento urbano e em políticas de transportes. Ela pode ser utilizada como um critério importante para avaliar um sistema de transporte público, pois deve ser um de seus objetivos (GUZMAN, OVIEDO E CARDONA, 2018). Um conceito sintetizado da acessibilidade é que ela é “a capacidade de obter atividades ou oportunidades, como trabalho, educação, prática de esportes, visitas a amigos, etc.” (STANLEY *et al.*, 2018).

O conceito de acessibilidade está relacionado a três aspectos: a) facilidade ou dificuldade de atingir algum lugar; b) potencial ou oportunidade para deslocamentos a lugares selecionados e c) conforto com o qual um local determinado pode ser alcançado. Quando relacionado ao modo de transporte, pode ser feita uma divisão em dois conceitos complementares: (i) acessibilidade ao sistema de transporte, medindo a facilidade do usuário em acessar o sistema de transporte coletivo em sua região de moradia, trabalho, etc.; e (ii) acessibilidade a destinos, que após o acesso ao sistema de transporte mede a facilidade de se chegar ao local desejado (CARDOSO, 2008).

A interação entre quatro tipos de componentes contribui na compreensão do conceito de acessibilidade, são eles: individuais, de uso do solo, temporários e de transporte (GEURS VAN WEE, 2004), assim como a relação com os componentes cognitivos, que apresentam influência direta na escolha modal (LUCAS, VAN WEE E MAAT, 2016). Hansen (1959) foi o primeiro autor a medir a acessibilidade através da compreensão da interação entre o transporte e o uso do solo. A abordagem de que um lugar é acessível quando ele pode ser alcançado, medindo a variedade e o número de oportunidades no destino, continua sendo utilizada nos estudos, fazendo-se alguma adaptação de acordo com a realidade da área objeto de estudo (GRENGS, 2015; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; LEMOS, 2011; MELLO, 2015).

A acessibilidade possibilita a oportunidade para um indivíduo participar de uma atividade em um dado local, que é impulsionada pelo sistema de transporte e pelo uso do solo, permitindo a participação de diferentes tipos de pessoas (JONES, 1981 *apud* CARDOSO, 2007). Porém, muitas vezes as desigualdades sociais e espaciais surgem como consequência de uma abordagem de planejamento descentralizada para o transporte e uso do solo em uma determinada área urbana (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).

Contraditoriamente, a exclusão muitas vezes é resultado de experiências de planejamento urbano. A justificativa é que algumas políticas estão voltadas para criar cidades à luz da ordem, da legalidade, da geometria, da higiene, enfim, da modernidade. No entanto, nem o poder público consegue atender a toda a população, dando condições de inserção neste ambiente; e nem todos os estratos sociais conseguem se adaptar a essas transformações, sejam por questões financeiras, seja por questões culturais, ou ambas (CARDOSO, 2007).

Alguns estudos vêm analisando o impacto de novas políticas de transporte (BOCAREJO *et al.*, 2014; AHERN, VEJA E CAULFIELD, 2016), a fim de que sirva de referência para os agentes políticos. Um exemplo de política adotada nas cidades brasileiras é o processo de urbanização que provoca o espraiamento, que muitas vezes é acompanhado de baixa densidade. Assim, a distância entre a moradia e as diversas atividades cotidianas das pessoas aumenta a dependência de modos de transporte motorizados, prejudicando a mobilidade das pessoas (MELLO, 2015).

Essa separação da população pode se dar tanto em relação à distância, quanto em relação ao tempo de viagem, sendo a base dos índices de acessibilidade utilizados em modelos de transporte. Embora a cidade disponha de muitas oportunidades, sejam elas de empregos, saúde, lazer, compras e estudos, caso a mobilidade seja limitada, esse número, na prática, será reduzido (CARDOSO, 2008). Além disso, outro aspecto é em relação ao custo da viagem (que envolve o poder aquisitivo da população), analisando o quanto é despendido do percentual de renda para gastos com transporte.

4.2 Acessibilidade: dimensões e necessidades

O conceito de acessibilidade vem sendo debatido há muitos anos, conforme foi demonstrado nas publicações citadas no tópico anterior, mas permanece atual para o processo de planejamento das cidades, pois é a sua efetivação que permite a participação das pessoas nas diversas atividades. Este termo é utilizado nas áreas de geografia urbana, arquitetura e urbanismo, de planejamento de transportes e de planejamento de uso do solo, dentre outras que podem ser desmembradas a partir dessas citadas.

Há uma maior associação do termo acessibilidade em relação à capacidade de atingir destinos desejados, indo além da relação com o movimento em si, que remete à tradicional definição deste termo, passando a ser retratado, por exemplo, pelo nível de serviço rodoviário (RAIA JR, 2000). Existem dois tipos de acessibilidade: (i) de lugar (facilidade de se alcançar determinado destino) e (ii) de pessoas (facilidade de uma pessoa ou grupo de pessoas de

alcançar determinado destino) (HANSON, 1995 *apud* RAIA JR, 2000). Para este trabalho, a acessibilidade está medida e analisada em relação ao tempo e custo da viagem.

A acessibilidade sofre ação conjunta dos sistemas de transportes e do uso do solo, incluindo a medida de atratividade de cada potencial destino e o custo da viagem, o que faz com que um índice de acessibilidade seja capaz de possibilitar a avaliação de um sistema de transporte. Alterações nestes dois aspectos influenciam diretamente a acessibilidade existente, aumentando ou diminuindo-a (RAIA JR, 2000; MELLO, 2015).

A articulação entre os transportes e o uso do solo influencia a acessibilidade, e para adotar medidas mitigadoras que promovam equidade, se faz necessário conhecer as condições de grupos sociais em desvantagem, com foco na acessibilidade de lugar, relacionando-a com a individual (MELLO, 2015). As dimensões da acessibilidade, em relação às modalidades de transporte e às atividades proporcionadas pelo uso do solo, estão mostradas na figura 6.

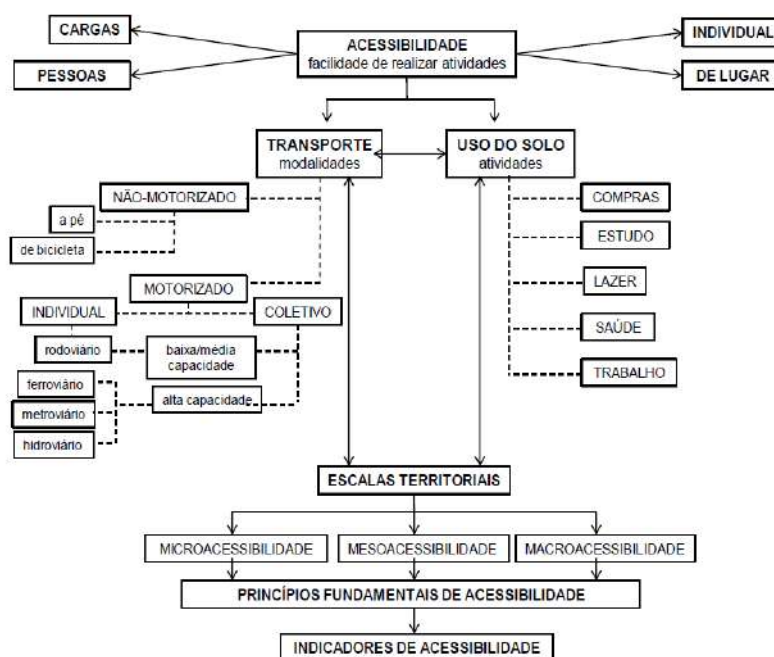


Figura 6 - Dimensões da acessibilidade
Fonte: Mello (2015)

Bocarejo e Oviedo (2012) consideraram três tipos de acessibilidade: (i) acessibilidade real – dado pelo número de empregos que os habitantes em diferentes zonas da cidade estão atualmente alcançando; (ii) acessibilidade dada por parâmetros padrões – verifica o número de habitantes que tem acesso ao emprego pelo tempo médio de viagem de determinado local; e (iii) acessibilidade disponível sob as preferências desejadas – procura estabelecer o nível de acesso sujeito aos orçamentos de tempo e dinheiro definidos pelos habitantes de cada zona. De

acordo com o estudo, em área de baixa renda é preferível viajar por mais tempo desde que isso signifique uma economia monetária.

O uso de uma combinação de indicadores de acessibilidade traz o tempo total de viagem para alcançar uma seleção de oportunidades. Os fatores a serem considerados para ponderar cada tipo de viagem são a frequência, as consequências, as preocupações declaradas e as questões de equidade. Dois exemplos são o acesso à saúde, que apresenta baixa frequência, mas a impossibilidade de realizar a viagem traz consequências sérias; e o acesso à educação, que não se caracteriza como preocupação para uma parcela da população economicamente inativa, mas que a inequidade pode construir uma vida de dependência (ABLEY E HADEN, 2013).

O nexos principal entre o direito à mobilidade e o direito à cidade é representado pela acessibilidade (BRACARENSE E FERREIRA, 2018). Este direito pode ser resumido no acesso a oportunidades definido por Hansen (1959). Dentre as várias oportunidades existentes, têm-se os empregos, que é o foco deste trabalho, e que fazem parte das dimensões de uso do solo determinadas por Mello (2015). Quando acessam empregos, os trabalhadores apresentam capacidade de penetrar as barreiras socioeconômicas e de uso da terra, bem como de aproveitar as oportunidades de emprego (LAU, 2010).

As barreiras à acessibilidade podem se dar em relação à infraestrutura física, à operação (falta ou falha no oferecimento do serviço), e está relacionada às variáveis individuais e coletivas (renda, segurança etc.). Para Mello (2015), 3 (três) variáveis funcionam como barreiras, são elas:

- Tempo: incompatibilidade de horário entre o oferecimento dos serviços e a necessidade das pessoas, e o tempo de deslocamento acima do considerado aceitável pelos usuários.
- Custo: custo elevado dos combustíveis, dos veículos e das tarifas dos transportes públicos, que dificultam o acesso aos meios motorizados de deslocamento.
- Confiabilidade, proteção e segurança: garantia de que o percurso será realizado em tempo hábil, com qualidade e com baixos riscos de incidentes e de acidentes.

Abley e Halden (2013) elencam vários fatores de detenção que devem ser evitados para que a acessibilidade não promova a exclusão social. Esses fatores são divididos em 7 (sete) grupos (elementos), a saber: fatores de tempo, fatores de custo, confiabilidade, proteção e segurança, características físicas, qualidade e ambiente e informações e reservas.

Os fatores de detenção dizem respeito aos aspectos técnicos e operacionais, como também às variáveis latentes, que podem variar muito para cada indivíduo. Assim, não há uma

única razão para a escolha modal, pois os interesses e as necessidades são diferentes. Os fatores de custo e de tempo serão o foco deste trabalho.

4.2.1 Acessibilidade ao emprego

O foco dos estudos na viagem ao trabalho decorre em grande parte do congestionamento do tráfego no período de pico, que é um problema amplamente entendido pelo público como uma das principais preocupações das políticas públicas (GRENGS, 2015). Há também relevância porque este tipo de viagem é essencial para a maioria das pessoas. Além disso, os dados são mais fáceis de coletar em comparação com uma viagem não útil, porque ela tem origem e destino consistentes, a rota é fixa e vários recursos da viagem são altamente previsíveis, incluindo a divisão modal, o período de tempo a cada dia, a sua duração no tempo e a distância.

Os trabalhos na área de transporte que medem a acessibilidade ao emprego, consideram a atratividade como o número total de empregos em uma zona de destino (FOTH, MANAUGH E EL-GENEIDY, 2013; LEGRAIN, BULIUNG E EL-GENEIDY, 2016; JOHNSON, ERCOLANI E MACKIE, 2017; LAU, 2010; LI E LIU, 2017; BOISJOLY, MORENO-MONROY E EL-GENEIDY, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018). Neste tipo de estudo, a acessibilidade é definida como a extensão em que o sistema de transporte e a distribuição espacial de oportunidades permitem que os indivíduos cheguem a alguma oportunidade (trabalho) usando um determinado modo de transporte em um nível zonal. Essa definição abrange dimensões de transporte (custo generalizado) e uso do solo (distribuição espacial de atividades) (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).

Definir a relevância das políticas de transporte e seus impactos na acessibilidade é um passo relevante em direção à pesquisa de transporte urbano. Indiscutivelmente, o próximo passo é identificar a distribuição da acessibilidade entre diferentes grupos sociais e áreas geográficas (LUCAS *et al.*, 2016). Isso é importante porque as políticas tradicionais de uso do solo e de transporte geralmente ignoram os efeitos distributivos e como afetam a capacidade de viajar de populações com diferentes identidades sociais, níveis de renda ou vários níveis de habilidades, que são distribuídos pelas áreas urbanas. No geral, essas políticas melhoram o nível de acessibilidade urbana, pois particularmente em grupos de baixa renda, no qual os níveis de educação e taxas de alfabetização são mais baixos, uma redução drástica desta acessibilidade é esperada na prática (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).

Johnson, Ercolani e Mackie (2017) trabalharam a relação do transporte público com os conceitos dos resultados individuais do mercado de trabalho e dos resultados de trabalho local, para em seguida analisar a acessibilidade dos transportes e oferta de mão-de-obra. O modelo desenvolvido teve uma abordagem transversal, permitindo a investigação da relação entre as diferenças espaciais na acessibilidade dos transportes públicos (e carros), como também as diferenças no emprego, controlando outros fatores localizados.

As medidas utilizadas foram os indicadores de acessibilidade derivados para tempos de viagem para áreas de trabalho, calculadas separadamente por transporte público e por carro. As variáveis dependentes foram baseadas no nível de emprego entre 16 e 64 anos disponibilizado no NOMIS para o Censo 2011 (fonte de dados da pesquisa). Os autores buscaram entender se o tipo de área influencia na sensibilidade do emprego ao tempo de viagem por ônibus. Por fim, fez-se o uso de uma variável *dummy* binária, representando o agrupamento industrial sob o aspecto da concentração relativa. Como resultado, observou-se que há consistência na elasticidade do emprego em relação aos tempos de viagem de ônibus, principalmente nas áreas em que eles têm o sinal negativo esperado; há uma indicação de que áreas de emprego estão associadas a viagens de carro mais longe; e há umnexo causal entre acessibilidade e emprego.

Lau (2010) estudou o processo de suburbanização de Hong Kong, impulsionado pelo próprio governo através de programas de moradia, que resultou em longas distâncias de deslocamento para o emprego. Para medir este impacto, utilizou variáveis de escolha de modo, tempo de viagem e acessibilidade; além disso, também foram realizados testes de rota, pesquisa e entrevistas. O estudo verificou que isto afetou também as relações sociais dos trabalhadores, com perdas de contato com parentes e amigos decorrente do tempo de viagem despendido para alcançar o emprego.

Li e Liu (2017) analisaram o conceito de acessibilidade empregado para entender a relação entre emprego e moradia nas cidades da China. Eles verificaram que as áreas suburbanas têm menor acessibilidade, e que mesmo quando há a suburbanização dos empregos, parece não ser tão eficaz quanto o investimento em transporte público. Os determinantes de acessibilidade ao emprego utilizados foram o uso do solo, mobilidade e estudos anteriores locais. A metodologia utilizada foi o conceito e equações de acessibilidade de lugar e pessoal, enfatizando o papel da localização e da proximidade de lugares a oportunidades ou atividades, além da competição entre trabalhadores com diferentes modos de deslocamento.

Por fim, é importante considerar que o emprego é indispensável na vida cotidiana, e a falta de acessibilidade para alcançar os locais de trabalho traz consequências na segurança

econômica e na qualidade de vida de um indivíduo, como também no nível geral de bem-estar da sociedade. Porém, nos estudos, deve-se ter cuidado na complexidade das medidas existentes (aspectos sociais econômicos, espaciais, temporais e comportamentais), de modo a não dificultar a interpretação dos resultados e a sua usabilidade para formuladores de políticas e planejadores (FRANSEN *et al.*, 2018). No próximo tópico são elencados e explicados indicadores de acessibilidade, englobando os de acesso ao emprego.

4.3 Indicadores de acessibilidade

A acessibilidade pode ser medida de diferentes maneiras, variando o grau de complexidade de acordo com seus elementos. O enfoque abordado no estudo irá nortear a forma de medição dessa variável, através da seleção das informações requeridas para o processo de tomada de decisão (MELLO, 2015). Os indicadores podem ser definidos em termos de metas, objetivos, alvos e limiares (LITMAN, 2003).

Em se tratando dos sistemas de transporte, a equidade das cidades pode ser medida em relação à acessibilidade. De maneira geral, consideram-se os aspectos de custo, distância e tempo; mas há diferentes indicadores para medir a acessibilidade na literatura, o que pode mudar o seu grau de complexidade. A escolha dos mesmos deve se basear na perspectiva que o estudo procura abordar.

Há diferentes maneiras de definir e calcular a acessibilidade, que ocasionará várias implicações dependendo da abordagem trabalhada. Por exemplo, pode-se determinar a acessibilidade global da rede, calculando a somatória de todos os nós da rede e considerando o custo da viagem (SHIMBEL, 1953), ou o conceito de acessibilidade pode ser aplicado à quantidade de oportunidades disponíveis (HANSEN, 1959). Existem também outras formas de interpretar a acessibilidade, como a probabilidade de ocorrer viagens a partir do número de empregos na zona de destino (LINNEKER; SPENECE, 1992) ou mesmo em relação a distância, com base na população da zona de destino (ABANO; ORTIZ, 1996) e ainda pode-se considerar esse aspecto, porém adotando um tempo máximo de deslocamento e com parâmetro em função da distância (VAN WEE *et al.*, 2001).

Litman (2018) elaborou uma lista de possíveis indicadores que podem ser trabalhados sob diferentes aspectos. Dentre os indicadores econômicos citados, as abordagens que apresentaram alguma relação com o estudo desta tese foram: acessibilidade a emprego (número de oportunidades de emprego e serviços comerciais a 30 minutos de distância dos residentes) – disponibilidade dos dados: limitado, pode exigir coleta especial de dados; acessibilidade a

preços (parte das despesas domésticas dedicadas ao transporte, particularmente por famílias de baixa renda) – disponibilidade dos dados: muitas vezes difícil, e não padronizado.

Sobre os indicadores sociais, os que apresentaram relação foram: acessibilidade a preços (parcela de orçamentos gastos em transporte por famílias de baixa renda) - disponibilidade dos dados: muitas vezes difícil, e não padronizado; planejamento inclusivo (envolvimento substancial de pessoas afetadas, com suporte especial para garantir que grupos vulneráveis e com desvantagem estejam envolvidos) - disponibilidade dos dados: muitas vezes difícil, e não padronizado.

A escolha dos indivíduos pelo modo não motorizado ou motorizado para a realização de seus deslocamentos vai depender de diferentes fatores, tais como suas características físicas, condições financeiras, temporais (rapidez) e da distribuição espacial das atividades, esta que influencia na distância, tempo e/ou custo monetário dispendido no deslocamento (BRACARENSE E FERREIRA, 2018).

Abley e Haden (2013) abordam a perspectiva das necessidades locais, em que os indicadores incluem: necessidade expressa - frequência com que cada serviço é acessado; necessidade social – consequências de a pessoa não conseguir acessar os serviços; necessidade declarada – preocupações dos grupos afetados sobre a impossibilidade de acessar os serviços; e necessidade comparativa – importância para a equidade de algumas pessoas que não têm acesso.

Os indicadores de acessibilidade podem ser organizados da seguinte maneira: tipo atributos de rede, tipo quantidade de viagens, tipo oferta do sistema de transporte, que usam dados agregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo, e que usam dados desagregados que combinam estes aspectos (RAIA JR, 2000; CARDOSO, 2008).

Uma classificação similar pode ter o seguinte agrupamento, aplicado quando trabalha com acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: do tipo atributos de rede (topológicos e de separação espacial), do tipo quantidade de viagens, oferta de infraestruturas viárias e de transporte, que combinam atratividade e impedância, e do tipo oportunidades cumulativas (MELLO, 2015).

Bracarense e Ferreira (2018) determinaram um índice para comparação dos modos de transporte privado e coletivo, e o estudo se deu em duas etapas: proposição do índice e estudo de caso. Na 1ª etapa, para o transporte individual, a abordagem foi voltada para a acessibilidade aos destinos, e os indicadores foram os do tipo atributos de rede. Para o transporte coletivo, a abordagem foi na acessibilidade aos destinos e a acessibilidade ao sistema de transporte, e os

indicadores foram do tipo atributos de rede e de oferta do sistema de transportes. As autoras consideraram indicadores que caracterizam a acessibilidade locacional – medida pela distância ou tempo despendido pelo usuário até o ponto de embarque e/ou do ponto de desembarque até o destino pretendido; e a acessibilidade temporal – indicada pela frequência das linhas de ônibus que atendem os pontos de embarque/desembarque.

Guzman e Oviedo (2018) estudaram um esquema de subsídios ao transporte público na cidade de Bogotá voltado para grupos sociais específicos (pobres). Para isso, eles usaram métricas potenciais de acessibilidade a oportunidades de emprego, incluindo especificamente um modelo gravitacional de interação entre locais de trabalho e zonas de origem das viagens de deslocamento, e o seu impacto na equidade. Para a análise da acessibilidade, consideraram que a zona de empregos é uma força de atração e o custo de deslocamento generalizado é o atrito do espaço intermediário (indicador de impedância), fazendo a combinação de elementos de transporte e uso da terra. As oportunidades de trabalhos são descontadas à medida que aumenta o tempo ou a distância da zona de origem. O custo é associado aos orçamentos de viagem (percentagem da renda familiar).

Para a análise do impacto do esquema de subsídios na equidade, considerou-se a equidade vertical, para saber se a acessibilidade de trabalho é distribuída uniformemente entre os grupos e renda. A curva de Lorenz foi utilizada para comparar a distribuição dos níveis de acessibilidade por transporte público em toda a população. Para isso, utilizaram um índice para analisar a distribuição de renda chamado “proporção de Palma”, que é uma medida alternativa ao índice de Gini.

El-Geneidy *et al.* (2016) também trabalharam com os conceitos de acessibilidade e equidade, em que verificaram como se dá a acessibilidade equitativa ao emprego entre os grupos socialmente desfavorecidos em relação ao restante da população. Foram consideradas as acessibilidades baseadas no tempo de viagem, na tarifa de viagem ou em uma combinação das duas variáveis (medidas em valor monetário ou em tempo). Foram determinados o número de trabalhos acessíveis dentro de um tempo de viagem definido e/ou limite de custo.

Na acessibilidade baseada no tempo, o custo da viagem foi expresso em minutos; na acessibilidade baseada no custo, os limiares são expressos em termos de salário mínimo por hora; e na combinação das duas variáveis, expressa em termos monetários, o custo da viagem foi determinado pela multiplicação do salário mínimo por hora pelo tempo de viagem; e, por fim, na combinação entre as duas variáveis, em que a acessibilidade foi expressa no tempo, o custo do tempo de viagem foi representado pelo preço do salário mínimo por hora.

Lemos (2011) analisou as relações existentes entre a acessibilidade e o desenvolvimento, verificando como se dá a dependência espacial entre estes dois elementos, realizando um estudo de caso no município de Petrópolis-RJ. Para isso, desenvolveu um método composto de um conjunto de indicadores, todos de caráter original, “tanto em função da análise integrada do sistema viário, do transporte público, do transporte motorizado e do uso e ocupação do solo, quanto em função da abordagem, simultânea, de três escalas de análise espacial”.

Guzman, Oviedo e Rivera (2017) compararam os níveis de acessibilidade potenciais entre diferentes grupos de renda para viagens mandatórias (trabalho e estudo), trabalhando os dados de forma agregada. Foram considerados os modos de transporte carro, ônibus e BRT (TransMilenio), e esta acessibilidade foi calculada para todos eles e então comparadas. Assim, os autores verificaram se há dependência desproporcional do transporte público entre os grupos sociais. Os valores foram normalizados usando a população de cada zona i. Em seguida, a equidade horizontal foi determinada a partir da estimativa dos coeficientes de Gini, ajustando com o conceito de acessibilidade potencial.

Cui *et al.* (2019) utilizaram uma base de indicadores considerando os de topologia de rede (relacionados à teoria dos grafos), acessibilidade global (avaliam o atributo locacional da rede), indicadores de oferta e nível de serviço do sistema de transporte (são relacionados ao transporte público, ao sistema viário e ao transporte motorizado), medida de contorno (delimitam o número de oportunidades acumuladas em uma outra área a partir da zona de origem), acessibilidade gravitacional (indicadores do tipo Hansen [1959], que são derivados do modelo gravitacional de Newton) e medidas de organização das atividades do uso do solo (distribuição das atividades e a configuração do sistema de transporte).

Com base nestes trabalhos citados anteriormente, foi elaborada a tabela 9, que traz indicadores de acessibilidade que apresentam variáveis relacionadas a fatores capazes de embasar (ser uma variável) uma análise do nível de equidade da população. As quatro colunas são: tipos de indicador, equação do indicador (indicando o nome), variáveis e autor(es) do trabalho (publicação do qual foi extraída a equação).

Os indicadores descritos na tabela 9 são do tipo:

- a) **Atributos de rede:** “está relacionada com a separação espacial de pontos ou com a ligação entre pontos como resultado de suas localizações relativas na rede” (Raia Jr, 2000);
- b) **Quantidade de viagens:** “levam em conta a medição de viagens, isto é, estão associados com aspectos de comportamento de viagem” (RAIA JR, 2000);

- c) **Dados agregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo:** composto por indicadores derivados do tradicional modelo de Hansen (1959);
- d) **Dados desagregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo:** os indicadores que fazem parte deste grupo usam medidas de contorno, seus indicadores estão relacionados à engenharia de tráfego, são do tipo geografia espaço-tempo, além de envolver conceitos de mobilidade (RAIA JR, 2000);
- e) **Acessibilidade ao emprego:** corresponde ao grupo de indicadores que evidencia a disponibilidade das oportunidades econômicas e sociais para os indivíduos, e o emprego é um serviço essencial para a existência humana (GEURS E WEE, 2004);
- f) **Separação espacial:** “refletem características de separação espacial de uma rede de transportes, tais como: distância, custo, custo generalizado etc.” (GIANNOPOULOS E BOULOUGARIS, 1989 *apud* RAIA JR, 2000).
- g) **Medida de contorno:** “é graficamente representada por meio de isócronas, que consistem em contornos semelhantes às curvas de nível, delimitando o número de oportunidades acumuladas em área afastada a partir de uma zona de origem” (SALES FILHO, 1996 *apud* LEMOS, 2011).
- h) **Acessibilidade gravitacional:** trabalha com os indicadores do tipo Hansen (1959), que são derivados do modelo gravitacional de Newton. “Associam o efeito combinado das oportunidades com as dificuldades impostas pelo sistema de transporte para atingi-las” (SALES FILHO, 1996 *apud* LEMOS, 2011).
- i) **Acessibilidade a oportunidades:** extensão em que o sistema de transporte e a distribuição espacial de oportunidades permitem que os indivíduos alcancem oportunidades usando um determinado modo de transporte em um nível zonal (GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).
- j) **Acessibilidade proporcional:** análise de vários tipos de acessibilidade e sua comparação com a acessibilidade total (CUI *et al.*, 2019).

Ressalva-se que esta classificação diz respeito à considerada pelos autores dos trabalhos em que as equações dos indicadores foram extraídas. Algumas delas apresentam conceitos similares ou relacionados, mas que foram abordados de maneira distinta pelos referidos autores, ou simplesmente adotaram nomenclaturas diferentes. O objetivo da elaboração da tabela 11 é elencar indicadores de acessibilidade para posterior seleção e aplicação nesta tese.

Tabela 9 - Indicadores de acessibilidade

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALHO
Atributos de rede	$A_i = \sum_{j \neq i}^n d_{ij} \quad (3)$ <p>Indicador de Shimbel</p>	TA_i – Acessibilidade do nó i é a somatória de todos os nós da rede d_{ij} é o custo da viagem do nó i ao nó j	Shimbel (1953); Raia Jr (2000); Mello (2015)
Atributos de rede	$A_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (4)$ <p>Acessibilidade Global da Rede</p>	A_i - Acessibilidade Global da Rede (Somatória dos Índices de Shimbel)	Shimbel (1953); Raia Jr (2000); Mello (2015)
Atributos de rede	$A_i^d = \frac{\sum_j P_j d_{ij}^r}{\sum_j P_j d_{ij}^f} \quad (5)$	A_i^d – Acessibilidade em distância P_j – População da zona j d_{ij}^r – Distância entre i e j pelo caminho de menor tempo d_{ij}^f – Distância em linha reta entre i e j	Abando & Ortiz, (1996); Raia Jr (2000);
Atributos de rede	$AI(T)_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{ijk} E(T)_{ijk} \quad (6)$	$AI(T)_i$ – índice de acessibilidade para a zona i usando o tempo de viagem T em minutos j – categoria de renda k – categoria de ocupação ou classe de trabalho P_{ijk} – Proporção da força de trabalho da zona i e a categoria de ocupação k $E(T)_{ijk}$ – Representa as oportunidades de emprego (em centenas) na categoria de renda j e categoria de ocupação k dentro da faixa T em minutos de viagem da zona i	Wachs & Kumagai (1973); Raia Jr (2000);
Atributos de rede	$A_{ij} = \sum_j^n 1 - \frac{T_{ij} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (7)$ $T_{ij} = t_{ij}^M + t_{ij}^{NM} + \frac{60}{f_{ij}} \quad (8)$	A_{ij} : é o índice de acessibilidade do nó i para os destinos j; T_{ij} : é o tempo de viagem do nó i para o destino j em minutos; T_{max} : é o máximo tempo de viagem de i até j para o qual a viagem pode ser considerada viável para o usuário, em minutos; T_{min} : é o menor tempo de viagem de i até j encontrado para a rede de transportes analisada, em minutos; f_{ij} : é a frequência de viagem do veículo que atende a rota do nó i para o destino j em veículos/hora; t_{mij} : é o tempo de percurso entre o nó i e o destino j pelo modo motorizado, em minutos; t_{mni} : é o tempo de percurso a pé, anterior ao embarque ou após o desembarque, entre o nó i e o destino j, em minutos;	Bracarense e Ferreira (2018)

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALHO
		n: é o número de destinos-chave do tipo j para o qual se analisa a acessibilidade do nó i	
Quantidade de viagens	$I_i = \sum_j P_{ij} C_{ij}$ (9) Medida de inacessibilidade	P_{ij} – Probabilidade de uma viagem ser feita da zona i para a zona j C_{ij} – Custo de viagem da zona i para a j (para o cálculo da probabilidade, usar modelo gravitacional ou modelo de oportunidades intervenientes)	Zakaria (1974); Raia Jr (2000); Mello (2015)
Quantidade de viagens	$A_i = \sum_j P_{ij} C_{ij}^\alpha$ (10) $P_{ij} = \frac{\frac{w_j}{c_{ij}}}{\sum_j \frac{w_j}{c_{ij}}} (11)$	P_{ij} – Probabilidade de ocorrer a viagem entre as zonas i e j C_{ij} – Representa o custo de viagem entre as áreas i e j W_j – número de empregos na zona j O coeficiente α geralmente recebe valor 1 (um)	Linneker e Spence (1992); Raia Jr (2000); Mello (2015); Cardoso (2008); Bracarense e Ferreira (2018)
Dados agregados que combinam aspectos de transportes e uso do solo	$A_i^S = \sum_j Nmat_j^S (C_{ij})^{-\beta}$ (12) Acessibilidade às escolas públicas	A_i^S – acessibilidade de i em relação às escolas que dispõem do serviço S $Nmat_j^S$ – número de matrículas do tipo s em j C_{ij} – distância em metros entre i e j β – parâmetro de impedância ($\beta=1,0$)	Rosado e Ulysséa Neto (1999); Raia Jr (2000)
Dados desagregados que combinam aspectos de transportes e uso do solo	$A_i^G = \sum_{j=1}^j \left(\frac{o_j^g x f(t_{ij})}{\sum_{k=1}^K w_k^g x f(t_{ki})} \right)$ (13)	A_i^G - Acessibilidade ao trabalho no segmento g para residentes da zona i O_j^g - Número de empregos no segmento g para residentes de j f – Função de impedância t_{ij} – Tempo de viagem entre as zonas i e j W_k^g - Número de trabalhadores no segmento g e residentes de k t_{ki} – Tempo de viagem entre as zonas i e k	Wang (2003); Bracarense e Ferreira (2018)
Acessibilidade ao emprego	$A_i^{trans} = \sum_j \frac{o_j f(C_{ij}^{trans})}{\sum_k [\alpha_k P_k f(C_{kj}^{auto}) + (1-\alpha_k) P_k f(C_{kj}^{trans})]}$ (14)	A_i^{trans} – Acessibilidade ao emprego por transporte público O_j – Número de vagas de emprego no local j no momento t $F(C_{ij})$ – Função de impedância para os usuários de transporte público, viajando entre i e j P_i – Número de desempregados a procura de emprego que vivem na localização k	Shen (1999); Mello (2015)

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALHO
		α_k – Percentagem de posse de automóveis pelas famílias residentes na localização k	
Acessibilidade ao emprego	$A_{jobsi(T \leq T_{max})} = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{Jobs_j}{T_{ij}^\alpha} \quad (15)$	$A_{jobsi(T \leq T_{max})}$ – Acessibilidade de empregos ou a acessibilidade potencial dentro de um certo tempo Tmax da zona i n – zonas j dentro do Tmax a partir da zona i $Jobs_j$ – Número de empregos na zona j T_{ij} – Tempo de viagem entre as zonas i e j α – parâmetro da função distância	Van Wee, Hagoort, Annema (2001); Mello (2015)
Acessibilidade ao emprego	$ACCEMP_{ik} = \sum_j \frac{EMP_{jk}}{t_{ij}} \quad (16)$	$ACCEMP_{ik}$ – Acessibilidade a empregos do tipo k na zona i EMP_{jk} – Número de empregos que exigem o grau de instrução k na municipalidade/distrito j t_{ij} – Tempo de viagem por transp. público entre as zonas i e j	Matas <i>et al.</i> (2010); Mello (2015)
Acessibilidade ao emprego	$O_{ik} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^S E_{jk}(i) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^S E_{jk} x P_{jk}(i) \quad (17)$ $P_{jk}(i) = \frac{W_{ik} x f(t_{ij})}{\sum_{l=1}^m W_{lk} x f(t_{ij})} \quad (18)$ $f(t_{ij}) = e^{-\beta(k) x t_{ij}} \quad (19)$ $f(t_{ij}) = e^{-\beta(k) x t_{ij}} \quad (20)$	O_{ik} – Número de empregos do tipo k acessíveis a partir da localização residencial do tipo i E_{jk} – Número total de empregos do tipo k na localização j P_{jk} – Probabilidade de se obter um emprego do tipo k, do empregador da localização j para o trabalhador residente na localização i W_{ik} – Número de trabalhadores do tipo k na localização i que vão competir por empregos do tipo k com outros trabalhadores do tipo k residentes na localização i $f(t_{ij})$ e $f(t_{ij})$ – funções exponenciais relativas à barreira espacial enfrentada pelos trabalhadores residentes nas localidades l e i para alcançarem os locais de emprego do tipo j β_k – Coeficiente de fricção dos deslocamentos t_{ij} e t_{ij} – custos de deslocamentos relativos ao tempo, ao valor monetário ou à distância que são enfrentados pelos trabalhadores	Cheng e Bertolini (2013); Mello (2015)
Acessibilidade ao emprego	$A_i = \sum_j a_j f(d_{ij}) \quad (21)$ Equação de Hansen $f(d_{ij}) = e^{-\beta C_{ij}} = e^{-\beta_1 C_t + \beta_2 C_c} \quad (22)$	A_i – Acessibilidade da zona i a_j – Atratividade da zona j $f(d_{ij})$ – função da distância (custo) entre as zonas i e j C_{ij} – Custo generalizado de viagem (impedância) entre as zonas i e j C_t – Custo do tempo de viagem entre as zonas i e j C_c – Porcentagem de gasto de renda individual na viagem	Bocarejo e Oviedo (2012)

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALH O
Acessibilidade ao emprego	$Aff_i = \frac{K.T_i.Ex_i}{Y_i} \quad (23)$	$Affi$ – Acessibilidade de preços ao transporte público k – dias úteis do mês E_{xi} – Despesa familiar por viagem e por zona no transporte público T_i – Viagens feitas por transporte público por zona em um dia típico Y_i – Renda média mensal familiar por zona	Armstrong-Wright e Thiriez (1987); Guzman e Oviedo (2018)
Acessibilidade ao emprego	$A_i = \sum_{j=1}^n O_j f(C_{ij}) \quad (24)$ $f(C_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{if } C_{ij} \leq t_{ij} \\ 0 & \text{if } C_{ij} > t_{ij} \end{cases} \quad (25)$ <p>Baseada no tempo: $C_{ij} = t_{ij} \quad (26)$</p> <p>Baseada no custo da tarifa: $C_{ij} = F_{ij} \quad (27)$</p> <p>Baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em termos monetários) $C_{ij} = t_{ij}w + F_{ij} \quad (28)$</p> <p>Baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em tempo) $C_{ij} = t_{ij} + \frac{F_{ij}}{w} \quad (29)$</p>	A_i – Acessibilidade da zona i a todos os empregos da zona j O_j – número de empregos na zona j $f(C_{ij})$ – Função de ponderação com C_{ij} sendo o tempo ou custo da viagem de i para j t_{ij} – Tempo de viagem da zona i para a zona j ou limite de custo F_{ij} – Custo da tarifa de transporte para viajar da zona i para a zona j W – salário mínimo por hora	Geurs e Van Wee (2004); El-Geneidy <i>et al.</i> (2016)
Acessibilidade ao emprego	$A_i = \sum_{j=1}^n O_j * \exp(-\beta * C_{ij}) \quad (30)$ $C_{ij} = t_{ij} + C_{ij}/VOT \quad (31)$	A_i – Acessibilidade na zona i para todas as oportunidades de emprego O na zona j C_{ij} – Custo generalizado de viagem da função de viagem entre as zonas i e j β_i – Parâmetro de calibração do modelo gravitacional (parâmetro de sensibilidade do custo) t_{ij} – tempo de viagem no transporte público entre i e j c_{ij} – despesas monetárias de viagem VOT – valor do tempo para viagens de ida e volta	Guzman e Oviedo (2018)

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALHO
Acessibilidade ao emprego	$ALI_j = \sum_i O_i f(t_{ij}) \text{ and } f(t_{ij}) = \begin{cases} 1 \text{ if } t_{ij} \leq t_{threshold} \\ 0 \text{ if } t_{ij} > t_{threshold} \end{cases} \quad (32)$ $ALI_j = \frac{\sum_k O_k}{LI_k} \sum_i LI_i f(t_{ij}) \text{ and } f(t_{ij}) = \begin{cases} 1 \text{ if } t_{ij} \leq t_{threshold, low-income} \\ 0 \text{ if } t_{ij} > t_{threshold, low-income} \end{cases} \quad (33)$	A_{ij} - Acessibilidade no setor censitário j O_i - Número de empregos no setor censitário i T_{ij} - Tempo de viagem entre os setores censitários i e j $t_{threshold}$ - Duração média de um trajeto de transporte público na região ALI_j - Acessibilidade a empregos de baixa renda no setor censitário j LI_i - Número de empregos de baixa renda no setor censitário i $T_{threshold, low-income}$ - duração média de um trajeto de transporte público na região para aqueles que viajam para empregos de baixa renda $\frac{\sum_k O_k}{\sum_k LI_k}$ - Representa a proporção de todos os empregos para empregos de baixa renda na área metropolitana	Deboosere e El-Geneidy (2018)
Separação espacial	$A_i = \frac{1}{N-1} \sum_j^n C_{ij} \quad (34)$	A_i - Acessibilidade da zona i N - Número de pontos utilizados no cálculo C_{ij} - Custo despendido para se deslocar entre as zonas i e j	Allen <i>et al.</i> (1993); Bracarense e Ferreira (2018)
Medida de contorno	$AI_i = \sum_j [Empregos_j * (Tempo_{ij} \leq m)] \quad (35)$	AI_i - medida isocrônica m - tempo limiar < 30 minutos	Cervero (2005); Lemos (2011)
Acessibilidade gravitacional	$A_i = \frac{\sum_j W_j f(C_{ij})}{\sum_j W_j} \quad (36)$ <p>Medida normalizada (Indicador de Hansen)</p>	A_i - Acessibilidade normalizada de uma zona C_{ij} - Custo de viagem de i para j C_j - Número de oportunidades da zona j para um determinado motivo $\sum_j W_j f(C_{ij})$ - Somatório das funções que refletem o efeito de impedância	Lemos (2011)
Acessibilidade gravitacional	$A_i = \sum_j \frac{W_j}{d_{ij}^\alpha} \quad (37)$ <p>Formulação inicial de Hansen</p>	A_i - Acessibilidade de uma zona W_i - Número de oportunidades da zona j para um determinado motivo d_{ij}^α - Distância entre as zonas i e j	Lemos (2011)
Acessibilidade gravitacional	$A_i = P_i \sum_j W_j f(C_{ij}) \quad (38)$ <p>Ponderada pela população (Indicador de Hansen)</p>	A_i - Acessibilidade ponderada de uma zona pela população P_i - População da zona C_{ij} - Custo de viagem de i para j	Lemos (2011);

TIPO DE INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	TRABALHO
		W_i – Número de oportunidades da zona j para um determinado motivo $\sum_j W_j f(C_{ij})$ – Somatório das funções que refletem o efeito de impedância	Grengs (2015)
Acessibilidade gravitacional	$T_i = \sum_{j=1}^N T_{ij} E_j \sum_{j=1}^N E_j \quad (39)$ $j \neq i \quad j \neq i$ Indicador do tipo Hansen (Henrique e Loureiro, 2005)	T_i – Tempo médio de viagem da zona i T_{ij} – Tempo de viagem entre as zonas i e j E_i – Número de empregos ofertados na zona j	Lemos (2011)
Acessibilidade gravitacional	$A_i = \sum_j [Empregos_j * F_{ij}] \quad (40)$ $F_{ij} = \exp(-vTempo_{ij}) \text{ or } F_{ij} = Tempo_{ij}^{-v} \quad (41)$ Baseado no Indicador de Hansen	Tempo – tempo de viagem pela rede de transporte i – zona residencial j – zona de emprego	Cervero (2005); Lemos (2011)
Acessibilidade proporcional	$A_{iEHm} = \frac{1}{\sum_{j=1}^J E_{Lij}} * \sum_{j=1}^J E_{Lij} f(t_{ijm}) \text{ and } f(t_{ijm}) = \begin{cases} 1 & \text{if } t_{ijm} \leq t_{threshold,m} \\ 0 & \text{if } t_{ijm} > t_{threshold,m} \end{cases} \quad (42)$	A_{iEHm} – Acessibilidade a empregos de renda mais alta do setor censitário i por modo m E_j = número de empregos no setor censitário j R_j = número de trabalhadores no setor censitário j. t_{ijm} = tempo de deslocamento entre os setores censitários i e j por modo m t threshold,m = tempo médio de viagem por modo m $\sum_{j=1}^J E_H$ - Número total de empregos de renda mais alta na região Obs: há outras 3 variações de equações, são elas: $\sum_{j=1}^J E_{Lij}$ - Número total de empregos de baixa renda na região $\sum_{j=1}^J R_{Hj}$ - Número total de trabalhadores de renda mais alta na região $\sum_{j=1}^J R_{Lij}$ - Número total de trabalhadores de baixa renda na região	Cui <i>et al.</i> (2019)
Acessibilidade a oportunidades	$A_i^m = \sum_j O_j \exp(-\beta_i^m * C_{ij}^m) \quad (43)$ $C_{ij}^m = t_{ij}^m + C_{ij}^m / VOT \quad (44)$	A_i^m – Acessibilidade potencial da zona i pelo modo de transporte m O_j – Oportunidades disponíveis no destino (loais de trabalho e estudo) C_{ij}^m – Custo do transporte generalizado pelo modo de transporte m entre as zonas i e j β_i^m – Parâmetro obtido empiricamente usando o MMQ VOT = valor médio de tempo na área de estudo para viagens de ida e volta	Guzman, Oviedo e Rivera (2017)

Fonte: Elaboração própria (2019).

Apresenta-se a seguir uma análise mais detalhada dos indicadores apresentados, explanando as principais características identificadas e/ou relacionando-a com esta pesquisa.

4.3.1 Breve análise dos indicadores apresentados

O primeiro tipo de indicador trabalhado foi o de “atributos de rede”. A primeira equação da tabela 9 traz o indicador de Shimbel (1953), que é o somatório de todos os nós da rede e o custo das viagens entre os nós existentes. Quando este autor mede a acessibilidade global da rede, é calculado o somatório dos índices de Shimbel. O fator de impedância é o custo da viagem entre dois nós. Outra possibilidade para este tipo de indicador é calcular a acessibilidade em relação à distância (ABANDO E ORTIZ, 1996), no qual é feita a razão dos somatórios da população da zona vezes a distância pelo caminho de menor tempo pela população da zona vezes a distância em linha reta. O fator de impedância é a distância.

Wachs e Kumagai (1973) propõem um conjunto maior de variáveis, englobando categoria de ocupação ou classe de trabalho, proporção da força de trabalho, as oportunidades de emprego na categoria escolhida, categoria de renda e tempo de viagem. Esta última equação permite uma análise mais detalhada da distribuição dos empregos e do possível número de candidatos por zona, pois o tratamento dos dados é feito de forma desagregada. Por fim, tem-se a equação proposta por Bracarense e Ferreira (2018), que comparara os modos privado e coletivo, tendo o tempo de viagem como fator de impedância, inclusive o custo é dado por essa variável.

No tipo de indicador “quantidade de viagens” considera-se uma negativa, em que é determinada a medida de inacessibilidade, que quanto maior o custo de viagem entre zonas, maior é o valor. O custo de viagem é o fator de impedância, ou seja, quanto maior o custo de deslocamento, mais inacessível é a região. A probabilidade de ocorrer uma viagem aumenta de acordo com o número de empregos ofertados por determinada zona. Para medir a acessibilidade, Linneker e Spence (1992) acrescentaram o coeficiente α , que geralmente recebe o valor de 1 (um).

Quando há a combinação dos aspectos de transportes e uso do solo, os dados agregados e os desagregados podem ser considerados. No primeiro caso, o indicador que consta na tabela 9 considerou a acessibilidade de determinada zona em relação às escolas, em que é utilizado o número de matrículas ofertadas. Este tipo de relação também pode ser feito para calcular a acessibilidade à saúde, levando em conta o número de leitos disponíveis por zona. O fator de impedância é a distância.

Sobre os dados desagregados, a variável em questão é o número de empregos de determinado segmento em uma zona que está disponível para os residentes de outra zona. O número de trabalhadores que se enquadram neste perfil de emprego também é contabilizado. Neste caso, há a classificação do tipo de emprego de acordo com o tipo de trabalhador, pois assim evita uma superestimação de acessibilidade. O tempo é o fator de impedância.

Em seguida, há os indicadores do tipo “acessibilidade ao emprego”. O primeiro deles foi desenvolvido por Shen (1999), que comparou os modos motorizados público e privado, e tem o tempo como fator de impedância. O autor vai além das equações habituais, pois considera o número de desempregados a procura de emprego, a percentagem de posse de automóveis e o número de vagas de emprego. Van Wee *et al.* (2001) estudaram o transporte público e consideraram o tempo como fator de impedância. Nesta equação, um tempo máximo é pré-determinado, e a partir dele é possível verificar a quantidade de empregos que se pode alcançar, que seria a acessibilidade potencial. Assim, consideram-se apenas as zonas que estão dentro deste tempo máximo.

Matas *et al.* (2010) estudaram o transporte público, e o fator de impedância foi o tempo. Os autores delimitaram o número de empregos pelo tipo de grau de instrução exigido, para assim analisar algum tipo de emprego específico. Por fim, Cheng e Bertolini (2013) estudaram o modo de transporte motorizado privado, com a variável tempo como fator de impedância. Houve a discriminação do tipo de emprego ofertado por zona, e a probabilidade considerada foi a de conseguir este determinado tipo de emprego, influenciada diretamente pelo número de trabalhadores com este perfil, barreiras espaciais enfrentadas para alcançar outra zona e custos de deslocamentos relativos ao tempo.

Bocarejo e Oviedo (2012) trabalharam com foco no transporte público, com o tempo e o custo como fatores de impedância, e utilizando a equação de Hansen. Assim, a acessibilidade se dá a partir do somatório da multiplicação da atratividade de determinada zona e a função da distância entre as zonas i e j , esta última é dada em valor monetário. No entanto, esta função da distância é a exponencial do custo do tempo de viagem e o percentual de renda individual gasta na viagem, multiplicando-se cada uma das variáveis por um parâmetro β . O custo expresso em termos de tempo está diretamente relacionado a variáveis individuais, tais como ocupação, idade e nível de renda, além do uso do solo, tendo variáveis como a distribuição das atividades, determinando o tipo de viagem e o tempo por ela despendido.

Guzman e Oviedo (2018) utilizam outra equação adotada por Bocarejo e Oviedo (2012), que medem a acessibilidade para as oportunidades de emprego. Neste caso, o beta (β) é o

parâmetro de calibração do modelo gravitacional (parâmetro de sensibilidade de custo). O tempo de viagem no transporte público é dividido pelo valor do tempo para viagens de ida e volta (a unidade de tempo é transformada em valor monetário). Este mesmo estudo calcula a acessibilidade de preços ao transporte público, incluindo na equação as variáveis “renda média mensal familiar por zona” e “despesa familiar por viagem e por zona no transporte público”. O custo generalizado da viagem é o fator de impedância.

Por fim, a última equação do indicador do tipo “acessibilidade ao emprego”, foi extraída do trabalho de El-Geneidy *et al.* (2016), que calcula a acessibilidade ao emprego de determinada zona a todos os empregos de outra zona. O cálculo é feito de quatro maneiras: baseada no tempo, baseada no custo da tarifa, baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em termos monetários) e baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em tempo). Adotou-se o valor do salário mínimo por hora devido à realidade da cidade do estudo de caso. Para o Brasil, por exemplo, esta relação não se aplica, pois o pagamento é feito por mês trabalhado, e não por hora como em muitos outros países. As variáveis tempo e custo compõem a função de impedância específica da zona. As equações utilizadas foram desenvolvidas por Geurs e Van Wee (2004).

No tipo de indicador “medida de contorno”, analisa-se uma determinada área a partir de uma zona de origem, o que delimita o número de oportunidades de empregos. Adota-se um tempo máximo a ser percorrido, que seria o que é tido como aceitável pelos passageiros. Para este indicador, o tempo é o fator de impedância.

Para o indicador “acessibilidade gravitacional”, Lemos (2011) trabalhou com a formulação inicial do indicador de Hansen (1959), e sob duas outras abordagens. A primeira calcula a medida normalizada, em que o custo é o fator de impedância; a segunda é a ponderada pela população, que inclui a população da zona na equação. O autor também traz mais duas equações baseadas no Indicador de Hansen (1959). A primeira foi encontrada no trabalho de Henrique e Loureiro (2005), que considera o tempo como o fator de impedância, e que é medida pela acessibilidade ao emprego; a segunda é proveniente do trabalho de Cervero (2005), que apresenta uma função de tempo de viagem multiplicada pela quantidade de empregos da zona. O número de empregos é considerado como fator de atratividade. O tempo também é o fator de impedância.

O cálculo da acessibilidade a oportunidades realizado por Guzman, Oviedo e Rivera (2017) considera o custo e o tempo como fatores de impedância. Com base nestas explicações, foi possível perceber alguns pontos importantes observados a partir das equações dos

indicadores elencados na tabela 9. Há uma grande similaridade nas equações em relação ao tempo de viagem entre zonas, e algumas adotaram o tempo máximo de deslocamento que é considerado aceitável pelo usuário.

Os fatores de impedância mais utilizados foram em relação ao tempo de viagem, que apareceu em 13 equações, seguido do fator custo que esteve presente em 9 (nove) delas. A distância foi considerada apenas 2 (duas) vezes e a percentagem de renda gasta 1 (uma) única vez. Embora tenha sido bastante utilizada a variável custo de viagem, apenas os trabalhos de Bocarejo e Oviedo (2012) e Guzman e Oviedo (2018) consideraram o percentual de renda gasto com transportes.

Evidenciou-se também que a acessibilidade ao emprego é bastante utilizada na literatura, fazendo a interação do uso do solo e dos sistemas de transporte, além de se caracterizar como uma atividade essencial para a vida em sociedade. Quanto mais inacessíveis são as zonas de emprego, mais comprometida será a qualidade de vida das pessoas, resultando em um baixo índice de equidade social. Esse tipo de acessibilidade foi adotado nos indicadores do tipo: “atributos de rede”, “quantidade de viagens”, “dados desagregados que combinam aspectos de transportes e uso do solo”, “acessibilidade ao emprego”, “medidas de contorno” e “acessibilidade gravitacional”.

Da mesma maneira, outros tipos de acessibilidade podem ser acrescentados, como as dimensões da acessibilidade, que envolve as atividades de compras, estudo, lazer, saúde e trabalho. Estas dimensões envolvem os direitos fundamentais dos cidadãos, mas que muitas vezes são impossibilitados de serem alcançados pelo alto custo de transporte. Se houver a necessidade de um estudo mais detalhado, seria interessante o uso de dados desagregados, como proposto nas equações aplicadas por Wachs e Kumagai (1973), Rosado e Ulysséa Neto (1999), Wang (2003), Matas *et al.* (2010) e Cheng e Bertolini (2013).

O indicador de Hansen (1959) apresenta algumas aplicações, principalmente quando se deseja identificar o número de oportunidades de uma interação espacial, seja para emprego ou qualquer outro motivo a critério do pesquisador. Este fator é ajustado à habilidade, necessidade e desejo das pessoas em alcançar um ou outro destino.

4.4 Considerações finais do capítulo

Atualmente, as políticas de transporte e de planejamento estão sendo avaliadas além do fator técnico e operacional, passando a considerar os aspectos de inclusão social e bem-estar da população. Na área de transportes, a acessibilidade e a equidade são aspectos constantemente

avaliados em estudos recentes. O conceito de acessibilidade inclui os aspectos individuais, de uso do solo, temporários e de transporte, sendo inclusive utilizado como uma variável para a medida de equidade.

No entanto, se faz necessário conhecer as condições de grupos sociais em desvantagem, as necessidades de acessibilidade e prioridades, bem como as barreiras existentes, que de maneira geral são: tempo, custo, confiabilidade, proteção e segurança. Na tabela 9 foi possível identificar que os fatores de impedância mais utilizados nos vários estudos foram tempo e custo de viagem.

Dentre as possibilidades de estudo, decidiu-se por focar na acessibilidade ao emprego, visto que é uma atividade essencial na sociedade, além de que prejuízos nesse acesso traz problemas em relação à segurança econômica, na qualidade de vida do indivíduo e no bem-estar geral da sociedade. Porém, é importante conhecer outros tipos de acessibilidade para poder compreender bem os conceitos e aplicações, por isso buscou-se indicadores de tipos associados com o objeto de estudo desta pesquisa.

Os tipos de indicadores descritos na tabela 9 foram: atributos de rede, quantidade de viagens, dados agregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo, dados desagregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo, acessibilidade ao emprego, comparação entre os modos privado e coletivo, separação espacial, medida de contorno, acessibilidade gravitacional, acessibilidade a oportunidades e acessibilidade proporcional.

Por fim, considerando todos os conceitos tratados até o presente momento (subsídios, equidade e acessibilidade), tem-se o embasamento teórico para dar continuidade ao desenvolvimento desta tese, que analisa a influência dos subsídios tarifários sob o aspecto da equidade vertical. Ressalta-se que a compreensão destas temáticas e a interpretação dos resultados devem estar relacionados, pois são aspectos melhor aproveitados quando tratados em conjunto.

5 ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE SUBSÍDIOS TARIFÁRIOS NA EQUIDADE VERTICAL

5.1 Considerações iniciais

Para estruturar e direcionar a análise da influência de políticas de subsídios tarifários, a partir do nível de equidade vertical, foi proposto um procedimento estruturado, que teve como base a revisão sistemática (capítulo 2) e a revisão de literatura (capítulos 3 e 4). Na elaboração desses capítulos não foi identificado um procedimento que abrangesse os conceitos trabalhados nesta tese (política tarifária, acessibilidade e equidade). Deste modo, busca-se aqui suprir esta lacuna e assim contribuir com o estado da arte.

Foram determinadas nove etapas, que após finalizadas permitem atender aos objetivos geral e específicos desta tese.

O procedimento tem 9 (nove) etapas, a saber:

1. Caracterização da área objeto de estudo;
2. Determinação do(s) fator(es) de impedância;
3. Seleção do indicador de acessibilidade;
4. Definição da medida de equidade com base em acessibilidade;
5. Coleta e tratamento de dados e informações;
6. Definição dos grupos populacionais;
7. Aplicação do indicador de acessibilidade e da medida de equidade;
8. Análise e discussão dos resultados;
9. Análise comparativa: acessibilidade real x acessibilidade potencial.

A aplicação deve seguir cada uma das etapas, de forma que possibilite um melhor entendimento dos aspectos que se deseja analisar no decorrer do estudo, trazendo resultados práticos e fundamentados. O fluxograma elaborado e mostrado na figura 7 permite visualizar a sequência de cada uma dessas etapas.

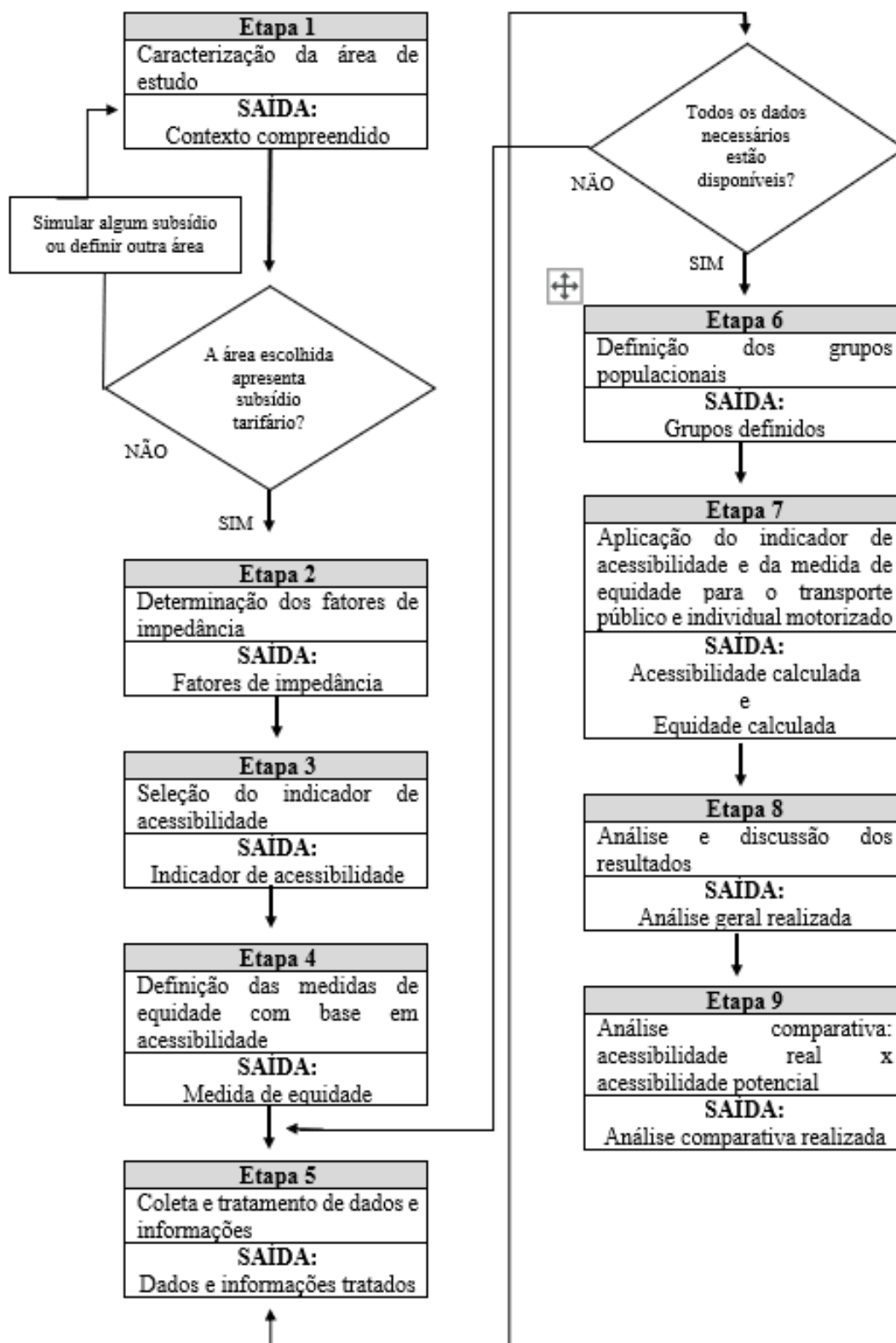


Figura 7 - Etapas do procedimento proposto para análise do nível de equidade para diferentes grupos populacionais

Fonte: Elaboração própria (2020)

5.2 Etapa 1: Caracterização da área objeto de estudo

Nesta etapa busca-se apresentar a cidade objeto de estudo, trazendo informações úteis para contextualização da análise. As características demográficas, socioeconômicas e gerais sobre a gestão do sistema de transporte público coletivo são as bases do estudo. Essa caracterização é importante porque toda região tem suas próprias características a serem estudadas e examinadas.

As características demográficas possibilitam conhecer a organização política e geográfica local, mostrando, por exemplo, como a população está distribuída no espaço e a quantidade e localização dos bairros. As características socioeconômicas permitem ter um panorama geral sobre aspectos de emprego e renda da população, e entender se há má distribuição de renda e de empregos. Explanar sobre a gestão do sistema de transporte público coletivo é imprescindível para analisar e discutir os resultados, pois possibilita conhecer as políticas públicas existentes, a exemplo de subsídios tarifários, identificar os meios de transporte público disponíveis, bem como os aspectos técnicos da operação local.

5.3 Etapa 2: Determinação do(s) fator(es) de impedância

Os fatores de impedância mais adotados nos estudos sobre sistemas de transporte são tempo, distância e custo de viagem, conforme observado nas variáveis dos indicadores de acessibilidade elencados na tabela 13 e na respectiva análise dos mesmos, nos tópicos 4.3 e 4.3.1 do capítulo 04. A escolha por adotar um ou mais destes fatores de impedância altera o tipo de abordagem que se pretende desenvolver. Para este trabalho, a ênfase é a equidade vertical, analisada sob o aspecto da acessibilidade a oportunidades, que seria especificamente o emprego. A escolha de qual(is) fator(es) de impedância utilizar deve considerar as características socioeconômicas da área de estudo, além da disponibilidade de dados.

O fator de impedância tempo de viagem foi aplicado nos trabalhos de Wang (2003), Bracarense e Ferreira (2018), Van Wee, Hagoort, Annema (2001), Matas *et al.* (2010), Cheng e Bertolini (2013), Bocarejo e Oviedo (2012), Guzman e Oviedo (2018), Geurs e Van Wee (2004), El-Geneidy *et al.* (2016), Deboosere e El-Geneidy (2018) e Cui *et al.* (2019).

A distância entre zonas foi utilizada nos estudos de Abando e Ortiz (1996), Rosado e Ulysséa Neto (1999) e Raia Jr (2000). O custo de viagem foi um fator de impedância aplicado nos seguintes trabalhos: Shimbél (1953), Zakaria (1974), Linneker e Spence (1992), Raia Jr (2000), Mello (2015), Cheng e Bertolini (2013), Bocarejo e Oviedo (2012), Guzman e Oviedo

(2018), Armstrong-Wright e Thiriez (1987), Geurs e Van Wee (2004) e El-Geneidy *et al.* (2016).

Quanto maiores as impedâncias para que os trabalhadores realizem o percurso moradia-trabalho, mais ineficientes serão os deslocamentos, com alto consumo de recursos públicos e privados (MELLO, 2015). Há uma relação estatisticamente significativa entre os incentivos financeiros relacionados ao transporte que são fornecidos aos empregados e sua decisão de realizar uma viagem por determinado modo, sendo uma alternativa ao fornecimento de estacionamento gratuito ou subsidiado no local de trabalho (GHIMERE E LANCELIN, 2019).

No Brasil, os gastos com transporte público estão presentes em 76,5% das famílias, que são distribuídos da seguinte maneira: 25,1% do total das famílias possuem gastos apenas com transporte público; 29,8% possuem gastos somente com transporte privado; e 21,6% possuem gastos com ambos os modos de transporte (IBGE, 2010). Estes gastos podem ser estratificados por níveis de renda, em que quanto mais alta a renda, menor o comprometimento da renda com transporte público, e quanto menor a renda, maior o percentual gasto com transporte público e no somatório das duas modalidades de transporte (CARVALHO; PEREIRA, 2012).

O tempo pode ser considerado o principal fator de impedância de uma viagem, mas devido quando se trabalha com trabalhadores de baixa renda acrescenta-se o custo de viagem como uma impedância extremamente relevante (MELLO, 2015). Os fatores de impedância “custo” e/ou “tempo” são frequentemente utilizados em estudos que tratam da acessibilidade ao emprego (BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GUZMAN E OVIEDO, 2018; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; GEURS E VAN WEE, 2004; CARNEIRO, 2019).

5.4 Etapa 3: Seleção do indicador de acessibilidade

O tempo gasto no deslocamento casa-trabalho, a distância e o custo de viagem são fatores limitantes para que o indivíduo alcance o destino desejado em tempo hábil e sem comprometer consideravelmente a renda familiar. Essa acessibilidade pode ser calculada de diversas maneiras, incluindo variáveis e impedâncias que apresentam relevância para o deslocamento entre a origem e o destino. Para este procedimento foram selecionados os indicadores que possibilitam mensurar a acessibilidade a empregos.

Em se tratando da acessibilidade, existe na literatura um consenso sobre a importância de se considerar o efeito da competição, visto que os empregos são finitos e que existe uma população economicamente ativa e suas devidas competências, que nem sempre estão de acordo com o perfil da oportunidade que pode ser acessada (CHENG E BERTOLINI, 2013; SHEN,

1998; WANG, 2003). Guimarães (2011) insere no seu trabalho esse conceito com base nos estudos de Shen (1998) e Wang (2003), em que “foi calculada a acessibilidade a postos de trabalho para a população residente, conforme sua atual distribuição em segmentos do mercado de trabalho”.

No entanto, esta tese não irá realizar sua análise sob essa perspectiva, pois considera a acessibilidade do trabalhador a todos os empregos oferecidos em determinada área geográfica, independente dele estar de acordo com o perfil ou não. As limitações consideradas são os fatores de impedância determinados na etapa 2. Ressalta-se, porém, que isto não prejudica o estudo realizado, visto que sua abrangência se concentra principalmente na relação e complexidade dos conceitos de acessibilidade e equidade, conforme foi trabalhado na revisão de literatura e está sendo enfatizado neste procedimento estruturado aqui proposto.

Com base na tabela 9 do capítulo 04, verificou-se que o indicador de Hansen (1959) ainda é aplicável até os dias atuais quando se pretende estudar a acessibilidade das pessoas aos espaços físicos, e conseqüentemente às oportunidades, mesmo que apresente alguma modificação para se adaptar à necessidade do estudo (ROSADO E ULYSSÉA NETO, 1999; RAIÁ JR, 2000; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; GUZMAN E OVIEDO, 2018; GEURS E VAN WEE, 2004; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; LEMOS, 2011; GRENGS, 2015; CERVERO, 2005; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017). Esta equação é capaz de analisar a sensibilidade do acesso às oportunidades com base na distância entre zonas (origem e destino) e a partir da modificação do tempo em função da distância. Esse indicador é relativamente simples de ser aplicado, trazendo resultados fáceis de serem interpretados.

A equação da medida generalizada de Hansen é a seguinte (indicador 1):

$$A_i = \sum_j a_j f(d_{ij}) \quad (45)$$

Em que A_i é a acessibilidade da zona i , a_j é a atratividade da zona j , e $f(d_{ij})$ é a função da distância entre as zonas i e j ; com a atratividade sendo o número de empregos disponíveis por zona e a função da distância sendo considerada em relação ao tempo e/ou custo de viagem entre zonas.

Bocarejo e Oviedo (2012) adicionaram à equação de Hansen (1959) um componente de acessibilidade financeira (*affordability*) na função, que pode ser expressa em termos de porcentagem de renda individual gasta com transporte. O custo é então considerado como um

fator de impedância. Com isso, a função da distância entre as zonas i e j passou a ser (indicador 2):

$$f(d_{ij}) = e^{-\beta C_{ij}} = e^{-\beta_1 C_t + \beta_2 C_c} \quad (46)$$

Em que C_{ij} é o custo generalizado de viagem (impedância) entre as zonas i e j , C_t é o custo do tempo de viagem entre as zonas i e j e C_c é a porcentagem de gasto de renda individual na viagem.

Para este caso tem-se como fundamental os dados da Pesquisa Origem Destino, pois eles precisam ser calibrados pelo método gravitacional para obter o valor do beta (β). Este indicador deve ser utilizado quando se deseja considerar no estudo o percentual de renda gasto do usuário de transporte, o que possibilita analisar a possibilidade de uma política de subsídio mais discriminatória de acordo com a realidade de determinado grupo populacional.

Este é um tipo de informação/dado de grande relevância quando se trabalha com grupos de indivíduos vulneráveis, pois isso implica diretamente na qualidade de vida e bem-estar social. Porém, nem sempre se tem acesso a esse tipo de dado, o que limita o seu uso; mas caso ele esteja disponível, indica-se o uso desse indicador para que seja realizada uma análise com maior nível de aprofundamento.

Guzman e Oviedo (2018) analisaram a acessibilidade potencial tendo como fator de impedância o custo generalizado da viagem. As equações utilizadas foram 5 e 6 (indicador 3):

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j * \exp(-\beta * C_{ij}) \quad (47)$$

$$C_{ij} = t_{ij} + C_{ij}/VOT \quad (48)$$

Em que A_i é acessibilidade na zona i para todas as oportunidades de emprego O na zona j , C_{ij} é o custo generalizado de viagem da função de viagem entre as zonas i e j , β_i é parâmetro de calibração do modelo gravitacional (parâmetro de sensibilidade do custo), t_{ij} é tempo de viagem no transporte público entre i e j , c_{ij} é as despesas monetárias de viagem e VOT é o valor do tempo para viagens de ida e volta.

Esta equação acrescenta o valor do tempo para viagens, considerando o salário mínimo vigente no país de estudo. Os fatores de impedância são o tempo e o custo de viagem. Faz-se necessário ter os dados da Pesquisa Origem Destino para poder calcular o beta (β). Neste caso,

as localidades são penalizadas pelo tempo e/ou distância através deste parâmetro calculado, sendo essa uma vantagem do seu uso.

Este indicador deve ser escolhido na opção de se ter uma abordagem considerando o tempo despendido no trajeto como perda associada ao valor da hora trabalhada, pois está associado com o valor do salário mínimo que o trabalhador recebe. Um fator limitante de seu uso é a disponibilidade dos dados, pois em geral as pesquisas englobam uma faixa salarial, e não o valor exato do salário.

Em outra etapa do trabalho, os autores também adotaram a acessibilidade financeira (*affordability*), a partir do conceito desenvolvido por Armstrong-Wright e Thiriez (1987). O custo agregado é dividido pelo rendimento familiar médio estimado por zona e a acessibilidade é calculada para o transporte público, que é dado pela equação 7 (indicador 4):

$$Aff_i = \frac{K.T_i.Ex_i}{Y_i} \quad (49)$$

Em que Aff_i é a acessibilidade de preços ao transporte público, K é os dias úteis do mês, Ex_i é a despesa familiar por viagem e por zona no transporte público, T_i é as viagens feitas por transporte público por zona em um dia típico e Y_i é a renda média mensal familiar por zona.

O uso deste indicador é complementar aos indicadores selecionados e citados anteriormente, e tem como foco a capacidade do indivíduo de arcar com os custos de viagem, calculando assim a acessibilidade econômica. As não viagens, que muitas vezes são decorrentes de limitações financeiras, não são contabilizadas como despesas de transporte, o que se caracteriza como uma limitação importante das medidas de acessibilidade (GUZMAN E OVIEDO, 2018).

Este indicador é utilizado quando pretende-se analisar a capacidade do usuário arcar com seus custos de viagem e saber como isso impacta na acessibilidade a empregos. É uma outra forma de se analisar o percentual de renda gasta com deslocamentos, porém de toda a família. Não há informação se pode ser utilizado para o transporte individual motorizado.

O último indicador selecionado para este procedimento (indicador 5) foi utilizado por Geurs e Van Wee (2004) e El-Geneidy *et al.* (2016). A acessibilidade a empregos pode ser baseada no tempo e/ou no custo de viagem, sendo expressa em termos monetários e/ou em tempo, sendo dada pelas equações 8 e 9:

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j f(C_{ij}) \quad (50)$$

$$f(C_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{if } C_{ij} \leq t_{ij} \\ 0 & \text{if } C_{ij} > t_{ij} \end{cases} \quad (51)$$

Baseada no tempo:

$$C_{ij} = t_{ij} \quad (52)$$

Baseada no custo da tarifa:

$$C_{ij} = F_{ij} \quad (53)$$

Baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em termos monetários):

$$C_{ij} = t_{ij}w + F_{ij} \quad (54)$$

Baseada no tempo de viagem e no custo da tarifa (expressa em tempo):

$$C_{ij} = t_{ij} + \frac{F_{ij}}{w} \quad (55)$$

Em que A_i é a acessibilidade da zona i a todos os empregos da zona j, O_j é o número de empregos na zona j, $f(C_{ij})$ é a função de ponderação com C_{ij} sendo o tempo ou custo da viagem de i para j, t_{ij} é o tempo de viagem da zona i para a zona j ou limite de custo, F_{ij} é o custo da tarifa de transporte para viajar da zona i para a zona j e w é o salário mínimo por hora. Para este indicador, os fatores de impedância são o custo ou o tempo de viagem.

Este indicador deve ser utilizado quando os fatores de impedância a serem considerados são o tempo e o custo de viagem, sendo capaz de calcular a acessibilidade real e potencial. Ele é possível de ser aplicado quando se tem dados da Pesquisa Origem Destino e coletados através de outras fontes, como Google API, Moovit e a da administração de sistemas de transporte. Ele tem a vantagem de ser de simples aplicação, mas que traz resultados fáceis de serem interpretados, além de permitir inserir condições reais.

A partir da compreensão das variáveis que os indicadores de acessibilidade englobam, o pesquisador ou analista deve selecionar o mais apropriado de acordo com o objetivo do estudo, das características do município a ser avaliado e da disponibilidade de dados.

5.5 Etapa 4: Definição das medidas de equidade com base em acessibilidade

A equidade na área de transporte pode ser trabalhada junto com medidas de acessibilidade, avaliando como os indivíduos alcançam destinos e oportunidades,

principalmente em um determinado espaço de tempo, certa distância e/ou certo custo de viagem, com foco especial em grupos de baixa renda (EL-GENEIDY *et al.*, 2016; GUZMAN E OVIEDO, 2018; CUI *et al.*, 2019; FARBER, S. *et al.*, 2014; DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018).

Frente a políticas de transportes, a exemplo de sistemas integrados e políticas tarifárias, muitos trabalhos buscam verificar se os grupos de baixa renda têm melhorias na acessibilidade sob os aspectos temporais e econômicos (GUZMAN E OVIEDO, 2018; BOCAREJO E OVIEDO, 2012; DELBOSC E CURRIE, 2011; EL-GENEIDY *et al.*, 2016; VERBICH E EL-GENEIDY, 2015; BURGUILLO *et al.*, 2017; FARBER *et al.*, 2014). A equidade vertical enfoca as populações socioeconomicamente vulneráveis que têm uma maior necessidade de melhorar seu nível de acessibilidade (DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018; NAHMIAS *et al.*, 2013; DELBOSC E CURRIE, 2011; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017).

No capítulo 03, foram levantados métodos para medir a equidade na área de transportes em várias publicações, que foram: Curva de Lorenz e Índice de Gini, curvas de concentração, regressão linear múltipla, indicador de proporção “Palma” e indicador de acessibilidade a oportunidades (indicador de Hansen, 1959), acessibilidade potencial, indicadores de acessibilidade de medida de contorno, estimação da acessibilidade financeira, cálculo das equidades vertical e horizontal e métodos estatísticos.

O coeficiente de Gini permite identificar a desigualdade (RÓJ, 2020). Esse conceito é complementar ao da curva de Lorenz, que desempenha um papel fundamental no cálculo do Índice de Gini, em que “o eixo horizontal da curva de Lorenz representa o percentil da população e o eixo vertical corresponde ao valor cumulativo das viagens”, que é elaborada após a separação do menor para o maior valor da variável em questão (SHIRMOHAMMADLI, LOUEN E VALLÉE, 2016).

Para o contexto latino-americano, onde localização e renda estão comumente correlacionadas, o uso do índice de Gini é adequado porque permite entender a variação dos níveis de acessibilidade entre os locais de uma cidade, considerando também os atributos socioeconômicos. A Curva de Lorenz é uma representação visual da equidade, o que torna apropriada a utilização conjunta com o Índice de Gini.

A Curva de Concentração é um complemento à Curva de Lorenz e o Índice de Gini para medir a equidade vertical, pois permite entender melhor como as desigualdades existentes nos sistemas de transporte e sua relação com as condições socioeconômicas e espaciais. Essa análise é crucial em cidades da América Latina e nas análises de equidade na mobilidade urbana.

(CARNEIRO, 2019). A variável de classificação socioeconômica poderá ser a renda ou outra variável (CARNEIRO, 2019) ou a renda per capita (FALAVIGNA, 2015).

Wagstaff *et al.* (1991), após analisarem alguns indicadores de desigualdade econômica, afirmam que o índice de concentração é sensível à distribuição da população por meio de grupos socioeconômicos, permitindo também considerar a dimensão socioeconômica das desigualdades. Para este estudo seriam as desigualdades no acesso ao emprego.

Desta forma, essas ferramentas são utilizadas neste procedimento, pois são de fácil interpretação, trazendo de forma clara o quão equitativo é o sistema de transporte em questão, além de serem ricas de informação, através da quantificação da equidade local. Assim, é determinada a aplicação das equações 1 e 2 (tópico 3.5).

5.6 Etapa 5: Coleta e tratamento dos dados e informações

Os dados e informações devem ser coletados através dos dados públicos locais, a exemplo de institutos de estatística, secretaria de transporte e Google API e/ou Moovit. Estas duas últimas fontes de dados são alternativas em municípios que não apresentam pesquisa origem destino, e são dados que irão ser usados para o cálculo da acessibilidade a empregos e para gerar o índice de equidade vertical.

A Matriz Origem Destino, originada a partir dos dados disponibilizados na pesquisa, deve ser expandida para que seja determinado o número de viagens entre zonas, bem como informações vinculadas a elas, como tempo médio de viagem. As matrizes com os fatores de impedância utilizados na pesquisa devem ser elaboradas para o deslocamento por transporte público e por transporte individual, para os diferentes grupos populacionais analisados. Esta atividade é indispensável para o estudo, pois é a partir delas que é possível determinar a acessibilidade local, e consequentemente o nível de equidade vertical.

No entanto, os dados e informações a serem coletados dependem do indicador selecionado para ser aplicado no estudo. Como o estudo deseja calcular a acessibilidade ao emprego, o número de empregos por zona é um dado em comum para todas as situações. Ressalta-se que pode haver uma variação de acordo com o tipo de indicador escolhido para ser trabalhado, pois cada um tem seu enfoque principal, embora todos cheguem ao resultado de quão acessível é um determinado sistema de transporte, de acordo com a localidade e com o fator de impedância utilizado.

A tabela 10 mostra os dados necessários para cada um dos indicadores selecionados, que foram explicitados no tópico 5.4.

Tabela 10 - Variáveis dos indicadores selecionados para o procedimento proposto

INDICADOR	DADOS E INFORMAÇÕES
Indicador 01 – Equação 45	Tempo de viagem entre zonas
Indicador 02 – Equação 46	Dados da Pesquisa Origem Destino Tempo de viagem entre zonas Custo da viagem entre zonas
Indicador 03 – Equações 47 e 48	Dados da Pesquisa Origem Destino Tempo de viagem entre zonas Valor do salário mínimo
Indicador 04 – Equação 49	Dados da Pesquisa Origem Destino Despesa familiar por viagem e por zona no transporte público Número de viagens feitas por transporte público por zona em um dia típico Renda média mensal familiar por zona
Indicador 05 – Equações 450, 51, 52, 53, 54 e 55	Tempo de viagem entre zonas Custo da viagem entre zonas Valor do salário mínimo

Fonte: Elaboração própria (2019).

Em se tratando da variável “renda mensal familiar”, a situação mais indicada é que esse dado seja referente à “renda mensal familiar per capita”, pois assim os resultados serão mais fidedignos com a realidade.

Após a coleta de dados e informações, os mesmos devem ser organizados para serem tratados e utilizados nas etapas posteriores. Deve-se priorizar coletar os dados mais atualizados que estão disponíveis, para que o resultado do estudo esteja mais fidedigno com a realidade da época da realização do estudo.

5.7 Etapa 6: Definição dos grupos populacionais

Nesta fase, há a caracterização dos grupos populacionais que são analisados, com o objetivo de realizar o diagnóstico atual. Para essa escolha, os grupos podem ser selecionados utilizando-se como critério a seleção de um tipo de subsídio específico, formas de aplicação, modificação de uma política existente, dentre outras. Faz-se necessário considerar se a pretensão é avaliar uma política de subsídios existente, modificá-la ou implantar uma ou mais alternativas.

Ressalta-se que a escolha pode variar de acordo com a conjuntura do local, como a existência ou não de uma política de subsídio de tarifa de transporte (e como ela funciona), e a integração física ou temporal, o que pode gerar mais de um cenário e/ou mais de dois grupos de indivíduos a serem comparados.

Outras possibilidades são a comparação de diferentes políticas de subsídios tarifários, verificação de falhas atuais no sistema de transporte e/ou de uso do solo, além da necessidade

de implementação de um subsídio complementar ao vigente. Alternativas podem ser verificadas, como a seleção de um tipo de subsídio específico, formas de aplicação, modificação de uma política existente, dentre outras, caso seja do interesse de quem está avaliando o sistema.

5.8 Etapa 7: Aplicação do indicador de acessibilidade e das medidas de equidade para o transporte público e individual motorizado

Após coletados e tratados os dados, um dos indicadores de acessibilidade selecionados no tópico 5.4 será aplicado. A primeira observação a ser feita é verificar quais são os dados necessários para cada um deles, para assim verificar qual indicador será mais aplicável para o caso. Feito isso, alinha-se ao objetivo do estudo para prosseguir com a aplicação.

A aplicação dos indicadores de acessibilidade gerará tabelas de acessibilidade a empregos para cada situação analisada por grupo populacional, que mostrarão a quantidade de empregos acessados entre as zonas em um dado período, tanto por transporte público quanto por transporte individual, e para cada fator de impedância.

As matrizes de acessibilidade permitem gerar a Curva de Lorenz, que possibilita visualizar a distância da reta de acessibilidade a empregos à reta da equidade perfeita (que gera uma área), e em seguida calcular o Índice de Gini, que determina o quão equitativo é o sistema analisado. O valor encontrado é a área entre as retas, chamado de Índice de Gini (GINI, 1912), conforme mostrado na equação (2).

5.9 Etapa 8: Análise e discussão dos resultados

Os resultados gerados no procedimento devem ser analisados sob os seguintes aspectos: acessibilidade ao emprego, variando em relação ao grupo populacional e ao modo de transporte, para cada fator de impedância; e medida de equidade vertical (índice de Gini), para cada situação em questão. Para definir os critérios de avaliação devem ser observados os aspectos socioeconômicos da localidade e o sistema de transporte público coletivo existente no local de estudo. Isto reitera a importância de detalhar as informações requeridas na etapa 01 deste procedimento (caracterização do estudo de caso), pois todo o contexto deve ser considerado, e não apenas os números isoladamente (resultados).

Através da análise dos resultados alcançados, esta tese se propõe a ratificar o papel social que o transporte desempenha na vida da população, em especial à de baixa renda. Ao calcular a acessibilidade real, tem-se um diagnóstico dos deslocamentos realizados diariamente no município, quantificando o número de empregos que os habitantes de diferentes zonas estão

alcançando (BOCAREJO E OVIEDO, 2012), em um determinado tempo e/ou custo de viagem. Além dos valores gerados, esta apreciação tem por base as informações e dados levantados na caracterização do estudo de caso e no padrão de respostas da Pesquisa Origem Destino Domiciliar.

Ressalva-se a importância de analisar cada fator de impedância escolhido de maneira desagregada por zona, para verificar quais delas poderiam estar prejudicando o índice, como também contribuindo para um valor desejado. Isso se faz necessário para contribuir no processo de elaboração de políticas públicas. Apesar das limitações, o uso de métricas de acessibilidade permite entender melhor as áreas espaciais maiores, e favorece a discussão entre partes interessadas (GUZMAN E OVIEDO, 2018).

A interpretação de todos os resultados gerados deve ser feita de forma individual, ou seja, por cada grupo populacional a ser analisado. Assim, busca-se compreender os pontos falhos e positivos da(s) política(s) de subsídios existente(s) e/ou proposta(s).

A etapa de comparação dos resultados de cada grupo populacional é imprescindível para embasar a decisão final sobre a influência de políticas de subsídios tarifários para acesso ao emprego sob o aspecto da equidade vertical, pois indicará qual deles tem um maior impacto social. As decisões de transporte devem envolver questões além dos aspectos técnicos pelo fato de que implicam diretamente na vida das pessoas, podendo assim se caracterizar como um instrumento de inclusão social.

Essa discussão final dos resultados deve apontar se há distinção no atendimento do transporte público coletivo para as populações que compõem diferentes grupos populacionais, e também diferentes espaços urbanos da cidade, e se há uma tendência de queda no acesso ao transporte diretamente relacionado às condições de vida da população nas zonas da cidade. Além disso, é interessante avaliá-los quanto à possibilidade de identificação das localidades críticas em relação à acessibilidade ao emprego, especialmente por meio de transporte público coletivo.

5.10 Etapa 9: Análise comparativa: acessibilidade real x acessibilidade potencial

A aplicação mencionada até a etapa 8 refere-se à acessibilidade real, ou seja, tem como base as respostas da Pesquisa Domiciliar Origem Destino, que refletem exatamente as viagens que ocorreram em e entre determinadas localidades. Porém, as zonas apresentam capacidades distintas de acessibilidade, variando de acordo com o fator de impedância utilizado.

Neste contexto, será analisada a acessibilidade potencial, considerando os mesmos fatores de impedância: custo e tempo de viagem. Ela mostra a possibilidade de um trabalhador de uma zona i acessar os empregos de uma zona j , mas sem haver distinção entre os tempos e custo de viagem por grupo populacional. Os valores dos tempos de viagem podem ser extraídos do Google API e/ou da Pesquisa Origem Destino, observando os modos de transporte que podem ser utilizados neste trajeto e aplicando seus respectivos custos de viagem (que podem ser obtidos através do Google API e/ou da Pesquisa Origem Destino e/ou diretamente com a administração dos sistemas de transportes).

A justificativa de realizar a comparação entre a acessibilidade real e a potencial se dá no sentido de que pode ocorrer de um trabalhador e morador de uma zona x ter o potencial de alcançar um determinado número de empregos a um tempo x e um custo y , mas na realidade não há esse fluxo de viagem quando se analisa as respostas da Pesquisa Origem Destino. Isso significa que os tomadores de decisões da área de planejamento e transporte devem diagnosticar os trajetos atuais para poder decidir sobre as localidades que merecem prioridades quando da implementação ou melhoramento do sistema de transporte público e/ou da linha viária. Por outro lado, é importante conhecer essa potencialidade no sentido de auxiliar na reorganização do uso do solo nas cidades; mas para isso faz-se necessário conhecer os tipos de empregos ofertados em cada localidade, bem como o tipo de mão de obra disponível em cada área.

5.11 Considerações finais do capítulo

Com base na revisão sistemática e de literatura elaborada nos capítulos anteriores, este procedimento foi elaborado, baseando-se principalmente nos conceitos de acessibilidade real e potencial e de equidade vertical. A leitura das publicações contidas nas tabelas 1, 7, 8, e 9 foi fundamental, e a compreensão de seus respectivos conteúdos foi essencial para desenvolver as etapas aqui apresentadas, trazendo os fatores de impedância pertinentes, indicadores de acessibilidade apropriados para o objeto de pesquisa desta tese, identificação de medidas de equidade adequada, além de conhecer tipos de políticas de subsídios e sua relação com a equidade nas cidades em que foram implementadas.

Ao se estruturar um procedimento para medir a equidade vertical com base na acessibilidade, pode-se analisar as políticas de transporte a partir de uma perspectiva social, pois o transporte apresenta influência na qualidade de vida e bem-estar dos usuários. Esta abordagem é um exemplo da amplitude que as políticas de transporte podem tomar no espaço físico que elas abrangem, indo além dos aspectos técnico e operacional em si.

Apesar da complexidade dos componentes que são trabalhados, houve a adoção de uma concepção simples e comprometida com a exequibilidade, incluindo também a crítica às dificuldades de uso do conceito de acessibilidade. Assim, compreende-se que a elaboração deste procedimento se caracteriza como uma importante contribuição desta tese.

No próximo capítulo é feita a aplicação do mesmo através de um estudo de caso, a fim de verificar sua aplicabilidade para analisar o nível de equidade vertical e a acessibilidade do município em questão.

6 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO

6.1 Considerações iniciais

Seguindo as etapas descritas no capítulo 05, em que é proposto um procedimento para analisar o nível de equidade vertical de trabalhadores pertencentes a dois diferentes grupos populacionais (possíveis beneficiários e não beneficiários do auxílio transporte), este capítulo tem como objetivo realizar uma aplicação do mesmo por meio de um estudo de caso.

Medellín – Colômbia foi a cidade escolhida pelo fato de ter uma Pesquisa Origem Destino com dados consistentes e recentes (aplicada no ano de 2017 e publicada no ano de 2018), além de possuir política de subsídios voltadas para o acesso ao emprego. Soma-se a isso o fato de ser uma cidade localizada na América Latina, com padrões comportamentais similares aos do Brasil, e possuir uma população equivalente a uma das mais importantes cidades brasileiras, Belo Horizonte - MG, que de acordo com a estimativa do IBGE para o ano de 2018 era de 2.501.576 habitantes; outro ponto importante foi a ampla reforma urbana realizada pelo governo local nas últimas décadas, com o objetivo de torná-la mais justa e inclusiva, destacando-se as áreas de cultura e transporte. O projeto inclui basicamente a construção de parque de ciências, parques-biblioteca, jardim botânico, um centro cultural (onde antes havia um lixão), teleféricos (metro cable) e BRTs (tranvia). Essas ações fizeram com que Medellín fosse premiada no ano de 2013 como a cidade mais inovadora do mundo pelo *Urban Land Institute* (Trigueiro, 2017).

Nos últimos anos, houve um número crescente de publicações na Colômbia que analisaram os sistemas de transporte e seus efeitos, explorando principalmente o conceito de acessibilidade, relacionando-o com o uso do solo e preços, com os investimentos recentes em transporte urbano sobre as desigualdades espaciais e sociais (BOCAREJO E OVIEDO, 2012; DELMELLE E CASAS, 2012; BOCAREJO *et al.*, 2014; HEINRICHS E BERNET (2014); HIDALGO E KING, 2014; BOCAREJO *et al.*, 2016; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; GUZMAN E OVIEDO, 2018; GUZMAN, OVIEDO E CARDONA, 2018).

No entanto, os estudos se concentram na capital Bogotá e no município de Cali. Sobre Medellín, foram encontrados os trabalhos de Bocarejo *et al.* (2014) e Heinrichs e Bernet (2014), porém englobando apenas o caso do sistema metro cable, analisando a melhoria da acessibilidade para os usuários do sistema de transporte, mas sem mensurar a equidade, e de Matsuyuki *et al.* (2020), que examinaram o efeito do metro cable no âmbito socioeconômico e espacial em uma comunidade específica da cidade.

6.2 Caracterização da área objeto de estudo

Medellín está localizada no Valle de Aburrá, sendo a segunda maior cidade da Colômbia e a capital do departamento de Antioquia. O ano de referência para as informações e dados citados é 2017, devido ter sido o ano de aplicação da Pesquisa Origem Destino Domiciliar.

6.2.1 Características demográficas

A área demográfica de Medellín é dividida em 16 comunas – zona urbana (Arranquez, Bellen, Buenos Aires, Castilla, Doce de Octubre, El Poblado, Guayabal, La America, La Candelária, Laureles-Estadio, Manrique, Popular, Robledo, San Javier, Santa Cruz e Villa Hermosa), e 5 corregimientos – zona rural (Altavista, San Antonio de Prado, San Cristobal, San Sebastian de Pal Prado e Santa Elena), que são divididos em 249 bairros urbanos e 20 áreas institucionais (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2018).

Na figura 8 tem-se a divisão político administrativa do município, em que é possível visualizar as 16 (dezesseis) comunas e os 5 (cinco) corregimientos. As comunas são divididas em bairros, que estão elencados no anexo B (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2018).



Figura 8 - Divisão político administrativa de Medellín-CO
Fonte: Alcadía de Medellín (2019a)

A cidade integra a área metropolitana do Valle de Aburrá, que é composta pelos municípios de Barbosa, Giradorta, Copacanaba, Bello, Medellín, Itagüi, Envigado, Sabaneta, La Estrella e Caldas. A população da área metropolitana, no ano de 2017, era de 3.777.009 habitantes, segundo as projeções realizadas pelo DANE (COLÔMBIA, 2018).

6.2.2 Características socioeconômicas

A população de Medellín no ano de 2017 era de 2.508.452 habitantes, sendo 1.180.538 homens e 1.327.914 mulheres. O número médio de pessoas por domicílio por cada comuna é: Arranquez – 3,6; Bellen – 3,1; Buenos Aires – 3,2; Castilla – 3,5; Doce de Octubre – 3,6; El Poblado – 2,54; Guayabal – 3,5; La America – 3,0; La Candelária – 2,7; Laureles-Estadio – 3,0; Manrique – 3,4; Popular – 3,5; Robledo – 3,2; San Javier – 3,21; Santa Cruz – 3,6; e Villa Hermosa – 3,5 (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2018).

De acordo com a GEIH-DANE (2018), a cidade de Medellín apresenta um total de 1.100.509 pessoas ocupadas, em que seus empregos estão divididos em formais e informais. A distribuição destes trabalhadores por Comuna está apresentada na tabela 11.

Tabela 11 - Número de pessoas ocupadas por Comuna de Medellín em 2017

Nº	COMUNA	PESSOAS OCUPADAS		
		Formais	Informais	Total
01	Popular	28.997	27.748	56.744
02	Santa Cruz	29.305	24.948	54.253
03	Manrique	40.052	36.691	76.743
04	Aranquez	37.590	39.552	77.142
05	Castilla	45.511	31.095	76.606
06	Doce de Octubre	51.158	36.784	87.942
07	Robledo	50.073	35.796	85.870
08	Villa Hermosa	35.221	31.899	67.120
09	Buenos Aires	39.960	28.381	68.341
10	La Candelaria	25.261	20.416	45.677
11	Laureles Estadio	43.775	19.256	63.031
12	La America	30.197	16.020	46.218
13	San Javier	36.306	32.173	68.479
14	El Poblado	48.847	26.432	75.278
15	Guayabal	28.267	22.632	50.899
16	Belen	63.416	36.751	100.167
	TOTAL	633.936	466.573	1.100.509

Fonte: Elaborada a partir de dados da GEIH-DANE (2018)

No ano de 2017, a taxa de desemprego do município era de 10,0, a taxa de ocupação de 56,9 e a taxa global de participação de 63,2 (GEIH-DANE, 2018). O Índice Multidimensional de Condições de Vida (IMCV 2018) inclui as seguintes variáveis: vulnerabilidade, saúde, escolaridade, capital físico da casa, meio ambiente, percepção da qualidade de vida, recreação, acesso a serviços públicos, liberdade e segurança, mobilidade, participação, renda, trabalho, analfabetismo e entorno e qualidade de moradia; e o valor geral atual é de 48,77 (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2019a).

Estes quatro indicadores estão mostrados por comuna na tabela 12.

Tabela 12 – TGP, TO, TD e IMCV por comuna

COMUNA	TGP	TD	TO	IMCV
Popular	64,2	14,91	54,66	34,75
Santa Cruz	66,4	11,16	58,99	37,08
Manrique	64,8	11,98	57,06	37,45
Aranjuez	62,4	11,03	55,53	44,12
Castilla	63,7	8,90	58,01	48,06
Doce de Octubre	61,5	13,30	53,33	40,79
Robledo	64,7	10,77	57,77	46,12
Villa Hermosa	66,6	12,28	58,46	39,67
Buenos Aires	63,8	11,20	56,64	49,91
La Candelaria	64,6	9,08	58,74	56,42
Laureles-Estadio	58,3	6,08	54,72	69,62
La America	57,2	10,94	50,94	61,94
San Javier	65,7	9,89	59,22	40,42
El Poblado	63,0	2,3	61,55	76,60
Guayabal	63,9	7,11	59,39	52,35
Belen	61,2	7,73	56,51	57,43

Fonte: Elaborada a partir de dados da GEIH-DANE (2018) e Alcaldía de Medellín (2019a)

A área central comercial (CDB) está localizada na comuna La Candelária (número 10) e a área nobre da cidade é a comuna El Poblado (número 14). A taxa de ocupação (TO) do município, por comuna, está representada no mapa da figura 9. Esse índice é a relação percentual entre a população ocupada e o número de pessoas que integram a população em idade de trabalhar. A taxa global de ocupação (TO) do município, por comuna, está representada no mapa da figura 10. Esse índice é a relação percentual entre a população economicamente ativa e a população em idade de trabalhar.

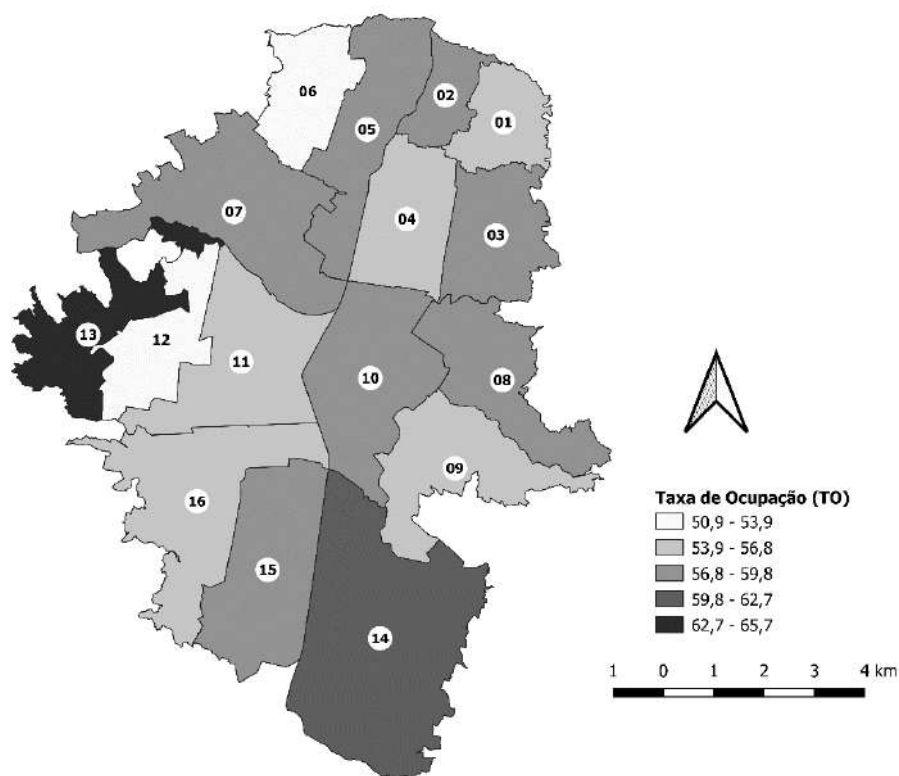


Figura 9 – Taxa de Ocupação (TO) por comuna (2017)
Fonte: Elaborada a partir de dados da GEIH-DANE (2018)

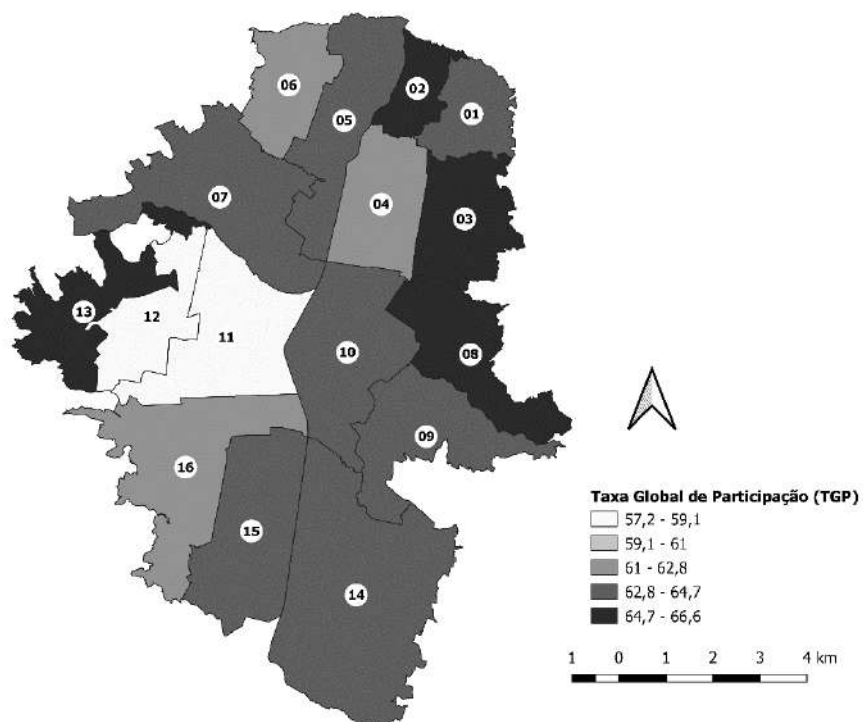


Figura 10 – Taxa Global de Participação (TGP) por comuna (2017)
Fonte: Elaborada a partir de dados da GEIH-DANE (2018)

Na Colômbia, a população é dividida por estratos socioeconômicos, que vão de 1 a 6; quanto menor o valor, mais baixo é o poder aquisitivo e seu patrimônio. Os cidadãos com os estratos de 1 a 3 recebem subsídios nos serviços de gás, água e luz; enquanto que os cidadãos com os estratos 5 e 6 pagam faturas superiores a seu consumo, como uma forma de subsídio cruzado; e os que pertencem ao estrato 4 não recebem benefícios e nem pagam taxas extras nas faturas dos serviços (DANE, 2019).

A porcentagem do subsídio ou da contribuição é da seguinte maneira: estrato 1 – subsídio de 50%; estrato 2 – subsídio de 40%; estrato 3 – subsídio de 15%; estrato 4 – sem subsídio e sem contribuição; e estratos 4 e 5 – contribuição de 20% (DANE, 2019). O auxílio transporte local é um direito para os servidores públicos e trabalhadores da iniciativa privada que recebem até 2 salários mínimos, pago pelo empregador. No ano de 2017 o salário mínimo era de COP 737.717 pesos colombianos, e o auxílio de transporte de COP 83.140 pesos colombianos (COLÔMBIA, 2016). Em Medellín, 602.787 habitantes estão filiados ao regime de subsídios (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2018).

6.2.3 Sistema de transporte público coletivo

O município de Medellín-CO possui uma Secretaria de Mobilidade, que é dividida em 3 (três) subsecretarias (seguridade (segurança) rodoviária e controle, técnica e legal). O seu objetivo é (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2019):

Planejar, regular e controlar os aspectos relacionados com a atividade de transporte terrestre, a circulação de pedestres e veicular, de acordo com o modelo de desenvolvimento social e econômico da cidade, prestando serviços que cubram as necessidades do usuário e promovendo a cultura da segurança e um ambiente saudável (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2019).

O transporte público coletivo conta com serviços de ônibus, metrô, tranvia de Ayacucho (VLT), metroplús (BRT) e metrocable (teleférico). Há também um serviço de empréstimo público de bicicletas, chamado EnCicla. A integração tarifária ocorre através do uso de um cartão denominado “tarjeta cívica”, porém não há unificação tarifária, pois o valor é variável em função dos meios de transporte a serem utilizados (NETO E BRASILEIRO, 2017). Nos ônibus convencionais o pagamento é feito unicamente por dinheiro; os que integram com o serviço de metrô, dispõem de bilhetagem eletrônica.

As principais características do sistema integrado de transporte público do Valle de Aburrá são mostradas na tabela 13. Todos os modos de transporte atendem ao município de Medellín, mas esses dados envolvem toda a região metropolitana.

Tabela 13 - Características gerais do SITP do Valle de Aburrá

Modo de transporte	Nº de passageiros por dia	Número de linhas	Nº de estações em funcionamento	Quilômetros de extensão	Total de municípios atendidos
Metrô	565.000	3	29	37,2	5
Metroplús - BRT	135.000	2	28	26	1
Metrocable – Teleférico	36.000	4	13	9,37	1
Tranvia de Ayacucho – VLT	8.000	1	9	6	1
SIT Rutas integradas e alimentadoras - Ônibus	494.000	75	ND	ND	10

Fonte: DANE (2017) e Medellín (2017) *apud* Neto e Brasileiro (2017)

ND*: Não disponível

A figura 11 mostra os corredores de transporte de passageiros das comunas e corregimientos da cidade de Medellín. Observa-se que há uma maior oferta na comuna 10 (La Candelaria), que corresponde à área central da cidade. Para os corregimientos (50, 60, 70, 80 e 90) a oferta é limitada.

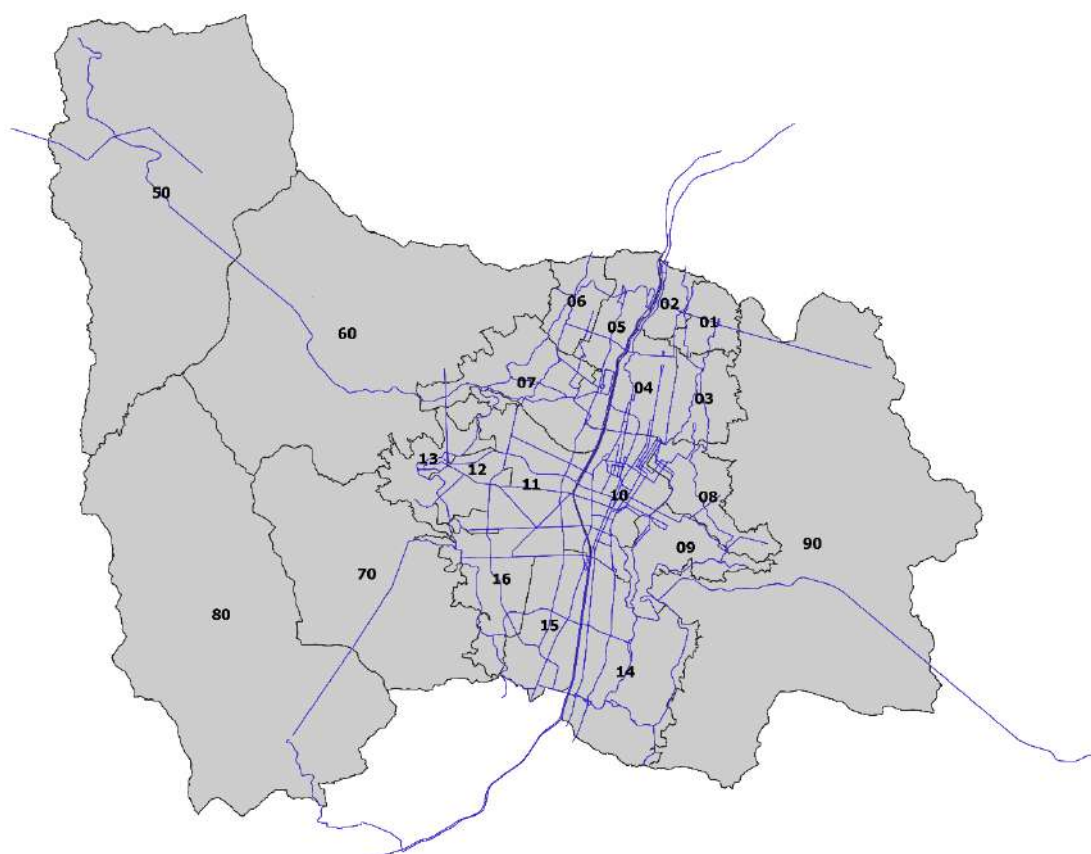


Figura 11 – Corredores de transporte de passageiros

Fonte: Medellín (2019a)

O metrô está em operação desde 1995, e foi construído em nível de superfície, similar a viadutos, contando também com sistemas de teleféricos, denominados de metrocables, com destino a bairros mais populares, e que se integra ao sistema de metrô. A linha A percorre a área metropolitana de norte a sul, e a linha B percorre a cidade do centro a ocidente (PÉREZ E GÓMEZ, 2015). Os metrocables foram fundamentais para a inclusão social no acesso à cidade, devido às limitações de deslocamento impostas pela sua topografia; inclusive, essa característica motivou a implantação de escadas rolantes (escaleras eléctricas) em uma área específica da comuna San Javier.

O metroplús (BRT) é considerado de capacidade média, está em operação desde 2011, e tem um corredor de 12,5 km. A tranvía de Ayacucho (VLT) começou a operar também em 2011 e atende a comunidade da zona centro oriental, percorrendo as comunas de Villa Hermosa, Buenos Aires e La Candelária. As rutas (rotas) integradas são operadas por um sistema privado de ônibus urbanos, em que a maioria deles tem como destino o centro da cidade, e alguns se integram ao sistema de metrô (PÉREZ E GÓMEZ, 2015).

A gestão de mobilidade do município conta com o Plano de Mobilidade Segura 2014-2020, que projeta fortalecer ações e medidas sob cinco perspectivas, são elas: 1) fortalecimento da gestão e coordenação interinstitucional; 2) comportamentos, hábitos e condutas seguras dos usuários das vias; 3) controle e supervisão sobre os veículos e equipamentos de segurança para os usuários da via; 4) planejamento, construção e manutenção da infraestrutura viária segura para os usuários da via; e 5) atenção oportuna e profissional dos feridos durante e após os eventos de trânsito (COLÔMBIA, 2014).

6.3 Determinação do(s) fator(es) de impedância

Os fatores de impedância adotados serão o tempo e o custo de viagem, fazendo-se a comparação da acessibilidade real entre os modos de transporte público coletivo e individual motorizado, além de verificar as variações em relação aos grupos de renda. Outro quesito a ser avaliado é a comparação das acessibilidades real e potencial. Considera-se acessibilidade real a análise das respostas registradas a partir da Pesquisa Origem Destino Domiciliar, e a acessibilidade potencial a possibilidade de acesso de uma zona i para uma zona j por determinado tempo ou custo de viagem, sem discriminar o grupo de renda, apenas o modo de transporte.

A disponibilidade de dados justificou a escolha de utilizar nesta tese esses dois fatores de impedância citados. Serão realizadas as análises das viagens com o menor custo

(independente de acarretar um maior tempo de deslocamento) e com menor tempo (embora implique em maior custo de viagem); isso permitirá analisar a equidade vertical sob estes dois diferentes aspectos da acessibilidade.

6.4 Seleção do indicador de acessibilidade

A base desta análise é o conceito de acessibilidade a oportunidades desenvolvido por Hansen (1959) (indicador 1), porém sendo restringida ao acesso a empregos (oportunidade trabalhada). A equação 45 envolve variáveis importantes, mas de uma forma simples.

Para a aplicação do segundo e do terceiro indicador (equações 46, 47 e 48), faz-se necessário o valor do salário mínimo, que no nosso estudo terá outra utilização (etapa 7: definição de grupos populacionais). O quarto indicador (equação 49) não se aplica ao nosso caso, pois é direcionado para o transporte público, além de considerar a despesa familiar, e esta pesquisa considera o trabalhador de forma individual (beneficiário ou não de subsídio tarifário).

Desta forma, o indicador selecionado para esta tese foi adaptado do utilizado por Geurs e Van Wee (2004) e El-Geneidy *et al.* (2016), que trata da acessibilidade ao emprego, mostrado no capítulo 5, no tópico 5.4, que compreendem as equações de 50 a 55. A escolha se deu a partir dos fatores de impedância tempo e custo de viagem, e porque é apropriado para a aplicação das acessibilidades real e potencial.

6.5 Definição das medidas de equidade com base em acessibilidade

As medidas de equidade utilizadas nesta primeira aplicação serão a Curva de Lorenz, o Coeficiente (índice) de Gini e as Curvas de Concentração, conforme determinado no capítulo 05, no tópico 5.5, referente às equações 1 e 2. A justificativa da escolha encontra-se no próprio procedimento (tópico 5.5).

6.6 Coleta e tratamento de dados e informações

A partir do indicador de acessibilidade selecionado, tem-se que os dados e informações a serem coletados são: número de viagens a trabalho entre zonas (obtidos através da matriz expandida da pesquisa O-D), tempo e custo de viagem entre zonas (neste caso, Comunas), e número de empregos por Comuna.

As informações sobre as características demográficas, socioeconômicas e de gestão de transporte são importantes em toda aplicação, para assim entender as realidades locais e melhor compreender os resultados. As fontes pesquisadas são oficiais do país, o Departamento

Administrativo Nacional de Estadística – DANE (órgão equivalente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no Brasil) e a Alcaldía de Medellín (prefeitura municipal). A base de dados sobre viagens foi a Pesquisa Origem Destino Domiciliar 2017 da área metropolitana do Valle de Aburrá.

Outro fator relevante é o nível de agregação da área de estudo. Alguns trabalhos consideram um baixo nível de agregação, como o “Planejamento Urbano Zonal” – PUZ de Bogotá (GUZMAN E OVIEDO, 2018; GUZMAN, OVIEDO E RIVERA, 2017; BOCAREJO *et al.*, 2014), setor censitário (DEBOOSERE E EL-GENEIDY, 2018; EL-GENEIDY *et al.*, 2016) e CCD (DELBOSC E CURRIE, 2011). Nesta tese, considerou-se um nível de agregação mais elevado devido à disponibilidade de dados e informações extraídos do site do governo local (Alcaldía de Medellín e DANE), que são necessários para interpretar os resultados (16 zonas). Isso é semelhante ao adotado por Shirmohammadli *et al.* (2016), que trabalhou com 17 zonas de tráfego (distritos).

6.6.1 Pesquisa Origem Destino Domiciliar

A Pesquisa Origem Destino 2017 da área metropolitana do Valle de Aburrá – Colômbia obteve 101.624 respostas, incluindo todos os motivos de viagens e modos de transporte utilizados. Seleccionando as entrevistas apenas do município de Medellín, tem-se 51.894 respostas (VALLE DE ABURRÁ, 2018). Porém, para este estudo de caso foram consideradas apenas as viagens de ida com origem na área urbana do município de Medellín, e destino a área urbana (comunas) e os corregimientos, por motivo trabalho. Após a expansão da tabela, e considerando todos os modos de transporte, obteve-se um total de 504.206 viagens diárias, conforme mostrado na tabela 14. As células vazias são devido à falta de registros de viagens entre determinadas zonas na Pesquisa OD 2017 do município de Medellín-Colômbia.

As viagens foram divididas entre as realizadas por transporte público coletivo e por transporte individual motorizado. No primeiro caso, considerou-se o trajeto realizado por caminhada antes e/ou depois ao acesso ao modo de transporte; para o segundo caso, foram consideradas as caminhadas de até 4 (quatro) quadras, para assim não alterar consideravelmente os tempos de viagem. Essa decisão pode ser considerada uma limitação, pois afeta a medição do nível real de acessibilidade aos empregos. No entanto, uma longa caminhada para acessar o transporte individual motorizado não corresponde ao tempo de viagem normalmente gasto neste modo. Por outro lado, ao considerar toda a caminhada antes do uso do transporte público, é

possível apontar áreas onde os pontos de embarque não estão uniformemente distribuídos ou onde há necessidade de implantação de novos.

Para viagens individuais, não foram consideradas as realizadas a pé ou de bicicleta, pois o foco era o transporte motorizado (público e privado). No entanto, sabe-se que o terceiro elemento (apropriação cognitiva) do conceito de motilidade é o mais difícil de compreender (FLAMM E KAUFMANN, 2006). Em geral, a escolha do meio de transporte é consequência de uma visão simplificada do mundo do indivíduo, que se baseia na utilidade do meio de transporte selecionado para a atividade/rotina de cada um e/ou pode ser uma questão de 'princípio'.

Após esta primeira desagregação dos dados, determinou-se o tempo médio em minutos entre zonas, que no caso refere-se às comunas, para cada uma das situações, gerando para cada uma delas uma tabela específica. As células vazias dizem respeito às não viagens entre zonas, ou seja, onde não houve registro de respostas na Pesquisa Origem Destino 2017.

Tabela 14 - Matriz Origem-Destino 2017 expandida do município de Medellín-Colômbia (número de viagens por motivo “trabalho” por todos os modos de transporte)

COMUNAS	Popular	Santa Cruz	Manrique	Aranjuez	Castilla	Doce de Octubre	Robledo	Villa Hermosa	Buenos Aires	La Candelária	Laureles-Estadio	La América	San Javier	El Poblado	Guayabal	Belén	TOTAL
Popular	3.165	183	978	632	1.619	--	1.017	377	686	6.486	2.739	235	188	4.414	1.580	1.365	25.664
Santa Cruz	48	2.189	101	1.516	424	60	160	202	231	7.464	2.278	121	102	3.244	238	1.125	19.503
Manrique	966	--	4.477	1.202	1.087	120	500	441	541	10.040	2.524	318	181	6.235	1.512	1.128	31.272
Aranjuez	99	641	807	8.483	1.276	48	628	298	332	10.340	2.362	514	--	3.968	1.647	1.051	32.494
Castilla	197	48	518	597	5.603	420	492	82	227	9.157	1.910	169	35	3.746	921	1.268	25.390
Doce de Octubre	97	168	511	421	3.395	4.405	958	95	313	7.588	1.739	732	121	4.350	2.124	905	27.922
Robledo	146	57	166	1.096	3.345	483	7.708	118	154	14.988	5.095	501	506	8.035	2.320	2.121	46.839
Villa Hermosa	95	--	276	906	1.249	589	591	4.540	1.519	13.542	2.032	422	127	5.770	2.393	1.959	36.010
Buenos Aires	162	102	156	615	645	106	595	371	4.081	9.276	2.008	--	247	5.298	1.367	762	25.791
La Candelária	241	--	361	1.273	1.045	134	2.024	555	424	25.038	3.047	700	344	5.515	2.250	1.741	44.692
Laureles-Estadio	--	144	93	760	307	143	1.344	274	273	9.701	9.143	939	197	5.112	1.387	1.698	31.515
La América	345	--	--	375	509	103	1.636	179	273	10.813	5.487	2.023	570	4.507	2.000	1.467	30.287
San Javier	--	159	89	1.323	840	122	925	124	390	10.451	6.363	2.933	6.974	6.001	2.751	2.148	41.593
El Poblado	98	--	193	37	764	--	683	142	21	4.635	1.466	226	175	8.790	1.067	660	18.957
Guayabal	--	--	189	543	888	--	125	74	224	8.654	2.368	217	--	6.269	12.197	2.807	34.555
Belén	--	102	150	638	865	100	699	89	376	8.810	4.493	295	145	4.463	2.595	7.902	31.722
TOTAL	5.659	3.793	9.065	20.417	23.861	6.833	20.085	7.961	10.065	166.983	55.054	10.345	9.912	85.717	38.349	30.107	504.206

Fonte: Elaboração própria (2019).

6.7 Definição dos grupos populacionais

Na Colômbia, os trabalhadores formais da iniciativa pública ou privada que recebem até 2 salários mínimos têm direito ao auxílio transporte, que compreende um acréscimo na remuneração. Este valor é determinado por lei em dezembro do ano anterior. Com isso, a comparação utilizada nesta tese é para trabalhadores que estão aptos a receberem o benefício com os inaptos ao subsídio de tarifa de transporte. Adotou-se esse termo “possíveis beneficiários” porque os dados incluem os empregos formais e informais.

Assim, nesta aplicação serão analisados dois grupos populacionais: grupo de renda 1 - renda de até 2 salários mínimos (até COP 1.500.000 - USD 429,06), e grupo de renda 2 - renda superior a 2 salários mínimos (mais de COP 1.500.000 pesos colombianos - USD 429,06), por transporte público e por transporte individual. Esse valor é o mais aproximado ao valor real, de acordo com a estratificação adotada na pesquisa O-D.

Devido ao critério de divisão ter sido a renda, foram consideradas as viagens da Pesquisa Origem Destino Domiciliar 2017 por motivo trabalho dos entrevistados que tiveram a renda mensal declarada. Ressalva-se que a pesquisa não aponta se é renda familiar ou do entrevistado, apenas indica “ingresso”, que é o salário na tradução para o português. Porém, ressalva-se que a variável ideal seria a renda per capita por domicílio, conforme indicado no procedimento. A renda mensal foi dada em intervalos com a estratificação como disposta na Tabela 15. Consideramos que os usuários pertencentes a uma mesma faixa de renda possuem as mesmas características socioeconômicas.

Tabela 15 - Estratificação de renda dos entrevistados

Intervalo	Salários mínimos (aproximadamente)	Grupo Considerado
Até COP 738.000 (USD 214,53)	Até 1	Grupo de renda 1
De COP 738.001 a COP 1.500.000 (de USD 214,61 a USD 436,21)	Entre 1 e 2	
De COP 1.500.001 a COP 2.250.000 (de USD 436,21 a USD 654,31)	Entre 2 e 3	Grupo de renda 2
De COP 2.250.001 a COP 3.500.000 (de USD 654,31 a USD 1.017,82)	Entre 3 e 5	
De COP 3.500.001 a COP 5.000.000 (de USD 1.017,82 a USD 1.454,02)	Entre 5 e 7	
De COP 5.000.001 a COP 7.000.000 (de USD 1.454,02 a 2.035,64)	Entre 7 e 9	
Mais de COP 7.000.000 (mais de USD 2.035,64)	Acima de 9	

Fonte: Elaboração própria com base na Pesquisa Domiciliar Origem Destino 2017 (2020)

A partir disto, as viagens foram subdivididas em 4 (quatro) grupos: 1) grupo de renda 1 por transporte público; 2) grupo de renda 1 por transporte individual; 3) grupo de renda 2 por transporte público; e 4) grupo de renda 2 por transporte individual. O próximo tópico trabalhará com cada um destes grupos.

6.8 Aplicação do indicador de acessibilidade e das medidas de equidade para o transporte público e individual motorizado

Esta etapa de aplicação considera todos os dados e informações obtidos nas etapas anteriores. De acordo com El-Geneidy et al. (2016), estudos que utilizam a média de acessibilidade a oportunidades cumulativas adotam o limite de tempo de 45 ou 60 minutos. Porém, adotou-se aqui uma maior variação de tempo: 20, 30, 40, 60 e 90 minutos, sendo este último o tempo máximo de viagem registrado na maioria dos casos.

Os tempos médios foram extraídos da matriz expandida da Pesquisa O-D, ou seja, não foram determinados com base no centroide de cada zona, mas sim a partir de uma pesquisa declarada. Isso indica que embora haja uma tendência à agregação nos resultados, os dados considerados para tratamento e aplicação do indicador de acessibilidade foram desagregados.

Em relação aos custos foram 2.000, 2.420, 2.840, 4.000 e 6.000 pesos colombianos; valores esses que foram definidos a partir das tarifas adotadas pelo sistema de metrô local no ano base de 2017. Além do sistema de metrô, a empresa gerencia os sistemas pelos meios de transporte VLT (tranvia), BRT (metroplús) e teleférico (metocable). Para cada resposta, atribuímos o custo de acordo com o meio de transporte contido na resposta, e apenas em seguida que houve a expansão da matriz.

Para os custos por meio do transporte individual, devido não haver na pesquisa o valor pago com estacionamento (uma quantidade irrisória de pessoas respondeu a essa pergunta), bem como os custos variáveis, a exemplo da depreciação do veículo. Assim, assumiu-se que a cada 10 km rodados corresponde a 1 litro de gasolina (preço do mês de fevereiro do ano base 2017). De acordo com o Ministério de Minas e Energia da Colômbia, o preço do galão (3,8 litros) era de COP 8.143. Para os cálculos foi considerado o número de viagens para as matrizes OD expandidas de cada situação que será trabalhada, citadas na etapa 6.

Ressalva-se que neste primeiro momento é calculada a acessibilidade real, mostrando os empregos que realmente foram acessados pelos trabalhadores em determinado período e a certo custo de viagem. Essa análise permite identificar áreas prioritárias para a implementação de melhorias no sistema de transporte, pois pode ocorrer do poder público trabalhar em áreas

que precisam de menos investimento, enquanto outras com maior demanda fiquem sem as devidas ações necessárias.

Ocorreu de algumas células apresentarem “0 empregos acessados” entre algumas zonas (comunas), que se deu porque não houve registro de trajetos entre elas, ou por realmente não ter tido esse acesso com o tempo ou o custo de viagem trabalhado. Isso implica que algumas zonas teriam potencialidade de acessar uma maior quantidade de empregos do que a quantificada nesta aplicação. Neste contexto, em um segundo momento será calculada a acessibilidade potencial, para verificar a diferença entre os índices de equidade (Índice de Gini) para cada situação trabalhada (fatores de impedância custo e tempo de viagem).

Das 336 possíveis relações na matriz 16x21 (16 comunas x 16 comunas e 5 corregimientos), ocorreram 272 registros, mostrando que não houve registro de deslocamento entre algumas zonas nos dados registrados na pesquisa O-D. Esse comportamento influencia na dispersão dos trajetos entre zonas, conforme é possível perceber na aplicação dos indicadores de acessibilidade a oportunidades e do índice de equidade vertical. À medida que grupos menores foram sendo analisados, esse valor apresentou decréscimo. A tabela 16 mostra a porcentagem de empregos acessados para cada tempo estabelecido, e o número de relações existentes, por grupo trabalhado.

Tabela 16- Porcentagem de empregos acessados por cada grupo, por tempo e custo de viagem

Grupo/Tempo	Grupo de renda 1 - TP	Grupo de renda 1 - TI	Grupo de renda 2 - TP	Grupo de renda 2 - TI
20 minutos	4,21%	22,68%	2,70%	18,56%
30 minutos	7,68%	58,50%	14,72%	62,12%
40 minutos	30,44%	86,47%	34,87%	87,39%
60 minutos	81,07%	99,77%	83,87%	99,54%
90 minutos	99,78%	100%	99,23%	100%
COP 2.000 (USD 0,58)	22,27%	76,32%	20,34%	77,67%
COP 2.420 (USD 0,70)	70,22%	85,90%	76,36%	86,80%
COP 2.840 (USD 0,83)	82,47%	92,62%	87,51%	94,79%
COP 4.000 (USD 1,16)	99,79%	99,26%	99,64%	95,83%
COP 6.000 (USD 1,74)	100%	100%	100%	97,04%
Deslocamentos (16x21)	193	185	160	169

Fonte: Elaboração própria (2020).

Há uma maior dispersão nos deslocamentos dos trabalhadores pertencentes ao grupo de renda 1 (possíveis beneficiários do auxílio transporte), mostrando que os empregos para os trabalhadores do grupo de renda 2 estão mais concentrados em determinadas comunas. Para a zona rural, há 37 tipos de deslocamentos para o grupo de renda 1 e 13 para o grupo de renda 2. Os trabalhadores do grupo de renda 2 se deslocam de forma mais frequente por transporte

individual motorizado do que por transporte público, enquanto para o grupo de renda 1 tem-se maior uso do transporte público.

Outra observação importante é a diferença no percentual de empregos acessados por transporte público e por transporte individual, mesmo pertencendo ao mesmo grupo de renda. A acessibilidade a empregos, a Curva de Lorenz, o cálculo do Índice de Gini foram feitos para cada um dos grupos definidos na etapa 6, com os resultados mostrados nas figuras 12 e 13. A curva de Concentração foi calculada por modo de transporte, sem haver a separação por grupo populacional. Os tempos e custos médios de viagem que são citados referem-se ao encontrado após a expansão da matriz O-D.

Grupo de renda 1 – Transporte público

Com os tempos de deslocamento de 20 e de 30 minutos, o percentual médio de empregos acessados é 4,21% e 7,68%, respectivamente, tendo um crescimento significativo apenas com o tempo de 60 minutos, passando para 81,07%. O tempo médio de viagem do grupo é de 53 minutos. Os valores dos índices de Gini para o tempo de 20 minutos apresenta um valor próximo a 1 (0,834), que é de inequidade perfeita. O valor é quase nulo para o tempo de 60 minutos, em que a maioria dos indivíduos consegue chegar ao local de trabalho. Em relação ao custo de viagem, tem-se que a partir do valor de 2.420 pesos colombianos, mais da metade dos empregos são acessados (70,22%). O custo médio de viagem é de 2.506 pesos colombianos.

Grupo de renda 1 – Transporte individual

Há diferença no acesso aos empregos entre os indivíduos que utilizam o transporte público e o individual. Neste segundo caso, com 20 minutos de tempo de viagem, 22,68% dos empregos são acessados. Para este grupo, o valor do índice de Gini é de 0,276 para o deslocamento de 30 minutos. O tempo médio de viagem é de 30 minutos. Com a menor tarifa de transporte público local (2.000 pesos colombianos), tem-se 76,32% de acesso. O custo médio de viagem é de 1.661 pesos colombianos.

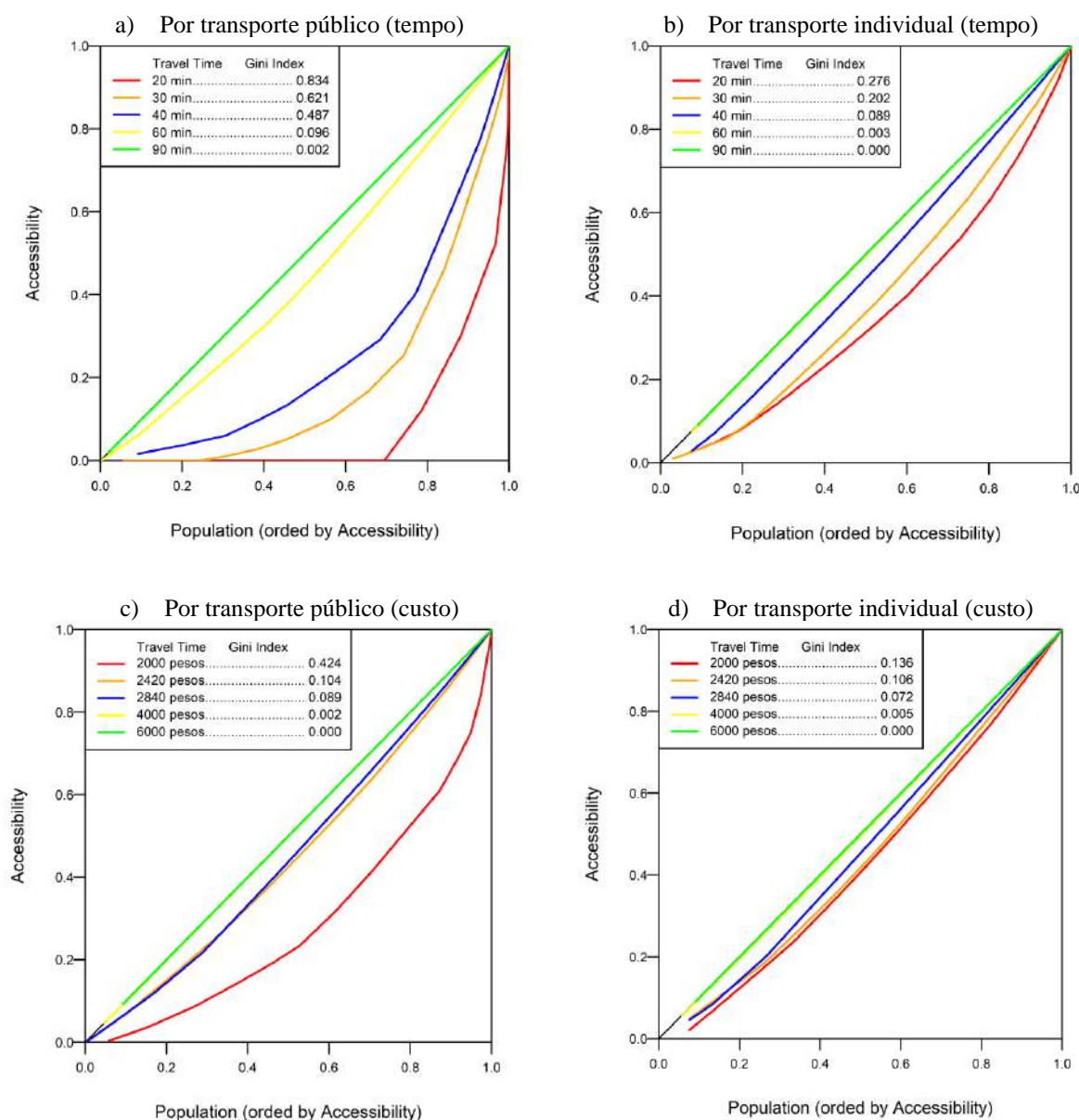


Figura 12- Índice de Gini para o grupo de renda 1 em relação ao tempo e ao custo de viagem

Fonte: Elaboração própria (2019).

Grupo de renda 2 – Transporte público

O acesso aos empregos em até 20 minutos é de 2,70%, e quando se adota 30 minutos a porcentagem passa a ser de 14,72%, sendo o grupo com o menor número de deslocamentos. O tempo médio de viagem é de 51 minutos. Os valores dos índices de Gini para os tempos de 20 e 30 minutos são 0,755 e 0,612, respectivamente, e de 0,425 para o tempo de 40 minutos. Considerando o custo de viagem, com uma tarifa de 2.000 pesos colombianos, apenas 20,34% dos empregos são acessados, passando para 76,36% quando o valor sobe para 2.420 pesos colombianos. O custo médio de viagem é de 2.452 pesos colombianos.

Grupo de renda 2 – Transporte individual

Este grupo tem um acesso a empregos com o tempo de 20 minutos de 18,56% e 62,12% com o tempo de 30 minutos. Isso reflete na diferença entre os índices de Gini, passando de 0,545 para 0,177. O resultado indica que esse perfil de trabalhador não se desloca para lugares muito próximos de sua residência, mas a uma distância razoável, sendo possível acessar 87,39% dos empregos em até 40 minutos. O tempo médio de viagem é de 33 minutos. Sobre o custo de viagem, com apenas 2.000 pesos colombianos tem-se um acesso de 77,67%, valor próximo ao do grupo de renda 1. O custo médio de viagem é de 1.531 pesos colombianos.

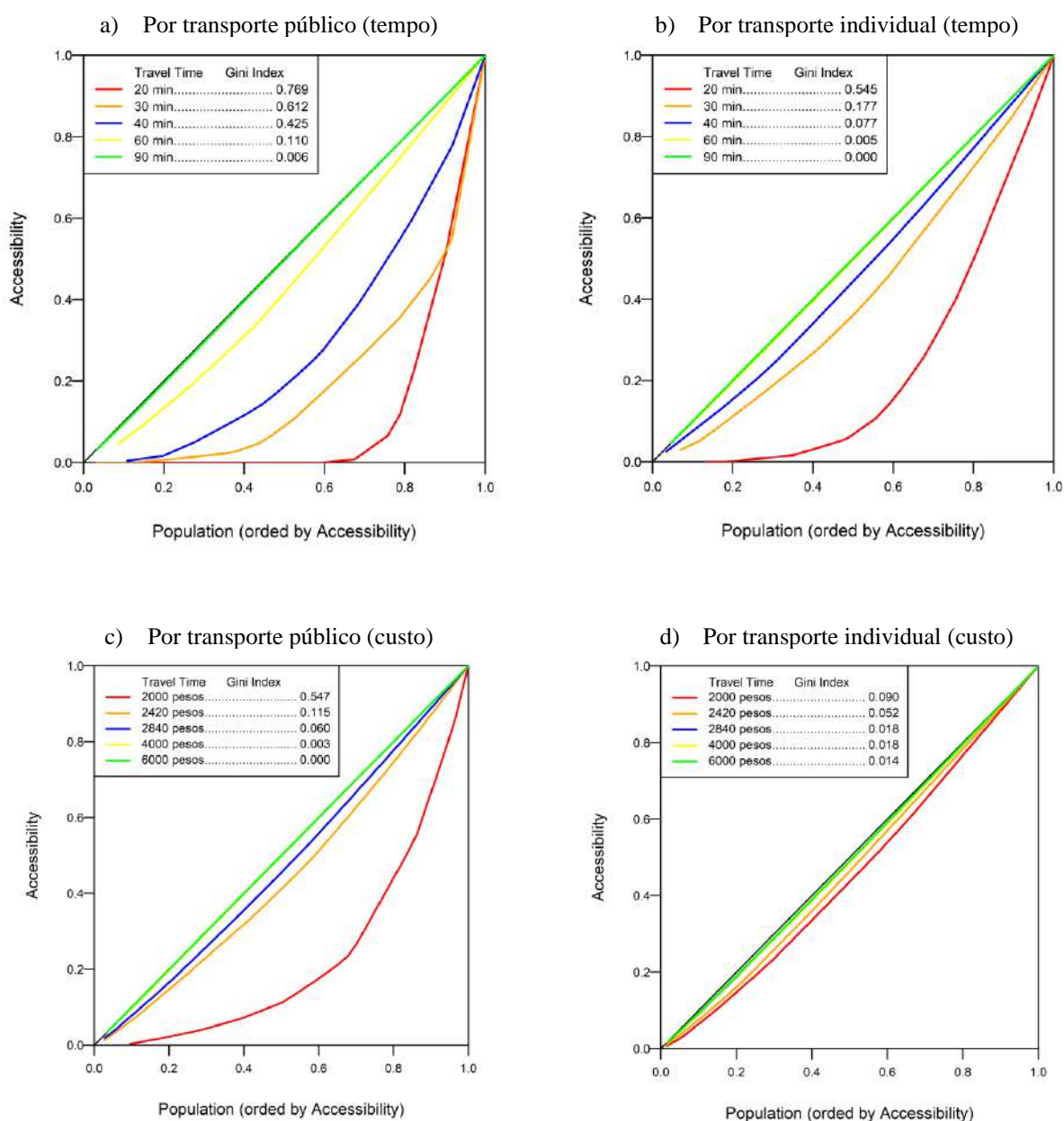


Figura 13- Índice de Gini para o grupo de renda 2 em relação ao tempo e ao custo de viagem

Fonte: Elaboração própria (2019).

As figuras 14 e 15 trazem o gráfico dos valores apresentados nas figuras 12 e 13, permitindo visualizar a diferença dos valores por grupo trabalhado e por modo de transporte, para os tempos de 20, 30, 40 e 60 minutos, e os custos de 2.000, 2.420, 2.840 e 4.000 pesos colombianos, e assim melhor compará-los.

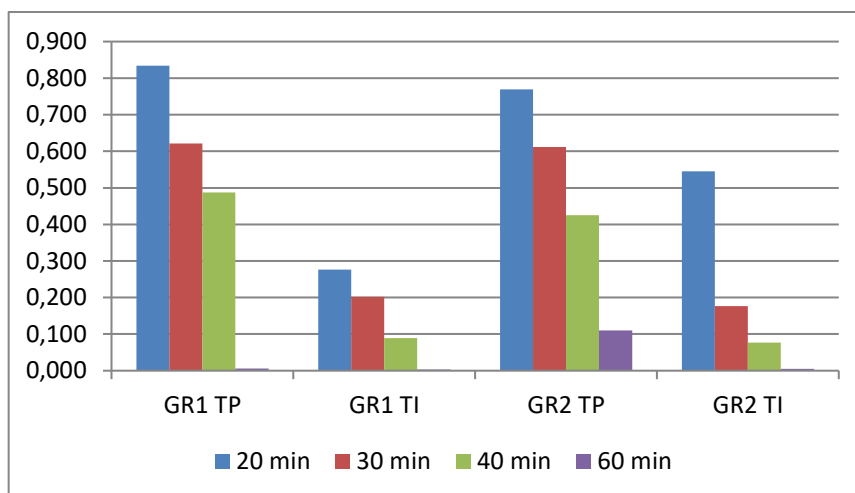


Figura 14 - Comparativo entre os Índices de Gini por tempo de viagem
Fonte: Elaboração própria (2019).

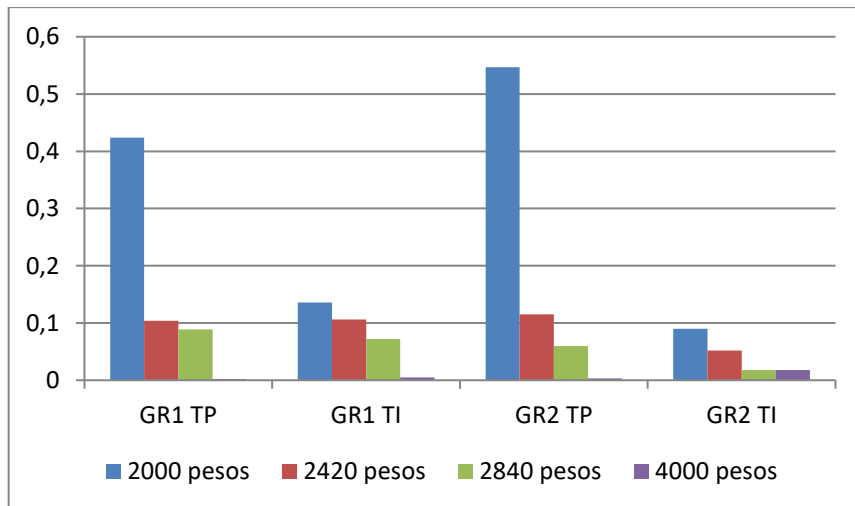


Figura 15 - Comparativo entre os Índices de Gini por custo de viagem
Fonte: Elaboração própria (2019).

A partir do comportamento dos gráficos observados nas figuras 14 e 15, percebe-se a diferença na equidade entre os modos de transporte individual e público, independente do grupo populacional a qual pertença.

Em seguida, foi calculada a razão entre os Índices de Gini de cada grupo populacional (mostrados nas figuras 12 e 13), por modo de transporte, na cidade de Medellín-CO, e estão distribuídos na Tabela 17.

Tabela 17- Razão dos Índices de Gini para a acessibilidade a empregos em relação ao tempo e custo de viagem

Meio de transporte	Tempo	Razão GR1/GR2	Razão TP/TI (GR1)	Razão TP/TI (GR2)	Custo	Razão – GR1/GR2	Razão TP/TI (GR1)	Razão TP/TI (GR2)
Transporte público	20 minutos	1,08	3,02	1,41	COP 2.000	0,775	3,12	6,08
Transporte individual		0,51				1,511		
Transporte público	30 minutos	1,01	3,07	3,46	COP 2.420	0,904	0,98	2,21
Transporte individual		1,14				2,038		
Transporte público	40 minutos	1,15	0,55	5,52	COP 2.840	1,483	1,24	3,33
Transporte individual		11,56				4,0		
Transporte público	60 minutos	0,05	2,00	22,00	COP 4.000	0,667	0,40	0,17
Transporte individual		0,60				0,278		

Fonte: Elaboração própria (2020).

As razões mostradas na tabela 22 mostram que:

- Por transporte público, para o fator de impedância tempo de viagem, o grupo de renda 1 apresenta um menor índice de Gini do que o grupo de renda 2, com exceção das viagens com 60 minutos de deslocamento. Porém, para o fator de impedância custo de viagem, ele contribui mais com uma melhor equidade nos acessos aos empregos, com exceção das viagens com o custo de 2.840 pesos colombianos.
- Por transporte individual, para o fator de impedância tempo de viagem, o grupo de renda 1 foi mais satisfatório para os tempos de 20 e 60 minutos de viagem. Em relação ao custo de viagem, o grupo de renda 2 foi mais equitativo, com exceção para as viagens a 4.000 pesos colombianos.
- Quando se analisa por modo de transporte, o transporte individual é consideravelmente mais equitativo do que o público. As exceções para o grupo de renda 1 foram para o tempo de 40 minutos de viagem e aos custos de 2.420 e 4.000 pesos colombianos. Para o grupo de renda 2, a única exceção foi para o custo de viagem de 4.000 pesos colombianos.

Em relação às curvas de concentração, a variável de classificação utilizada foi a renda per capita por comuna, tendo como fonte de dados a Alcaldia de Medellín (ALCÁDIA DE MEDELLÍN, 2018).

Para esta aplicação não foi feita a divisão por grupo de renda, mas apenas por modo de transporte. Isso se deu ao fato de que o propósito seria analisar o comportamento da acessibilidade a empregos variando de acordo com a renda per capita por comuna.

A figura 16 mostra as curvas de concentração para o fator de impedância tempo de viagem, para os modos de transporte público e individual, respectivamente.

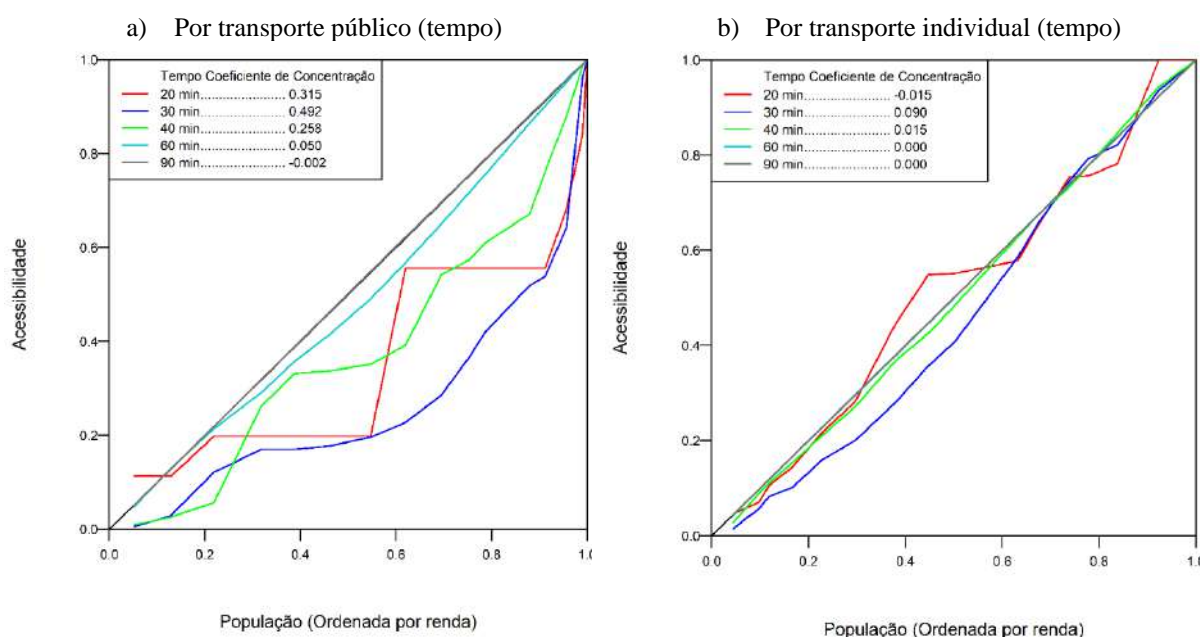


Figura 16- Curvas de concentração em relação ao tempo de viagem

Fonte: Elaboração própria (2021).

A partir da análise da figura 16 pode-se constatar que para o transporte público há uma certa variação ao longo da curva na acessibilidade para os deslocamentos de duração de até 20 minutos (coeficiente 0.315), sendo inclusive mais equitativo do que para o tempo de viagem de 30 minutos (coeficiente 0.492). Porém, este último não apresenta a mesma oscilação. Para o tempo de 40 minutos também se percebe uma oscilação, mas com a curva mais próxima à linha de equidade (coeficiente 0.258). O sistema apresenta bom coeficiente (0.050) para o tempo de 60 minutos, e favorável para os deslocamentos de 90 minutos (coeficiente -0,002).

Por outro lado, para o transporte individual motorizado o tempo de viagem de 20 minutos é favorável para a população de menor renda (coeficiente 0.015), visto que em determinado momento a curva ultrapassa a linha de 45 graus. Todos os demais tempos de

viagem trabalhados apresentaram um baixo valor do coeficiente, comprovando que o transporte individual motorizado é equitativo no município de Medellín.

A figura 17 mostra as curvas de concentração para o fator de impedância custo de viagem, por modo de transporte.

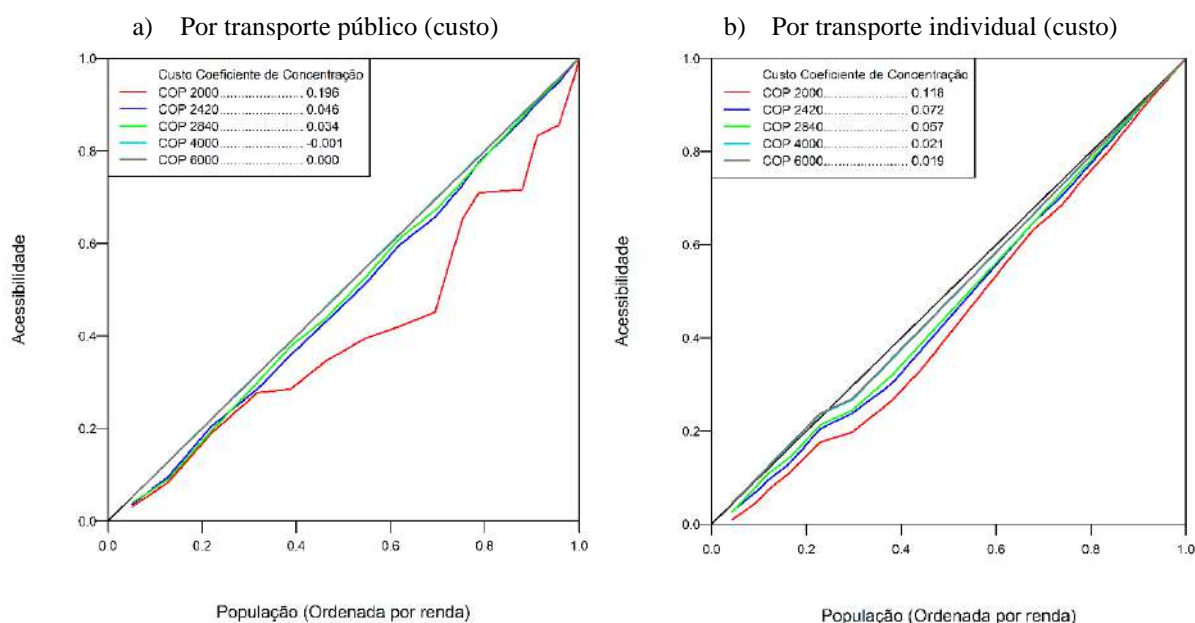


Figura 17- Curvas de concentração em relação ao custo de viagem

Fonte: Elaboração própria (2021).

Na análise das curvas de concentração em relação ao custo de viagem (figura 17), os resultados para o transporte público diferem dos valores de índice de Gini encontrados, pois neste caso apenas para o custo de viagem de 2000 pesos colombianos que se verifica certa inequidade, mas ainda apresentando um valor baixo (coeficiente 0.196). Para o transporte individual motorizado, o maior valor de coeficiente de concentração encontrado foi também para o custo de viagem de 2000 pesos colombianos (coeficiente 0,018), porém muito próximo da linha de 45 graus. Para os demais custos de viagem, para ambos os modos de transporte, os valores dos coeficientes foram próximos a 0 (equidade perfeita).

A etapa 8 (tópico 6.9) analisa os resultados de forma mais detalhada.

6.9 Análise e discussão dos resultados

A análise do transporte individual é pertinente no caso de Medellín-CO porque na Colômbia o auxílio transporte (subsídio tarifário) é ofertado mensalmente como um incremento na remuneração do trabalho, se diferenciando do vale-transporte no Brasil, que é oferecido como recarga no cartão de bilhetagem eletrônica de transporte público.

Assim, assume-se que isso também influenciou os trabalhadores que tinham opções de escolha modal, seja entre o público e o privado, e em qual tipo de transporte público, visto que a cidade dispõe de várias opções e com preços distintos. A divisão foi feita entre os possíveis beneficiários e os não beneficiários da política de subsídios tarifários adotada no município de Medellín-CO, que são o grupo de renda 1 e o grupo de renda 2, respectivamente.

6.9.1 Grupo de renda 1

Analisando os dados demográficos e socioeconômicos, destaca-se que as comunas La Candelária e El Poblado detêm aproximadamente 50% do total de empregos da cidade; Popular tem uma população elevada, mas é distante geograficamente destas comunas, e por isso acessa mais empregos com um maior tempo de viagem (a partir de 40 minutos); e as comunas Robledo e Villa Hermosa têm 285.678 habitantes, e assim como Guayabal, são próximas da área central da cidade (La Candelária).

As tabelas 18 e 19, e as figuras 18 e 19, mostram a porcentagem dos empregos acessados, para cada modo de transporte, discriminada por comuna, para o fator de impedância tempo de viagem.

Tabela 18- Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR1)

COMUNA	20 min	30 min	40 min	60 min
Aranjuez	1,41%	3,31%	15,02%	99,51%
Belen	0,00%	0,53%	14,86%	96,30%
Buenos Aires	0,00%	0,00%	51,00%	80,95%
Castilla	0,00%	9,90%	9,90%	99,52%
Doce de Octubre	0,00%	1,49%	3,99%	73,30%
El Poblado	48,50%	48,50%	48,50%	48,50%
Guayabal	0,00%	16,49%	68,26%	97,76%
La America	4,64%	9,19%	69,25%	99,22%
La Candelaria	0,00%	11,24%	65,51%	90,07%
Laureles-Estadio	11,04%	11,04%	30,81%	30,81%
Manrique	0,00%	6,96%	49,41%	70,72%
Popular	0,72%	0,72%	3,72%	57,48%
Robledo	0,00%	1,08%	10,84%	89,01%
San Javier	0,00%	0,00%	26,92%	98,58%
Santa Cruz	1,02%	2,42%	14,27%	94,51%
Villa Hermosa	0,00%	0,00%	4,71%	70,94%

Fonte: Elaboração própria (2020).

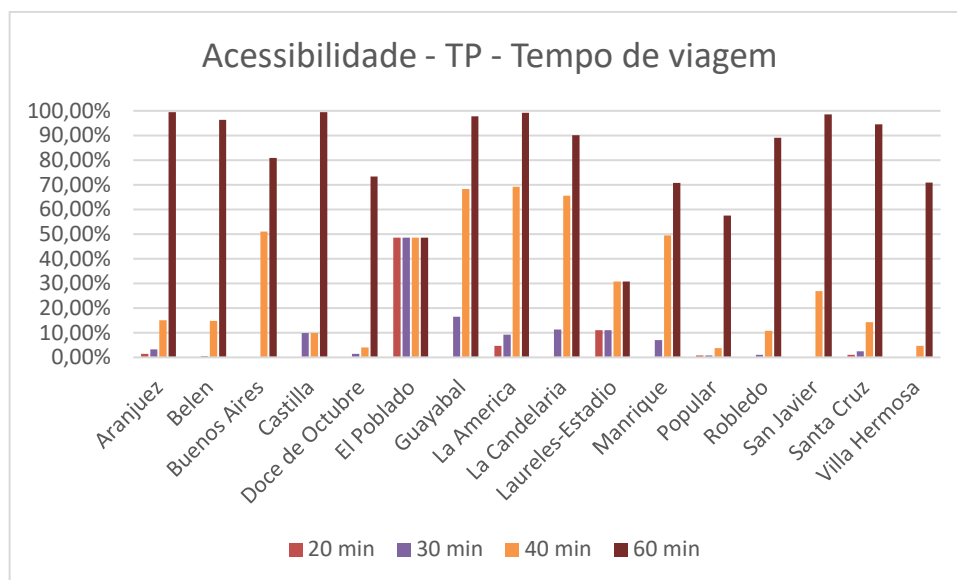


Figura 18 - Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR1)
Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 19- Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR1)

COMUNA	20 min	30 min	40 min	60 min
Aranjuez	13,96%	63,01%	87,35%	100,00%
Belen	17,71%	66,14%	96,24%	100,00%
Buenos Aires	30,73%	77,58%	88,39%	100,00%
Castilla	25,44%	78,50%	96,80%	100,00%
Doce de Octubre	21,34%	52,05%	92,74%	100,00%
El Poblado	38,47%	59,67%	93,86%	100,00%
Guayabal	38,75%	95,71%	99,00%	100,00%
La America	34,53%	79,20%	100,00%	100,00%
La Candelaria	52,81%	59,10%	94,20%	100,00%
Laureles-Estadio	16,75%	93,51%	95,21%	100,00%
Manrique	7,79%	22,19%	65,14%	100,00%
Popular	15,98%	20,87%	31,65%	96,39%
Robledo	9,69%	40,98%	86,44%	100,00%
San Javier	15,44%	53,82%	81,52%	100,00%
Santa Cruz	16,64%	18,44%	88,57%	100,00%
Villa Hermosa	6,92%	55,23%	86,42%	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2020).

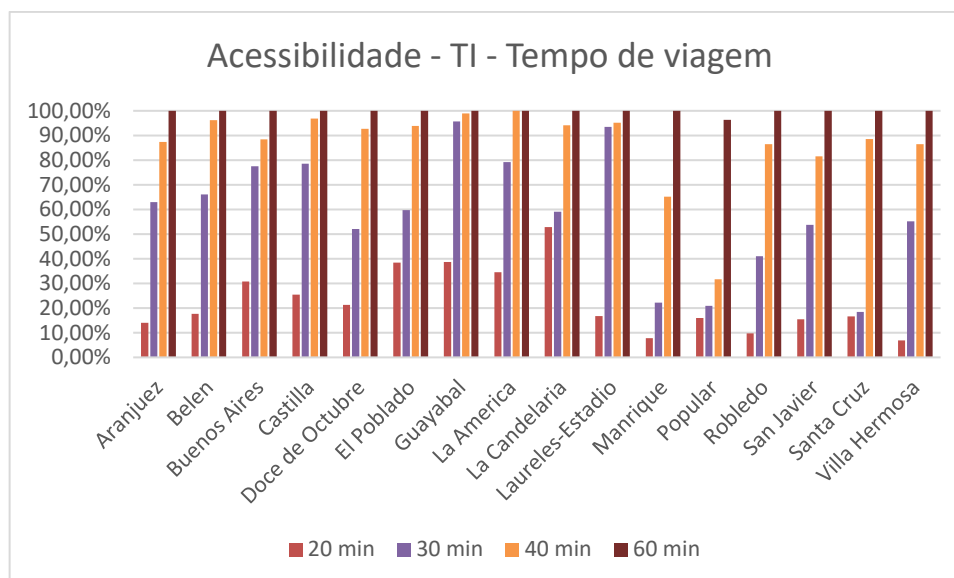


Figura 19 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR1)
Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o transporte público e o tempo de viagem de 20 minutos, apenas as comunas Aranjuez, El Poblado, La America, Laureles-Estadio, Popular e Santa Cruz tiveram registro de viagens; com o tempo de 30 minutos, as comunas Buenos Aires, San Javier e Villa Hermosa permaneceram sem acesso a empregos (ou seja, não houve registros de viagens na Pesquisa Origem Destino). Para o modo de transporte individual, todas as comunas tiveram registro a partir do tempo de viagem de 20 minutos.

Uma observação a ser feita é que a comuna El Poblado, no tempo de 20 minutos de viagem por transporte público, acessou a maior porcentagem de empregos (48,50%). Porém, ela tem o menor número de viagens para esse grupo populacional que se deslocou por transporte público. Por transporte individual, a comuna La Candelaria alcançou 52,81%. Com o tempo de 40 minutos, quatro comunas continuaram apresentando uma baixa porcentagem no acesso aos empregos: Popular (3,72%), Doce de Octubre (3,99%), Villa Hermosa (4,71%) e Castilla (9,9%).

As tabelas 20 e 21, e as figuras 20 e 21, mostram a porcentagem dos trabalhadores que alcançaram os empregos, para cada modo de transporte, discriminada por comuna, para o fator de impedância custo de viagem.

Tabela 20- Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR1)

COMUNA	COP 2000	COP 2420	COP 2840	COP 4000
Aranjuez	3,73%	79,57%	100,00%	100,00%
Belen	19,15%	87,82%	87,82%	97,33%
Buenos Aires	0,70%	51,66%	60,09%	100,00%
Castilla	10,27%	70,82%	89,63%	100,00%
Doce de Octubre	4,75%	64,73%	90,52%	100,00%
El Poblado	93,61%	93,61%	100,00%	100,00%
Guayabal	41,10%	92,93%	92,93%	100,00%
La America	21,62%	86,77%	86,77%	100,00%
La Candelaria	63,86%	75,94%	100,00%	100,00%
Laureles-Estadio	41,47%	41,47%	41,47%	100,00%
Manrique	12,78%	58,48%	86,34%	100,00%
Popular	6,85%	45,79%	68,37%	100,00%
Robledo	12,78%	68,72%	68,72%	100,00%
San Javier	6,15%	68,53%	95,43%	99,36%
Santa Cruz	11,79%	81,47%	92,73%	100,00%
Villa Hermosa	5,79%	55,24%	58,70%	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2020).

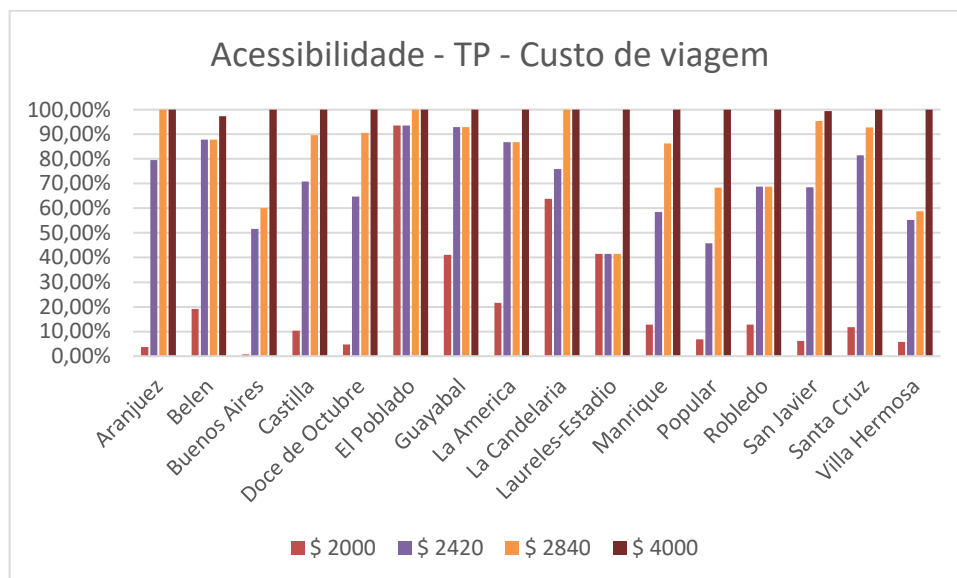


Figura 20 - Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR1)

Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 21- Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR1)

COMUNA	COP 2000	COP 2420	COP 2840	COP 4000
Aranjuez	83,03%	86,99%	100,00%	100,00%
Belen	77,92%	100,00%	100,00%	100,00%
Buenos Aires	92,49%	98,97%	98,97%	100,00%
Castilla	74,88%	80,58%	98,88%	98,88%
Doce de Octubre	60,42%	60,42%	79,89%	100,00%
El Poblado	84,44%	88,97%	95,11%	100,00%
Guayabal	95,71%	100,00%	100,00%	100,00%
La America	83,14%	93,05%	100,00%	100,00%
La Candelaria	94,43%	94,43%	100,00%	100,00%
Laureles-Estadio	98,31%	98,31%	98,31%	100,00%
Manrique	58,50%	61,67%	61,67%	95,53%
Popular	20,10%	54,36%	54,36%	98,24%
Robledo	80,96%	98,27%	98,27%	98,27%
San Javier	73,24%	98,13%	98,13%	99,07%
Santa Cruz	81,64%	81,64%	98,97%	98,97%
Villa Hermosa	62,00%	78,59%	99,29%	99,29%

Fonte: Elaboração própria (2020).

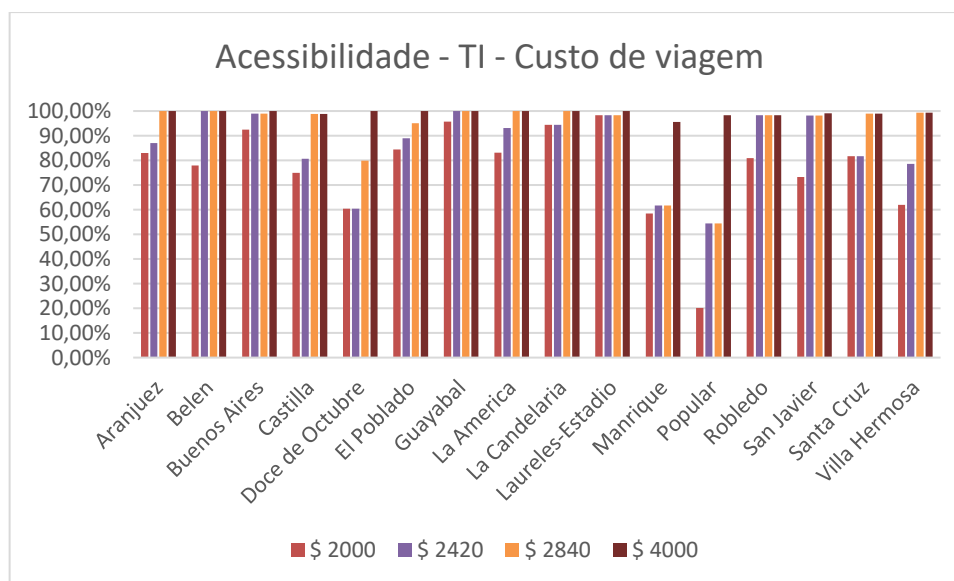


Figura 21 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR1)

Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o fator de impedância custo de viagem, por transporte público, a comuna que apresentou o maior percentual de empregos acessados com o valor de 2.000 pesos colombianos foi El Poblado, que é uma área nobre da cidade, com 93,61%; seguindo, teve-se a comuna La Candelária (área central), com 63,86%; Laureles-Estadio (41,47%) e Guayabal (41,10%). As demais tiveram um acesso a empregos inferior a 20%. Quando se trabalha com o valor de 2.420

pesos colombianos, muitas Comunas apresentam uma melhoria significativa nesses acessos, como por exemplo Aranjuez (3,73% para 79,57%), Santa Cruz (11,79% para 81,47%) e Belen (19,15% para 87,82%).

Para o transporte individual, considerando o gasto com o preço da gasolina, como já mencionado anteriormente, as comunas com menor percentual de acesso são Popular (20,10%), Manrique (58,50%), Doce de Octubre (60,42%) e Villa Hermosa (62,00%). As demais apresentam um percentual superior a 70% de acesso.

Assim, é possível fazer duas observações sobre a equidade vertical para o grupo de renda 1, são elas:

- Para o fator de impedância tempo de viagem, o transporte público apresenta um maior nível de desigualdade social comparado ao transporte individual, vindo a se aproximar apenas com o tempo de viagem de 60 minutos. Isso mostra que o tempo é realmente um importante fator de impedância para o acesso a empregos para a cidade de Medellín-CO.
- Para o fator de impedância custo de viagem, o índice de Gini é discrepante entre os modos de transporte para o valor de 2.000 pesos colombianos. Para os demais custos de viagem, os resultados são aproximados.

6.9.2 Grupo de renda 2

Para o fator de impedância tempo de viagem, tem-se que os valores do índice de Gini são mais elevados para o transporte público do que para o individual, com os valores se aproximando apenas para o tempo de viagem de 60 minutos, similar ao que ocorreu com o grupo de renda 1. A diferença neste caso é que os usuários do grupo de renda 2 apresentam um nível de desigualdade social menor do que o grupo de renda 1 para o transporte público, e maior para o transporte individual. Provavelmente a escolha por utilizar o transporte público se dê também pela distância em relação ao seu local de trabalho e pela renda do usuário, considerando que longas distâncias acarretam um maior consumo de combustível, bem como a possibilidade de pagar pelo estacionamento e os possíveis congestionamentos enfrentados durante o trajeto.

As tabelas 22 e 23 e as figuras 22 e 23, mostram a porcentagem dos trabalhadores que alcançaram os empregos, para cada modo de transporte, discriminada por comuna, para o fator de impedância tempo de viagem.

Tabela 22- Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR2)

COMUNA	20 min	30 min	40 min	60 min
Aranjuez	9,37%	9,37%	50,37%	73,27%
Belen	11,13%	13,91%	17,91%	100,00%
Buenos Aires	15,07%	15,07%	52,61%	97,20%
Castilla	0,28%	14,37%	14,37%	97,40%
Doce de Octubre	0,00%	3,03%	61,32%	89,91%
El Poblado	0,00%	29,32%	29,32%	100,00%
Guayabal	0,00%	11,14%	28,75%	97,09%
La America	0,00%	19,13%	61,07%	93,61%
La Candelaria	0,00%	5,23%	18,43%	98,51%
Laureles-Estadio	2,15%	83,57%	91,43%	100,00%
Manrique	0,00%	1,72%	43,59%	45,00%
Popular	0,00%	0,00%	35,05%	60,84%
Robledo	0,00%	1,35%	1,35%	68,56%
San Javier	0,00%	1,53%	20,85%	77,08%
Santa Cruz	0,00%	0,00%	4,67%	78,79%
Villa Hermosa	5,15%	26,80%	26,80%	64,66%

Fonte: Elaboração própria (2020).

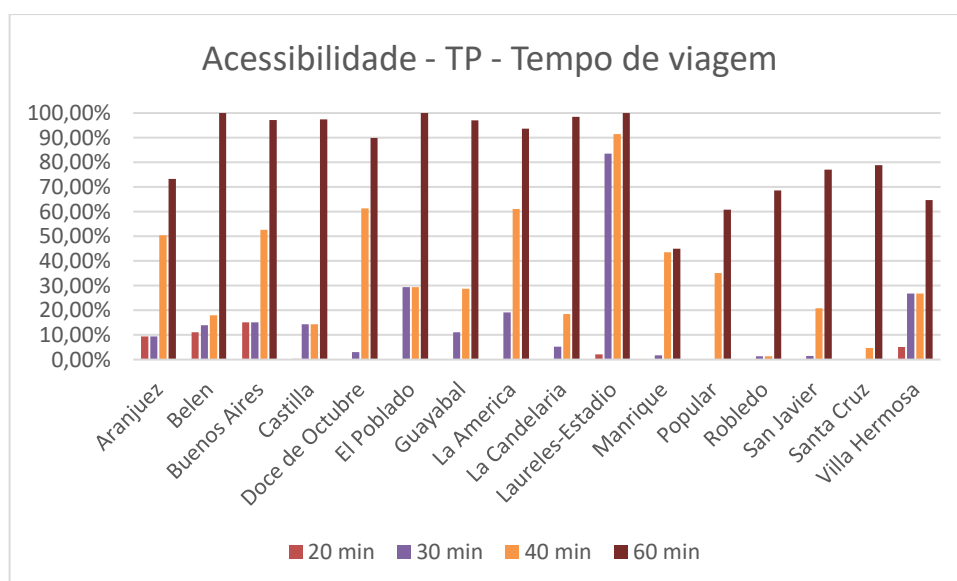


Figura 22 - Acessibilidade por comuna por transporte público por tempo de viagem (GR2)

Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 23 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR2)

COMUNA	20 min	30 min	40 min	60 min
Aranjuez	28,19%	28,19%	88,44%	100,00%
Belen	1,42%	79,55%	91,29%	100,00%
Buenos Aires	4,83%	68,79%	73,15%	100,00%
Castilla	34,37%	61,25%	71,14%	100,00%
Doce de Octubre	40,87%	58,57%	100,00%	100,00%
El Poblado	0,00%	50,04%	67,20%	97,36%
Guayabal	21,61%	90,38%	98,62%	100,00%
La America	4,37%	47,03%	95,45%	100,00%
La Candelaria	0,00%	91,87%	99,64%	100,00%
Laureles-Estadio	37,48%	80,37%	100,00%	100,00%
Manrique	16,03%	44,80%	65,06%	100,00%
Popular	6,22%	46,22%	80,48%	100,00%
Robledo	10,66%	27,04%	89,00%	97,02%
San Javier	26,77%	47,41%	78,79%	98,19%
Santa Cruz	44,79%	100,00%	100,00%	100,00%
Villa Hermosa	19,31%	72,44%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2020).

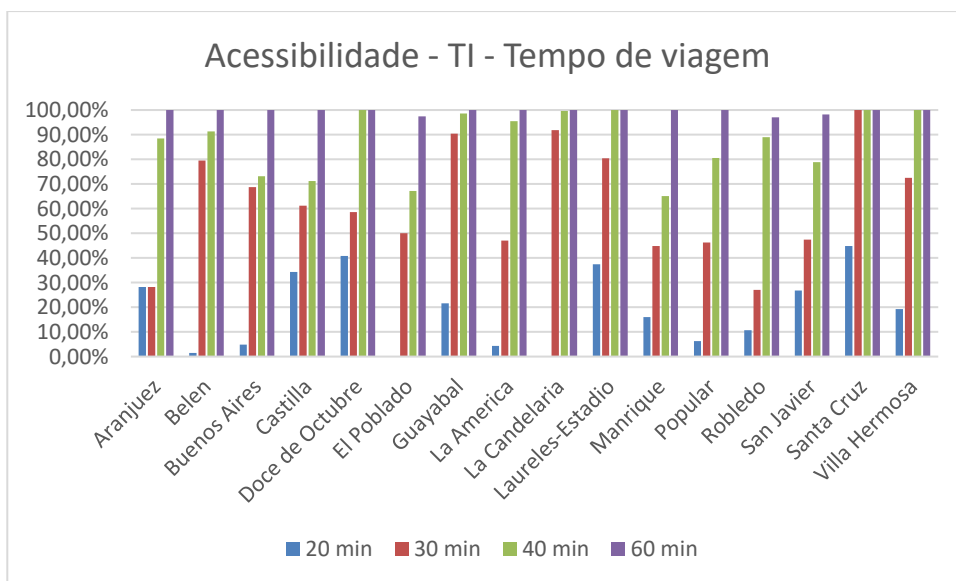


Figura 23 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por tempo de viagem (GR2)

Fonte: Elaboração própria (2020).

No tempo de 20 minutos, apenas as comunas Aranjuez, Belen, Buenos Aires, Castilla, Laureles-Estadio e Villa Hermosa registraram viagens, porém todas alcançando um baixo percentual dos empregos. Quando o tempo passa a ser de 30 minutos, apenas Manrique e Santa Cruz não registraram viagens por motivo trabalho. A comuna Robledo, até o tempo de 40 minutos, apresenta baixa acessibilidade (1,35%), mas com 60 minutos de viagem passa a

alcançar 68,56% dos empregos. O pior acesso com esse tempo de viagem é da comuna Manrique, com 45,0%. Destacam-se Belen, El Poblado e Laureles-Estadio, que alcançam 100% dos empregos com 60 minutos de viagem por transporte público.

Para o transporte individual, apenas as comunas El Poblado e La Candelaria não registraram viagens com o tempo de 20 minutos. Porém, com uma porcentagem de acesso inferior a 10%, têm-se as comunas Belen (1,42%), La America (4,37%), Buenos Aires (4,83%) e Popular (6,22%). Com o tempo de viagem de 30 minutos, houve uma grande melhoria no acesso aos empregos, em que apenas seis comunas tiveram porcentagem inferior a 50%: Robledo (27,04%), Aranjuez (28,19%), Manrique (44,80%), Popular (46,22%) e La America (47,03%).

As tabelas 24 e 25, e as figuras 24 e 25, mostram a porcentagem dos trabalhadores que alcançaram os empregos, para cada modo de transporte, discriminada por comuna, para o fator de impedância custo de viagem.

Tabela 24- Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR2)

COMUNA	COP 2000	COP 2420	COP 2840	COP 4000
Aranjuez	63,07%	78,16%	78,16%	100,00%
Belen	46,17%	89,06%	97,12%	100,00%
Buenos Aires	3,31%	66,73%	77,03%	100,00%
Castilla	0,54%	73,08%	91,26%	100,00%
Doce de Octubre	14,01%	81,70%	81,70%	100,00%
El Poblado	21,85%	63,27%	63,27%	97,28%
Guayabal	11,20%	91,44%	100,00%	100,00%
La America	4,34%	66,77%	84,46%	96,97%
La Candelaria	27,97%	98,44%	98,44%	100,00%
Laureles-Estadio	27,83%	94,84%	99,25%	100,00%
Manrique	2,71%	56,40%	85,48%	100,00%
Popular	50,15%	74,15%	95,06%	100,00%
Robledo	6,11%	63,83%	88,37%	100,00%
San Javier	4,67%	89,18%	98,42%	100,00%
Santa Cruz	10,28%	100,00%	100,00%	100,00%
Villa Hermosa	31,22%	34,81%	62,16%	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2020).

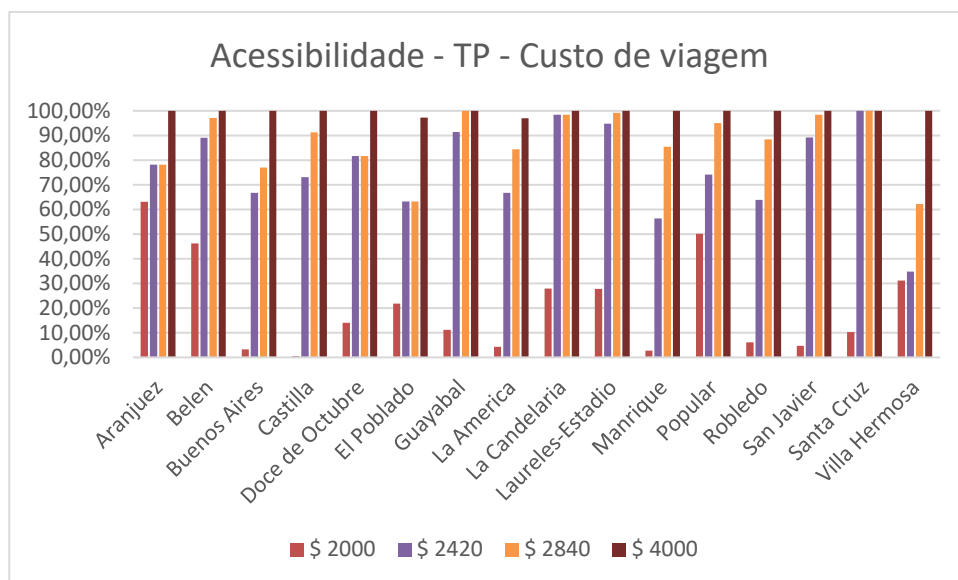


Figura 24 - Acessibilidade por comuna por transporte público por custo de viagem (GR2)
Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 25- Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR2)

COMUNA	COP 2000	COP 2420	COP 2840	COP 4000
Aranjuez	84,45%	96,69%	96,69%	96,69%
Belen	97,65%	97,65%	97,65%	100,00%
Buenos Aires	89,16%	93,22%	93,22%	93,22%
Castilla	64,33%	77,90%	95,29%	95,29%
Doce de Octubre	67,37%	72,63%	86,92%	91,49%
El Poblado	84,41%	91,67%	97,33%	100,00%
Guayabal	90,36%	99,40%	100,00%	100,00%
La America	83,34%	96,59%	97,62%	97,62%
La Candelaria	95,99%	95,99%	96,34%	96,34%
Laureles-Estadio	97,87%	98,56%	98,56%	98,56%
Manrique	75,29%	75,29%	98,66%	98,66%
Popular	34,90%	58,28%	86,22%	86,22%
Robledo	73,16%	95,37%	95,37%	95,37%
San Javier	71,96%	86,38%	86,38%	86,38%
Santa Cruz	84,84%	84,84%	97,43%	97,43%
Villa Hermosa	47,62%	68,34%	92,94%	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2020).

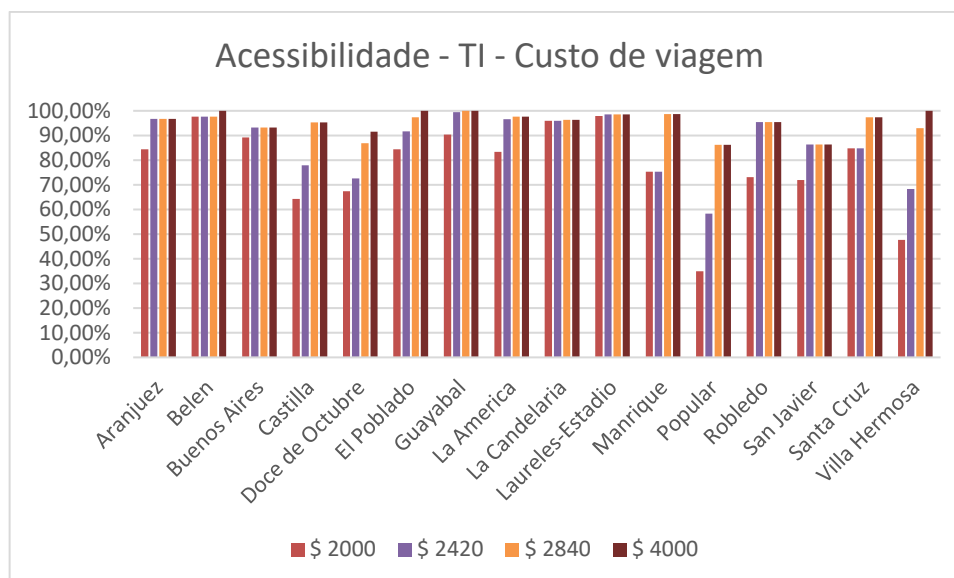


Figura 25 - Acessibilidade por comuna por transporte individual por custo de viagem (GR2)
Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o fator de impedância custo de viagem, em viagens por transporte público, a comuna que apresentou o maior percentual de empregos acessados com o valor de 2.000 pesos colombianos foi Aranjuez, com 63,07%; seguindo, teve-se as comunas Popular (50,15%), Belen (46,17%) e Villa Hermosa (31,22%). As demais tiveram um acesso aos empregos inferior a 30%. Quando se determina o valor de 2.420 pesos colombianos, com exceção da comuna Villa Hermosa (com acesso de 34,81%), todas as Comunas acessam mais que 50% dos empregos com esse custo de viagem.

Para o transporte individual, as comunas Popular e Villa Hermosa apresentam os menores percentuais de acesso aos empregos, com 34,90% e 47,62%, respectivamente. As demais têm valores superiores a 60%, destacando-se Laureles-Estadio (97,87%), Belen (97,65%) e La Candelaria (95,99%). A partir do valor de 2.840 pesos colombianos todas as comunas acessam mais de 90% dos empregos, com uma média de 94,79%.

6.9.3 Grupo de renda 1 x Grupo de renda 2

Para iniciar as comparações entre os grupos populacionais analisados nesta tese, as figuras 26 a 29 trazem mapas da cidade de Medellín, permitindo visualizar as diferenças das variáveis tempo e custo médio de viagem, por grupo de renda e discriminado por comuna. Foram consideradas todas as viagens de ida por motivo trabalho por transporte público e individual motorizado.

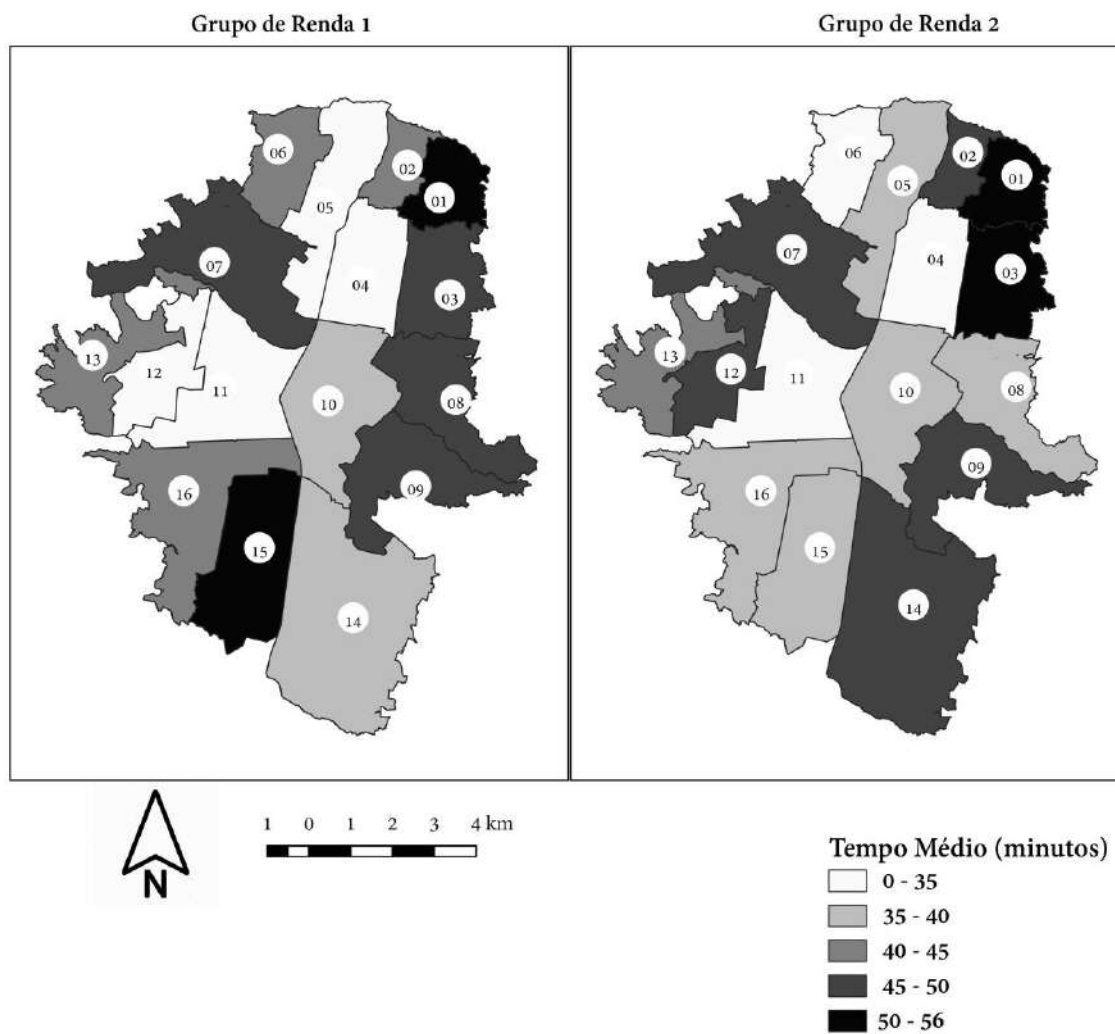


Figura 26- Tempo médio de viagem por grupo de renda por comuna
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Pesquisa Origem Destino Domiciliar 2017 (2020)

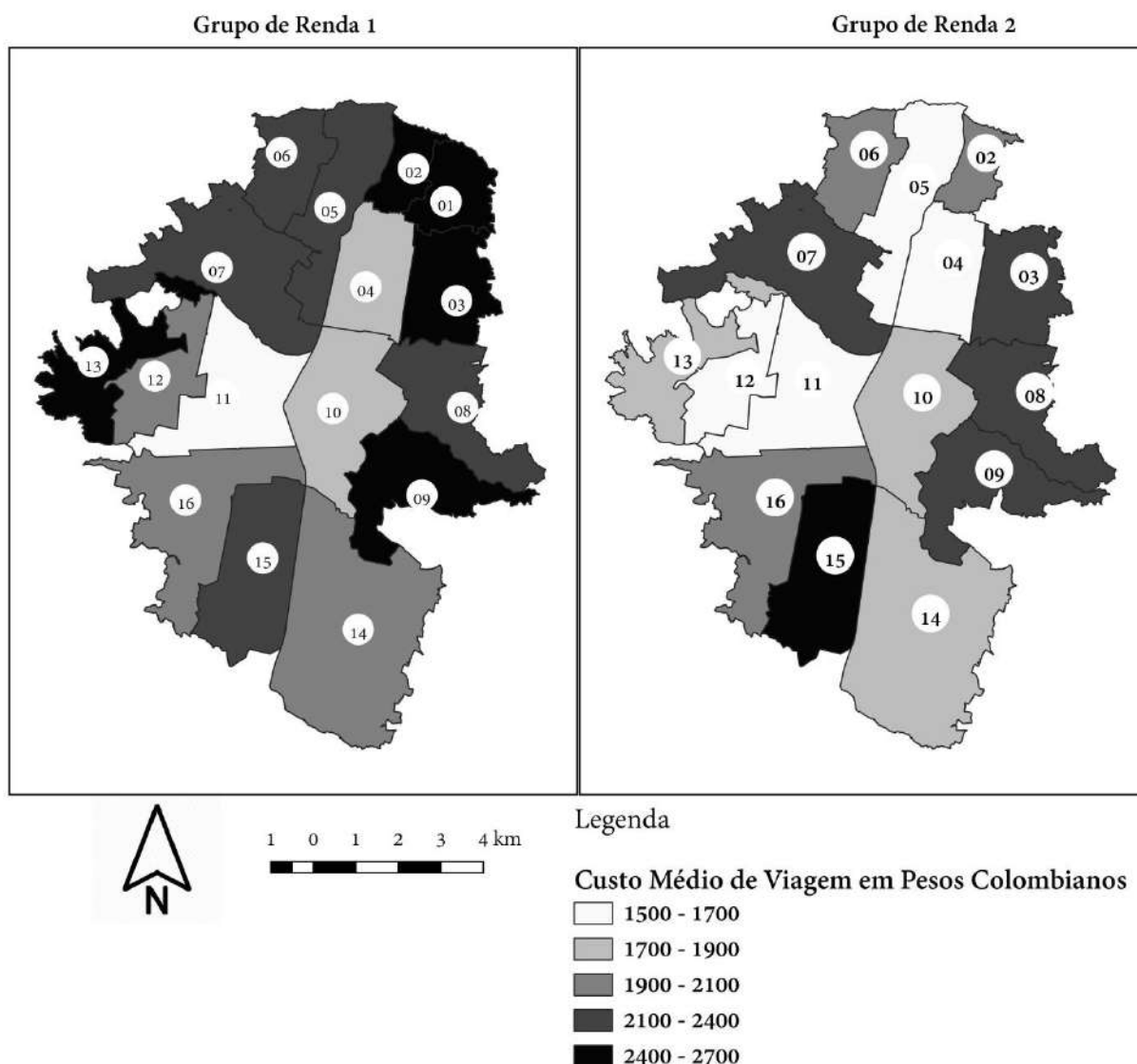


Figura 27- Custo médio de viagem por grupo de renda por comuna

Fonte: Elaboração própria (2020).

As comunas Popular (1), Manrique (3), Robledo (7), Villa Hermosa (8) e San Javier (13) têm os valores mais elevados de tempo médio de viagem; e o número de emprego ofertado nesses lugares é insuficiente para atender a população, havendo necessidade de deslocamento dos trabalhadores. As comunas Doce de Octubre (6), Villa Hermosa (8), Buenos Aires (9), La America (12) e Belen (16) são as que despendem maior tempo médio para serem alcançadas pelos trabalhadores. Porém, a quantidade de empregos destas comunas não é capaz de atender a população residente, o que faz com que não sejam os principais locais de trabalho do município. Em relação ao custo médio de viagem por transporte público, El Poblado (14) apresenta o maior valor médio (2.919 pesos colombianos), seguido das comunas Buenos Aires

(9), Castilla (5) e Villa Hermosa (8). O menor valor médio pago são pelos moradores das comunas Guayabal (15), La Candelária (10) e Santa Cruz (2), respectivamente.

O grupo de renda 1 realiza viagens de até 20 minutos apenas entre as comunas Aranjuez x Santa Cruz, Doce de Octubre x Villa Hermosa, El Poblado x San Javier, La America x San Javier, Laureles-Estadio x Robledo, Aranjuez x San Cristobal e Santa Cruz x Santa Cruz, e dentro da própria zona na maioria das comunas. O grupo de renda 2 apresenta alguns pares de viagens com este tempo máximo, são eles: Laureles-Estadio x Belen, Villa Hermosa x Castilla, Doce de Octubre x La America, Buenos Aires x Manrique, Aranjuez x Popular, La America x San Javier, Belen x San Javier, San Javier x Santa Cruz, Aranjuez x Santa Cruz, La Candelaria x Villa Hermosa e dentro da própria zona em algumas comunas.

O tempo de viagem de 60 minutos e o custo de 2.000 pesos colombianos permitem o acesso aos empregos em quase sua totalidade, independente do grupo de renda e do modo de transporte utilizado. No grupo de renda 1 esse valor mínimo atinge um percentual maior de moradores. Para o deslocamento por transporte individual, os resultados são próximos, mas o grupo de renda 1 tem vantagem no tempo de 20 minutos, e o grupo de renda 2 nos tempos de 30 e 40 minutos. O gráfico da figura 12 mostra que o grupo de renda 2 é mais equitativo em relação ao fator de impedância custo de viagem.

No entanto, este mesmo gráfico permite visualizar a discrepância no acesso a empregos entre os usuários do transporte público e os do transporte individual, mesmo pertencentes ao mesmo grupo. Para o grupo de renda 1, tem-se que a acessibilidade para o tempo de 40 minutos é praticamente o mesmo para o transporte individual no tempo de viagem de 20 minutos. Para o grupo de renda 2, o tempo de 60 minutos por transporte público é aproximadamente o tempo de 40 minutos por transporte individual, em termos de porcentagem de empregos acessados. Em relação ao custo de viagem, o acesso entre os grupos são próximos, mas há uma grande diferença entre os usuários de transporte público e o do transporte individual, em que o valor de 2.000 pesos colombianos do primeiro caso se equipara ao de 2.420 pesos colombianos do transporte individual, e assim sucessivamente.

Analisando os resultados gerados a partir da aplicação do indicador de acessibilidade, a figura 13 mostra a porcentagem de empregos acessados pelos modos de transporte público e individual para cada comuna, para o tempo de 40 minutos, que é o valor próximo do tempo médio das viagens por motivo trabalho obtidos da matriz de origem destino (43 minutos). Para o grupo de renda 1, apenas as comunas Castilla (5), Guayabal (14), La Candelaria (10), La America (12) e El Poblado (14) acessam mais de 60% dos empregos por transporte público.

Para o grupo de renda 2 por transporte público, as comunas Laureles-Estadio (11) e Doce de Octubre (6) conseguem acessar mais de 60% dos empregos em 40 minutos. Quando o transporte individual é analisado, seja para o grupo 1 ou grupo 2, todas as comunas conseguem acessar mais de 60% dos empregos em 40 minutos de viagem.

A figura 28 mostra a porcentagem de empregos acessados pelos modos de transporte público e individual para cada comuna, para o tempo médio de viagem de 40 minutos.

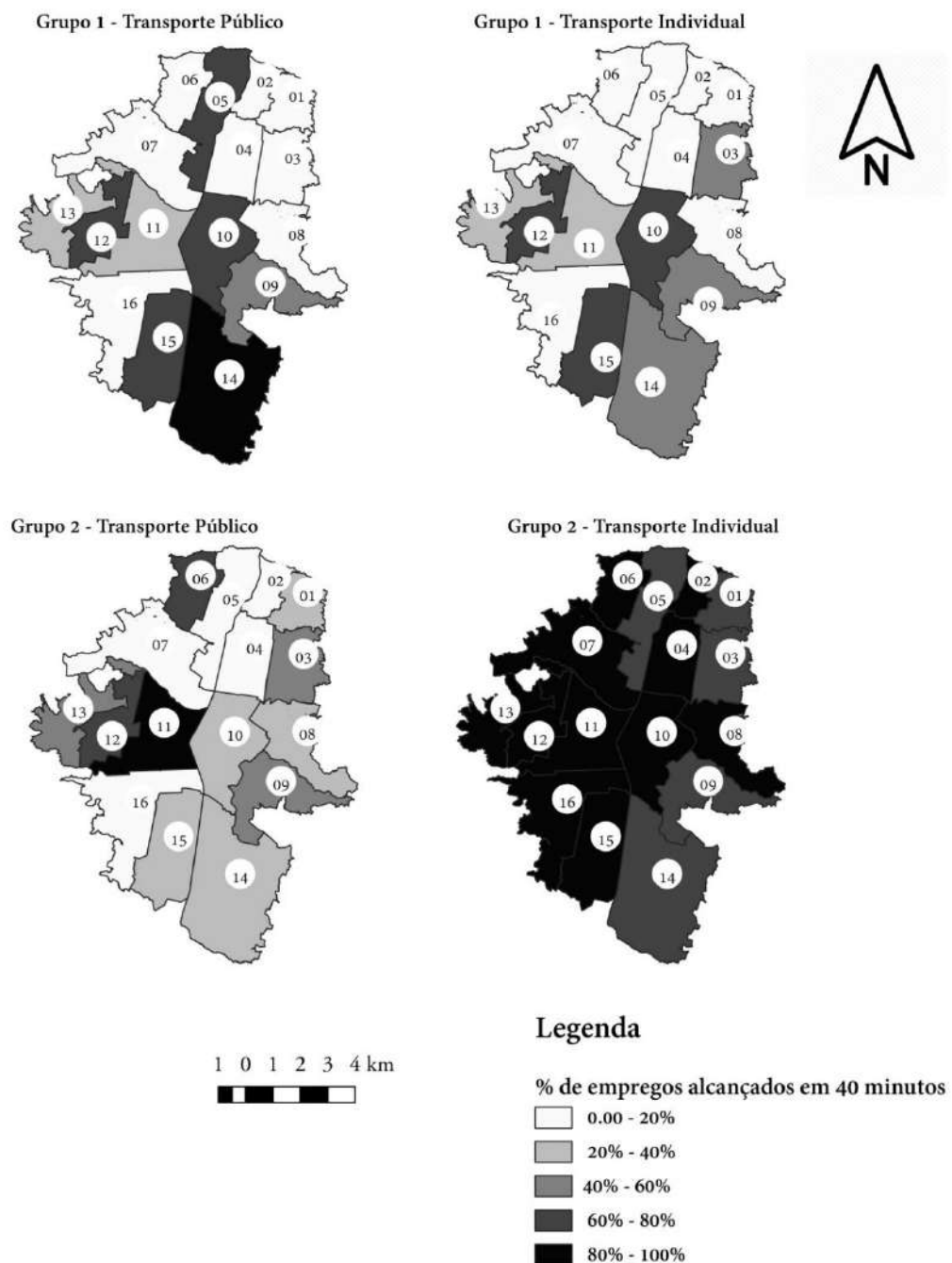
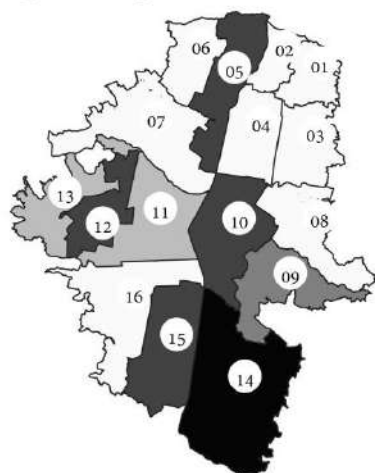


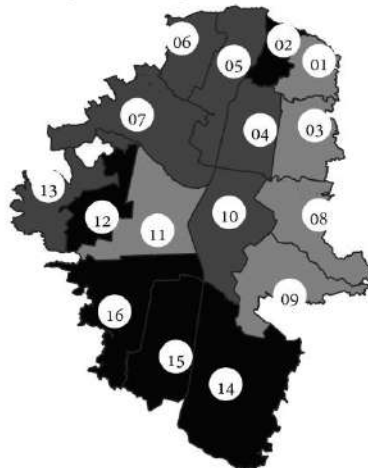
Figura 28- Porcentagem de empregos acessados para os modos de transporte público e individual em 40 minutos
Fonte: Elaboração própria (2020).

A figura 29 mostra a porcentagem de empregos acessados pelos modos de transporte público e individual motorizado para cada comuna, para o custo médio de viagem de 2.420 pesos colombianos.

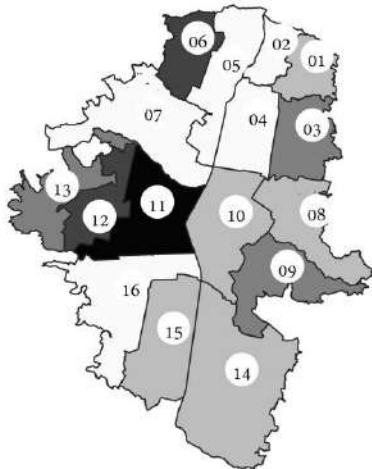
Grupo 1 - Transporte Público



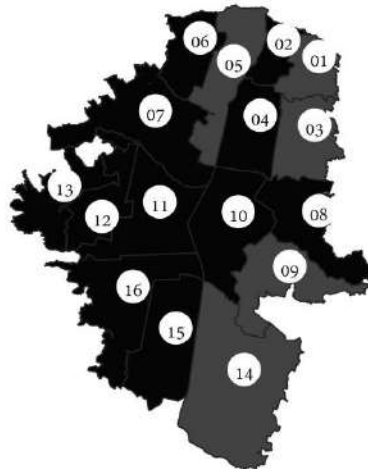
Grupo 1 - Transporte Individual



Grupo 2 - Transporte Público



Grupo 2 - Transporte Individual



Legenda

1 0 1 2 3 4 km

% de empregos alcançados com 2420 pesos colombianos

0.00 - 20%

20% - 40%

40% - 60%

60% - 80%

80% - 100%

Figura 29- Porcentagem de empregos acessados para os modos de transporte público e individual com 2.420 pesos colombianos

Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o grupo de renda 1, as comunas Aranjuez (4), Buenos Aires (9), Doce de Octubre (6), Popular (1), San Javier (13) e Villa Hermosa (8) acessam menos de 10% dos empregos por transporte público com 2.000 pesos colombianos. Para o grupo de renda 2, o mesmo se repete para as comunas Buenos Aires (9), Castilla (5), La America (12), Manrique (3), Robledo (7) e San Javier (13). Quando o transporte individual é analisado, seja para o grupo de renda 1 ou para o grupo de renda 2, quase todas as comunas conseguem acessar mais de 60% dos empregos com 2.000 pesos colombianos por transporte público, com exceção da comuna Villa Hermosa (8) no grupo de renda 2, que acessa apenas 47,62% dos empregos com esse custo de viagem.

6.9.4 Identificação das localidades críticas

Os resultados mostrados nos tópicos 6.9.1 e 6.9.2 trouxeram os dados gerais do município de Medellín para cada grupo de renda, continuando com um comparativo no tópico 6.9.3. O índice de Gini dá uma visão global do município em relação à equidade, para este caso mostrando a distribuição da acessibilidade, enquanto que através do indicador de acessibilidade é possível analisar as zonas de maneira mais específica.

Assim, uma análise detalhada por comuna permite uma melhor compreensão do panorama local, em que identifica as localidades que dispõem de um bom ou mau serviço de transporte público, e até mesmo entender o uso do solo em relação à distribuição dos empregos. Isso possibilita que os tomadores de decisão possam pontuar cada área do município e decidir quais ações devem ser realizadas em cada uma delas. Em se tratando da análise sob o aspecto da equidade, isso permite identificar as comunas que influenciaram positiva ou negativamente o nível de equidade geral da cidade, para cada um dos grupos populacionais trabalhados.

Esta análise será feita com base nos dados das tabelas 18 a 25, que mostram a porcentagem de empregos acessados, considerando os fatores de impedância tempo e custo de viagem para cada grupo e modo de transporte estudados nesta tese.

De acordo com a Alcaldía de Medellín (2018), os estratos socioeconômicos que serão citados a seguir são classificados em: a) baixo baixo, b) baixo médio, c) médio baixo, d) médio alto, e e) alto alto. A distribuição da utilização predominante dos meios de transporte refere-se ao deslocamento para o trabalho. Embora a Pesquisa Origem Destino Domiciliar trabalhada nesta tese tenha sido aplicada no ano de 2017, ambas as variáveis dizem respeito ao ano de 2018, devido à disponibilização de informações públicas. No entanto, pela proximidade dos anos, elas foram consideradas nesta análise.

A seguir tem-se uma descrição individualizada de cada uma das comunas, para assim identificar as localidades críticas de Medellín em relação à acessibilidade a empregos. O principal destino de todas as comunas é La Candelaria, que é a região central da cidade; então, as comunas citadas como os principais destinos são após este deslocamento. Os dois primeiros parágrafos para cada comuna são a explanação dos dados contidos nas tabelas 23 a 30; portanto, apenas o terceiro parágrafo traz informações novas para esta análise.

- **Popular** – O grupo de renda 1, por transporte público, até o tempo de 40 minutos de viagem, acessou apenas 3,72% dos empregos, passando para 57,48% com 60 minutos. No transporte individual, esta comuna tem um dos piores acessos nos tempos de 20 e 30 minutos, e o pior nos tempos de 40 e 60 minutos. No grupo de renda 2, por transporte público, apresenta algum acesso apenas com 40 minutos de viagem (35,05%). Tem um dos piores desempenhos até o tempo de 40 minutos para ambos os meios de transporte.

Em relação ao custo de viagem, o grupo de renda 1, por transporte público, tem uma acessibilidade de 6,85% para o valor de 2000 pesos colombianos, passando para 45,79% para 2420 pesos colombianos; para o transporte individual, essas porcentagens são 20,1% e 64,36%, respectivamente. Para o grupo de renda 2 esses valores melhoram significativamente. Para o transporte público, em 20 minutos já se tem um acesso a empregos de 50,15% com uma tarifa de 2000 pesos colombianos; no transporte individual esse valor inicia com 34,9%, passando para 58,28% com 2420 pesos colombianos.

Essa comuna apresenta o menor valor do IMCV (34,75), o que significa que é a comuna com menores condições de vida. 99,9% dos domicílios são classificados como de estrato baixo, o que explica o fato das viagens na matriz OD estarem mais concentradas no grupo de renda 1 (5 vezes mais que o grupo de renda 2). Em relação aos deslocamentos para o trabalho, 59,7% dos habitantes o realizam por transporte público, e somente 0,5% utiliza o automóvel (ALCADÍA DE MEDELLÍN, 2018). Mesmo o poder aquisitivo da comuna sendo baixo (vide estratificação), o fato de que o meio de transporte a pé é utilizado por apenas 15,8% mostra que os empregos são distantes das residências das pessoas, especialmente para o grupo de renda 1. Os principais destinos por transporte público são: La Candelaria, El Poblado e Laureles-Estadio.

- **Santa Cruz** – Esta comuna apresenta baixa acessibilidade por transporte público para ambos os grupos de renda, considerando o fator de impedância tempo de viagem. Para

os tempos de 20, 30 e 40 minutos, as porcentagens, respectivamente, são: 1,02%, 2,42% e 14,27% para o grupo de renda 1, e 0,0%, 0,0% e 4,67% para o grupo de renda 2. Quando se trata do transporte individual, esses valores apresentam uma melhoria, porém continuam baixos para o grupo de renda 1. Para os tempos de viagem de 20, 30 e 40 minutos, as porcentagens são: 16,64%, 18,44% e 88,57% para o grupo de renda 1, e 44,79%, 100,0% e 100,0% para o grupo de renda 2, respectivamente.

Sobre o fator de impedância custo de viagem, os dois grupos de renda apresentam pouco acesso ao emprego com o valor de 2000 pesos colombianos, sendo 11,79% para o grupo de renda 1 e 10,28% para o grupo de renda 2. O avanço é significativo com o valor de 2420 pesos colombianos, passando a ser 81,47% e 100%, respectivamente. Para o transporte individual, a porcentagem de empregos acessados apresenta bom resultado desde o início, com 81,64% e 84,84%, respectivamente.

Esses resultados podem ser considerados bons, levando em consideração que o IMCV desta comuna é o segundo pior da zona urbana (37,08). O maior número de registros de viagens dos trabalhadores do grupo de renda 1 (2/3 das viagens) é explicado pelo fato de 86,5% dos domicílios serem classificados como de estrato baixo. Sobre o meio de transporte, 58,4% dos trabalhadores se deslocam por transporte público, e 20,4% modo não motorizado, e apenas 0,4% o automóvel.

- **Manrique** – Para o tempo de viagem por transporte público, o grupo de renda 1 desta comuna não acessa aos empregos com o tempo de 20 minutos, apenas 6,96% com 30 minutos, e atingindo 49,41% com 40 minutos de viagem. As acessibilidades são menores para o grupo de renda 2, sendo 0,0% para 20 minutos de viagem, 1,72% para 30 minutos e 43,59% para 40 minutos. O grupo de renda 1 tem desvantagem na acessibilidade por transporte individual, em que as porcentagens para os tempos de viagens citados são 7,79%, 22,19% e 65,14%, contra 16,03%, 44,80%, 65,06% do grupo de renda 2.

Para o custo de viagem, por transporte público, o acesso com 2000 pesos colombianos foi de 12,78% para o grupo de renda 1 e 2,71% para o grupo de renda 2. Por transporte individual o grupo de renda 2 teve um melhor desempenho, iniciando com 75,29% (mesma porcentagem para a viagem de 2420 pesos colombianos), contra 58,5% do grupo de renda 1 (porcentagem de 61,67% para os valores de 2420 e 2840 pesos colombianos).

O IMCV desta comuna é baixo, com o valor de 37,45, que a classifica como a terceira comuna da zona urbana com menores condições de vida. Esse índice e a estratificação (85,1% dos domicílios são de estrato baixo) explicam o maior número de registro de viagens para pessoas do grupo de renda 1 (aproximadamente 2/3 das viagens). 56,9% dos trabalhadores se deslocam por transporte público, 15,8% por não motorizado e apenas 0,5% por transporte individual.

- **Aranjuez** – O grupo de renda 1 apresenta menor acessibilidade nas viagens por transporte público em relação ao grupo de renda 2. Com os tempos de 20 e 30 minutos, o grupo de renda 1 tem apenas 1,41% e 3,31%, respectivamente, elevando para 15,02% com 40 minutos. O grupo de renda 2, também apresenta valores baixos, que são 9,37% (20 e 30 minutos), aumentando para 50,37% com 30 minutos de viagem. Para o transporte individual, o grupo de renda 1 tem acessibilidade menor para o tempo de 20 minutos (13,96%) e superior para 30 minutos (63,01%), para o grupo de renda 2 as porcentagens são 28,19% para ambos os tempos de viagem.

Analisando o acesso a partir do custo de viagem, para o transporte público há uma grande diferença entre os grupos de renda. Enquanto para o grupo de renda 1, a um custo de 2000 pesos colombianos, apenas 3,73% dos empregos são acessados, para o grupo renda 2 essa porcentagem é de 63,07%; porém, esses valores quase se igualam a um a um custo de 2420 pesos colombianos, sendo 78,16% e 79,57%, respectivamente. Para o transporte individual, o cenário é bastante diferente, iniciando com um acesso de 83,03% para o grupo de renda 1 e de 84,45% para o grupo de renda 2, o que indica que os trabalhadores que se deslocam por transporte individual têm seus postos de trabalhos mais próximos de suas residências.

O IMCV é 44,12, inferior ao da cidade (48,77), sendo a décima comuna da zona urbana com menores condições de vida. Os estratos dos domicílios são divididos, em que 56,3% se classificam como estrato médio baixo, e 45,3% como baixo. Do total de trabalhadores, 45,2% deles utilizam o transporte público, enquanto 23% vão para o trabalho pelo modo a pé e 2,5% de bicicleta, o que mostra que uma parcela tem seu posto de trabalho próximo da sua residência, e/ou não têm condições de pagar por esse deslocamento.

- **Castilla** – A acessibilidade por transporte público para esta comuna é baixa para as viagens com duração de 20 minutos, o grupo de renda 1 não acessa empregos e o grupo de renda 2 apenas 0,28%. Apenas 9,9% dos trabalhadores do grupo de renda 1 acessam

o emprego até o tempo de 40 minutos; para o grupo de renda 2, esse acesso é de 14,37%. Sobre o deslocamento por transporte individual, o grupo de renda 1 tem acesso de 25,44% para 20 minutos e 78,50% para 30 minutos, enquanto para o grupo de renda 2 essas porcentagens são 34,37% e 61,25%.

A um custo de 2000 pesos colombianos, o grupo de renda 1 acessa 10,27% dos empregos por transporte público, e o grupo de renda 2 apenas 0,54%; assumindo um custo de 2420 pesos colombianos, essas porcentagens têm um aumento significativo, passando a ser de 70,82% e 73,08%, respectivamente. Para o transporte individual, o grupo de renda 1, com 2000 pesos colombianos, acessa 74,88% dos empregos, enquanto para o grupo de renda 2 esse valor é de 64,33%.

Esta comuna é a oitava da zona urbana com melhores condições de vida, com um IMCV de 48,06, além do estrato de 82,8% dos domicílios ser classificados como médio baixo, embora a maioria dos registros de viagens a trabalho pertencer ao grupo de renda 1 para ambos os meios de transporte (em especial para o transporte público com quase o dobro das viagens). De acordo com a Alcaldía de Medellín (2018), 47,8% dos deslocamentos são por transporte público, 22% por modo não motorizado, e 6,4% por automóvel.

- **Doce de Octubre** – O acesso aos empregos pelos trabalhadores, por transporte público, é baixo para ambos os grupos de renda. Para os tempos de viagens de 20, 30 e 40 minutos as porcentagens são: 0,0%, 1,49% e 3,99% para o grupo de renda 1, e 0,0%, 3,03% e 61,32% para o grupo de renda 2. Os valores aumentam de forma considerável com o transporte individual, passando a ser 21,34%, 52,05% e 92,74%, respectivamente, para o grupo de renda 1; e 40,87%, 58,57% e 100% para o grupo de renda 2.

O acesso aos empregos, por transporte público e a um custo de 2000 pesos colombianos, foi de 4,75% para o grupo de renda 1 e de 14,01% para o grupo de renda 2; a um custo de 2420 pesos colombianos, essas porcentagens são 64,73% e 81,70%, respectivamente. Para o transporte individual, o grupo de renda 1 tem a porcentagem é de 60,42% para viagens com custo de 2000 e 2420 pesos colombianos, enquanto para o grupo de renda 2 esses valores são 67,37% e 72,63%, respectivamente. Percebe-se uma posição mais vantajosa comparativa para o grupo de renda 2, principalmente para o transporte público.

O IMCV é 40,79, sendo a nona comuna com menores condições de vida, inclusive tendo a dimensão trabalho como uma das de menor avanço. O estrato da população é dividido em 73,1% com classificação baixa e 26,8% com médio baixo. Para ambos os modos de transporte há um maior registro de viagens para o grupo de renda 1. Sobre o deslocamento para o trabalho, 19% realiza o trajeto por modo não motorizado, e 53,9% por transporte público coletivo.

- **Robledo** – A acessibilidade na comuna Robledo para viagens curtas é considerada baixa, pois com 20 minutos, por transporte público, ambos os grupos não acessam os empregos, ficando abaixo de 2% para as viagens de 30 minutos. O grupo de renda 1 passa para 10,84% com 40 minutos e 89,01% com 60 minutos; porém o grupo de renda 2 mantém 1,35% com 40 minutos, tendo um grande avanço com o tempo de 60 minutos, atingindo 68,56%. Para o transporte individual, ambos os grupos de renda ficam em torno de 10% de acesso aos empregos com o tempo de viagem de 20 minutos, tendo o grupo de renda 1 atingindo 40,98% com 30 minutos, contra 27,04% para o grupo de renda 2.

Os cenários são parecidos a um custo de viagem de 2420 pesos colombianos, para os dois meios de transporte (público e individual). Há uma diferença para um valor de 2000 pesos colombianos, sendo 12,78% e 80,96% para o grupo de renda 1, e 6,11% e 73,16% para o grupo de renda 2, respectivamente. Percebe-se uma leve vantagem para o grupo de renda 1; e as viagens são bem distribuídas entre os grupos de renda e meio de transporte.

O ICMV 46,12, posicionando-se como a nona comuna em melhores condições de vida, porém a dimensão trabalho está entre as de menores alcances. De acordo com a Alcaldía de Medellín (2018), 56,6% dos domicílios estão no estrato baixo e 30,5% no estrato médio baixo. O deslocamento ocorre em sua maioria por transporte público (57,2%), e tem um total de 16,5% por modo não motorizado.

- **Villa Hermosa** – O grupo de renda 1, por transporte público, apresenta baixíssima acessibilidade, em que apenas 4,71% dos trabalhadores acessam seus empregos com um tempo de viagem de até 40 minutos, apenas quando esse tempo passa para 60 minutos que a porcentagem é considerada satisfatória, sendo 70,94%. Para o grupo de renda 2 essas porcentagens são mais bem distribuídas, iniciando com 5,15% para 20 minutos de viagem, 26,80% para 30 e 40 minutos, e 64,66% para 60 minutos. Ambos alcançam a totalidade dos empregos com 90 minutos de viagem. Por transporte individual, o grupo

de renda 1 inicia com 6,92%, mas com 30 minutos alcança 55,23% dos empregos; o grupo de renda 2 apresentou 19,31% e 72,44%, respectivamente.

O desempenho da comuna Villa Hermosa no acesso a empregos por transporte público, para o fator de impedância custo de viagem, só apresenta uma porcentagem considerada alta quando o valor é de 4000 pesos colombianos, com 100% para os dois grupos de renda. Para o custo de 2000 pesos colombianos, o grupo de renda 1 apresenta pior desempenho, com 5,79% contra 31,22% do grupo de renda 2; mas com o custo de 2420 pesos colombianos, ele tem melhor acesso (55,24%), contra 34,81%. Para o transporte individual, o grupo de renda 1 tem vantagem, com 62% contra 47,62% para 2000 pesos colombianos, e 78,59% contra 68,34% para 2840 pesos colombianos.

O IMCV desta comuna é baixo: 39,67, o que a classifica como a sétima comuna com menores condições de vida, e o trabalho como uma das dimensões de menor avanço. Sobre os estratos, 73% é considerado baixo e 24,4% como médio baixo. Um total de 51,5% das viagens ao trabalho realizadas por transporte público e de 16,4% a pé. A maioria das viagens ao trabalho estão no grupo de renda 1.

- **Buenos Aires** – Esta comuna também apresenta baixa acessibilidade por transporte público, em que os trabalhadores do grupo de renda 1, em viagens de até 30 minutos, não acessam seus empregos, mas 51% deles conseguem com até 40 minutos. Para o grupo de renda 2 esses valores são 15,70% e 52,61%. Porém, para o transporte individual o grupo de renda 1 apresenta vantagem nos acessos, com 30,73% para 20 minutos e 77,58% para 30 minutos, enquanto para o grupo de renda 2 essas porcentagens são, respectivamente, 4,83% e 68,79%.

Em relação ao custo de viagem, a comuna tem baixa acessibilidade, pois com o valor de 2000 pesos colombianos apenas 0,7% dos empregos são acessados no grupo de renda 1 e 3,31% no grupo de renda 2; na tarifa seguinte essas porcentagens passam a ser 51,66% e 66,73%, respectivamente. Há uma melhora, porém os valores se encontram abaixo da média da cidade para este meio de transporte. Porém, para o transporte individual, a acessibilidade é alta, iniciando com 92,49% para o grupo de renda 1 e 89,16% para o grupo de renda 2.

A quantidade de viagens por grupo de renda e meio de transporte é próxima uma da outra. O IMCV é 49,91, sendo a sétima comuna com maiores condições de vida. Em relação ao estrato, tem-se que 59,1% dos domicílios são médio baixo e 28,1% de estrato

baixo. O transporte público é utilizado por 48,1% dos trabalhadores, e 20,2% por modo não motorizado.

- **La Candelaria** – Essa comuna se classifica como a área central comercial da cidade, ofertando o maior número de empregos. Não há registro de viagens de até 20 minutos por transporte público, e em até 30 minutos o acesso é de 11,24% (grupo de renda 1) e 5,23% (grupo de renda 2) dos empregos. Provavelmente isso se dê pelo fato da maioria das pessoas se deslocarem a pé para o trabalho. Para o transporte individual, o grupo de renda 1 acessa 52,81% dos empregos com apenas 20 minutos de viagem, enquanto o grupo de renda 2 não tem acesso com esse tempo, mas com 30 minutos essa porcentagem passa a ser 91,87%.

Para um custo de viagem de 2000 pesos colombianos, apresenta a 2ª melhor posição para o grupo de renda 1, com acessibilidade de 63,86% para o transporte público e 94,43% para o transporte individual, e 4ª melhor posição para o grupo de renda 2, com acessibilidade de 27,97% para o transporte público; e 3ª melhor acessibilidade para o transporte individual, de 95,99%.

Esta comuna apresenta um IMCV de 56,42, que a classifica como a quinta comuna com melhores condições de vida. A maior concentração dos estratos dos domicílios está entre o médio baixo (35,47%) e médio (53,77%). A maioria dos deslocamentos para o trabalho acontece por meio de modo não motorizado, representando 35,3%, e por transporte público é de 40,4%.

- **Laureles-Estadio** – Essa comuna apresentou registros de viagens consideravelmente menor para o grupo de renda 1 do que para o grupo de renda 2, o que pode justificar os valores apresentados com a aplicação do indicador de acessibilidade. Para viagens realizadas por transporte público, o grupo de renda 1 tem acesso de 11,04% para os tempos de viagem de 20 e 30 minutos e 30,81% para os tempos de 30 e 40 minutos, enquanto que para o grupo de renda 2 o acesso é de apenas 2,15% para 20 minutos, passando para 83,57% para 30 minutos. Por transporte individual, com o tempo de 20 minutos, o acesso é de 16,75% para o grupo de renda 1 e 37,48% para o grupo de renda 2. Ambos apresentam porcentagem acima de 80% para o tempo de 30 minutos.

Para o transporte público, a um custo de viagem de 2000 pesos colombianos, a acessibilidade do grupo de renda 1 é 41,47% e do grupo de renda 2 é 27,83%. As porcentagens não são elevadas, mas está entre as melhores comparadas com as das

demais comunas. Para o transporte individual, esta comuna tem a melhor acessibilidade para ambos grupos de renda (98,31% e 97,87%).

O IMCV é 69,62, sendo a segunda comuna da cidade com melhores condições de vida. Apenas 1,1% dos domicílios se enquadram no estrato médio baixo, e tem-se que 33,3% são do estrato médio e 65,1% do médio alto. Esse maior poder aquisitivo reflete no meio de transporte predominantemente utilizado para o trabalho, em que 30,5% se deslocam por transporte particular (automóvel). Para o modo não motorizado tem-se um total de 25,5% e apenas 27,8% para o transporte público. O número de viagens registradas para o grupo de renda 2 é consideravelmente maior do que para o grupo de renda 1.

- **La America** – Para o acesso por transporte público, o grupo de renda 1 tem a seguinte acessibilidade: 4,64% e 0% para o tempo de 20 e 30 minutos de viagem, e 9,19% e 19,13% para o grupo de renda 2. Em se tratando do acesso por transporte individual, o grupo de renda 1 apresenta melhor desempenho, com 34,53% e 79,20%, e 4,37% e 47,03% para o grupo de renda 2. Para este caso, o número de viagens registradas para o grupo de renda 2 é quase o triplo do grupo de renda 1.

A acessibilidade da comuna por transporte público é baixa apenas para o custo de viagem de 2000 pesos colombianos, sendo 21,62% para o grupo de renda 1 e 4,34% para o grupo de renda 2; quando se assume o valor de 2420 pesos colombianos, essas porcentagens passam a ser 86,77% e 66,77%, respectivamente. Nesses casos, o grupo de renda 1 teve vantagem no acesso aos empregos para o fator de impedância custo de viagem. Para o transporte individual o comportamento é similar, iniciando com 83,14% para o grupo de renda 1 e 83,34% para o grupo de renda 2.

Com um IMCV de 61,94, La America é a terceira comuna da cidade com maiores condições de vida. Os estratos dos domicílios estão divididos basicamente em três: médio baixo (27,1%), médio (43,8%) e médio alto (26,6%). Apresenta uma boa utilização de meios de transporte não motorizados (21,8%) e de 38,6% para o transporte público.

- **San Javier** – O número de viagens registradas do grupo de renda 1 é consideravelmente maior que do grupo de renda 2. Para as viagens por transporte público, o grupo de renda 1 só tem acesso com 40 minutos de viagem (26,92%), e o grupo de renda 2 com 30 minutos (1,53%). Analisando as viagens por transporte individual, para os tempos de

20 e 30 minutos de viagem, tem-se, respectivamente, 15,44% e 53,82% para o grupo de renda 1, e 26,77% e 47,41% para o grupo de renda 2.

Para o custo de viagem de 2000 pesos colombianos, ambos os grupos de renda apresentam baixa acessibilidade, sendo 6,15% para o grupo de renda 1 e 4,67% para o grupo de renda 2; há uma melhora significativa quando se adota o valor de 2420 pesos colombianos, passando a ser 68,53% e 89,18%, respectivamente. Para o transporte individual, os valores são próximos de cada grupo, iniciando com 73,24% para o grupo de renda 1 e 71,96% para o grupo de renda 2; e a um custo de 2420 pesos colombianos, a acessibilidade é 98,13% e 86,38%, respectivamente. O grupo de renda 1 apresenta valores melhores, mas deve-se levar em consideração que esta comuna tem um IMCV de 40,42 (oitava comuna com menores condições de vida), e um número de viagem consideravelmente maior que o grupo de renda 2.

Os estratos dos domicílios se distribuem basicamente em três: baixo baixo (36,3%), baixo médio (35,5%) e médio baixo (22,5%). O baixo poder aquisitivo da população também mostra a relação com a utilização do transporte público no deslocamento para o trabalho, que para esta comuna é de 59,4%, e apenas 4,2% para transporte particular (automóvel). O modo não motorizado é de apenas 17,5%, mostrando que os empregos acessados são distantes de suas residências.

- **El Poblado** – Essa comuna é considerada a área nobre da cidade, além de ter a segunda maior oferta de emprego da cidade. Há um número consideravelmente maior de viagens registradas do grupo de renda 2 e do transporte individual. Do tempo de viagem de 20 minutos até 60 minutos, por transporte público, a acessibilidade do grupo de renda 1 é de 48,5%, atingindo 100% apenas com 90 minutos; para o grupo de renda 2, só se alcança algum emprego com o tempo superior a 20 minutos, com 29,32% de acesso com viagens de até 40 minutos. Por transporte individual, o grupo de renda 1 tem melhor acessibilidade, com os seguintes valores: 38,47%, 59,67% e 93,86%, para os tempos de 20, 30 e 40 minutos, enquanto para o grupo de renda 2 esses valores são, respectivamente, 0%, 50,04% e 67,20%.

Em relação ao fator de impedância custo de viagem, a acessibilidade por transporte público para o grupo de renda 1 inicia com 93,61%, e alcança sua totalidade com um custo de viagem de 2840 pesos colombianos. Para o grupo de renda 2, porém, inicia-se com 21,85% e alcança 100% com 6000 pesos colombianos. Quando se trata do transporte individual, esses valores são 84,44% para o grupo de renda 1 e 84,41%

para o grupo de renda 2. No entanto, as viagens são concentradas para o grupo de renda 2, visto que essa é uma área nobre da cidade, tendo o maior IMCV (76,6), o que justifica uma população com um maior poder aquisitivo.

Um total de 73,7% dos domicílios são classificados no estrato alto e 19,0% no médio alto. Isto também reflete no meio de transporte utilizado para o deslocamento para o trabalho, em que 54% fazem uso do transporte particular (automóvel), e apenas 16,5% utilizam o transporte público. Pelo modo de transporte não motorizado tem-se um total de 14,7%. Devido à diferença entre os modos de transporte, verificadas na aplicação realizada na etapa anterior, essas informações e dados mostram que a população desta comuna consegue ter uma boa acessibilidade aos empregos, mesmo que sejam distantes de suas residências, pois uma maioria considerável utiliza o transporte individual motorizado.

- **Guayabal** – Ambos os grupos de renda não acessam empregos por transporte público até o tempo de viagem de 20 minutos, passando a ser de 68,26% para os grupos de renda 1 e apenas 28,75% para o grupo de renda 2, para o tempo de 40 minutos. A acessibilidade é melhor com o uso de transporte individual, visto que para o grupo de renda 1 ela é de 38,75% e 96,71% para os tempos de 20 e 30 minutos de viagem, e 21,61% e 90,38% para o grupo de renda 2, respectivamente.

Considerando o fator de impedância custo de viagem, o grupo de renda 1 tem uma maior acessibilidade aos empregos do que o grupo de renda 2, tendo os valores para os custos de viagem de 2000 e 2420 pesos colombianos de 41,1% e 92,93%, contra 11,2% e 91,44%. Para o transporte individual as porcentagens são aproximadas, com 84,44% e 88,97% para o grupo de renda 1, e 84,41% e 91,67% para o grupo de renda 2. Porém, o maior número de viagens na matriz OD foi para o grupo de renda 2.

O IMCV desta comuna é 52,35, em que Guayabal é a sexta comuna da zona urbana com maiores condições de vida. Os estratos dos domicílios são basicamente três: baixo médio (16,7%), médio baixo (55%) e médio (27,6%). O meio de transporte que predomina para o trajeto para o trabalho é a pé (36,1%), seguido do transporte público (33,7%).

- **Belen** – A acessibilidade por transporte público a partir desta comuna é muito baixa, para o fator de impedância tempo de viagem, pois até o tempo de 40 minutos apenas 14,86% dos trabalhadores do grupo de renda 1 acessam seus empregos; para o grupo de renda 2 essa porcentagem é de 17,91%. As viagens por transporte individual, para o

tempo de 20 minutos, são superior para o grupo de renda 1 (17,71%), mas continua baixa para o grupo de renda 2 (1,42%); porém, melhoram com o tempo de 30 minutos, passando a ser de 66,14% e 79,55%, respectivamente.

Para o fator de impedância custo de viagem, há discrepância nos resultados dos grupos de renda para o valor de 2000 pesos colombianos. Para o transporte público, a acessibilidade é de 19,15% para o grupo e renda 1 e 46,17% para o grupo e renda 2; enquanto para o transporte individual, essas porcentagens são 77,92% e 97,65%, respectivamente.

O IMCV da comuna é 57,43, sendo a quarta comuna da zona urbana com maiores condições de vida. O maior número de viagens registradas do grupo e renda 1 é por transporte público e no grupo e renda 2 por transporte individual. De acordo com a Alcaldía de Medellín (2018), 36,3% dos deslocamentos para o trabalho ocorrem por transporte público, 38,1% por moto ou automóvel e 20,1 por modo não motorizado. Em relação aos estratos, a comuna é dividida em basicamente quatro, são eles: baixo médio (16,3%), médio baixo (36,6%), médio (24,7%) e médio alto (20,7%).

Sintetizando as informações e dados de cada uma das comunas apontados acima, foram identificadas algumas localidades críticas. Ressalta-se que neste momento o foco será nas viagens realizadas por transporte público, que é o meio de transporte motorizado que deve ser priorizado nas cidades.

- **Grupo de renda 1 – Transporte público:**

Para o fator de impedância “tempo de viagem”, são muitas as comunas críticas (mais da metade delas), são elas: Buenos Aires, San Javier, Villa Hermosa, Popular, Castilla, Doce de Octubre, Robledo, Santa Cruz e Aranjuez, em que todas alcançam menos de 30% dos empregos até o tempo de 40 minutos de viagem.

Para o fator de impedância “custo de viagem”, com exceção das comunas El Poblado, Guayabal, La Candelaria e Laureles-Estadio, o restante alcança menos que 30% dos empregos com o custo de 2.000 pesos colombianos. Para o valor de 2.420 pesos colombianos, apenas Laureles-Estadio e Popular não alcançam ao menos 50% dos empregos.

- **Grupo de renda 2 – Transporte público:**

Para o fator de impedância “tempo de viagem”, 09 (nove) comunas alcançam menos de 30% dos empregos para uma viagem de até 40 minutos, são elas: Belen, Castilla, El Poblado, Guayabal, La Candelaria, Robledo, San Javier, Santa Cruz e Villa Hermosa.

Para o fator de impedância “custo de viagem”, as comunas que acessam menos de 30% dos empregos a um valor de 2.000 pesos colombianos são: Buenos Aires, Castilla, Doce de Octubre, El Poblado, Guayabal, La America, La Candelaria, Laureles-Estadio, Manrique, Robledo, San Javier e Santa Cruz. Para um custo de 2.420 pesos colombianos, apenas a comuna Villa Hermosa acessa menos que 50% dos empregos.

Convergindo as informações para os dois grupos de renda, tem-se que as comunas mais críticas em relação ao tempo de viagem são: San Javier, Villa Hermosa, Castilla, Robledo e Santa Cruz. Com relação ao custo da viagem, tem-se as comunas são: Buenos Aires, Castilla, Doce de Octubre, La America, Manrique, Robledo, San Javier e Santa Cruz. Destaca-se que as comunas Robledo, Castilla, Santa Cruz e San Javier são críticas para os dois fatores de impedância. Essas comunas contribuem para um menor valor do índice de Gini, pois a acessibilidade individual é baixa, o que compromete a análise geral. Para compreender o uso do solo em relação aos empregos, as tabelas 26 e 27 trazem a distribuição dos destinos dos trabalhadores de cada comuna, por grupo de renda, por transporte público. Isso possibilita conhecer os deslocamentos que ocorrem na cidade por motivo trabalho.

Como apenas quatro comunas têm uma boa acessibilidade com o valor de 2.000 pesos colombianos por trajeto para o grupo de renda 1 (que são os trabalhadores aptos para receberem o auxílio transporte ou subsídio tarifário), o ideal seria que houvesse um aumento no valor deste subsídio. No ano-base utilizado nesta tese (2017), ele era de COP 83.140, o equivalente a COP 3.779 por dia, considerando 22 dias trabalhados. No entanto, a média de acesso ao valor de 2.000 pesos colombianos é de apenas 22,27% para o grupo de renda 1 e 20,34% para o grupo de renda 2. Quando se assume o valor de 2.420 pesos colombianos, esses valores médios passam a ser 70,22% e 76,36%, respectivamente. Com base nessas informações, tem-se que um subsídio mensal mais adequado seria no valor de COP 106.480, que seria o equivalente a COP 4.840 por dia trabalhado. Isso garantiria um aumento real na acessibilidade local sem comprometer a renda dos trabalhadores, contribuindo para a melhoria da equidade vertical local.

Com base nos resultados apontados nas tabelas 21 e 22, tem-se que em relação ao grupo de renda 1, metade das comunas (8) apresentam essa sequência de principais destinos (trabalho): La Candelária, El Poblado e Laureles-Estadio. Com exceção das comunas La Candelaria, Laureles-Estadio e El Poblado, as demais têm como destino dos trabalhadores (local de trabalho) a comuna La Candelaria e em seguida El Poblado.

Em relação ao grupo de renda 2, todas as comunas têm como principal destino La Candelaria. Há uma maior diversificação dos destinos, embora ainda prevaleçam as comunas El Poblado e La Candelaria.

Isso significa que a maioria dos trabalhadores, em ambos os grupos de renda, se deslocam basicamente para as mesmas comunas, indicando que há uma necessidade de rever o uso do solo no município, para que a distribuição dos empregos seja mais equilibrada, como por exemplo o incentivo para as empresas irem para lugares mais populosos, distribuição de órgãos públicos em diferentes comunas, dentre outros.

Tabela 26 – Distribuição dos deslocamentos para o grupo de renda 1, por transporte público

COMUNAS	Aranjuez	Belen	Buenos Aires	Castilla	Corregi San Altavista	Correg. San Antonio de Prado	Correg. San Cristoban	Correg. Santa Elena	Doce de Octubre	El Poblado	Guayabal	La America	La Candelaria	Laureles-Estadio	Manrique	Popular	Robledo	San Javier	Santa Cruz	Villa Hermosa
Aranjuez	11,71%	3,91%	1,75%	1,71%	--	--	--	--	0,14%	18,97%	7,29%	2,06%	43,12%	5,76%	1,41%	--	0,49%	--	--	1,66%
Belen	0,53%	8,27%	--	7,03%	--	2,70%	--	--	--	14,82%	2,27%	1,00%	53,52%	6,06%	1,23%	--	--	--	2,59%	
Buenos Aires	1,40%	2,52%	1,53%	--	--	--	--	0,72%	--	24,45%	5,31%	--	48,93%	7,15%	0,65%	--	0,90%	2,55%	1,82%	2,08%
Castilla	2,49%	8,36%	2,66%	9,72%	--	--	0,67%	--	0,33%	15,45%	0,48%	--	53,01%	6,64%	--	--	0,19%	--	--	--
Doce de Octubre	1,13%	5,61%	0,79%	7,59%	--	--	2,06%	0,39%	1,49%	20,70%	5,98%	2,50%	39,44%	8,59%	--	--	2,39%	1,33%	--	--
El Poblado	--	--	--	45,11%	--		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	6,39%	48,50%	--	--
Guayabal	1,37%	1,58%	--	2,57%	--	5,28%	--	1,43%	--	18,24%	16,49%	--	33,54%	15,55%	3,14%	--	0,00%	--	--	0,81%
La America	--	3,45%	1,10%	2,63%	--	--	--	--	--	17,04%	9,61%	1,93%	44,68%	13,45%	--	0,69%	1,90%	2,74%	--	0,78%
La Candelaria	7,46%	7,03%	--	5,13%	1,21%	--	--	--	--	23,40%	7,88%	2,58%	22,86%	8,01%	4,54%	1,22%	7,01%	--	--	1,69%
Laureles-Estadio	--	--	--	--	--	--	--	--	--	69,19%	11,04%	--	--	19,77%	--	--	--	--	--	--
Manrique	1,45%	5,72%	0,74%	1,04%	--	1,51%	1,85%	--	1,13%	22,43%	0,88%	2,19%	40,95%	9,69%	3,52%	1,99%	0,91%	1,72%	--	2,30%
Popular	1,87%	5,13%	1,81%	7,98%	--	--	1,24%	1,36%	--	19,34%	4,96%	1,31%	28,21%	14,12%	3,00%	0,72%	6,38%	0,78%	--	1,78%
Robledo	3,81%	3,03%	1,63%	7,29%	--	--	0,22%	0,94%	--	19,87%	4,15%	1,34%	41,74%	7,87%	0,92%	0,73%	5,17%	1,08%	--	0,22%
San Javier	3,71%	6,34%	0,76%	2,70%	--	--	1,57%	--	--	17,27%	5,71%	3,97%	37,23%	15,66%	--	0,00%	0,84%	3,58%	--	0,66%
Santa Cruz	10,00%	4,32%	0,52%	0,99%	--	--	--	--	0,41%	26,08%		0,70%	37,57%	14,27%	--	--	1,85%	1,17%	1,02%	1,11%
Villa Hermosa	1,93%	4,59%	1,85%	3,57%	--	0,94%	--	--	1,42%	19,67%	6,04%	1,97%	47,39%	5,34%	0,92%	--	1,51%	--	--	2,86%

Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 27 – Distribuição dos deslocamentos para o grupo de renda 2, por transporte público

COMUNAS	Aranjuez	Belen	Buenos Aires	Castilla	Corregi San Antonio de Prado	Correg. San Cristobal	Correg. Santa Elena	Doce de Octubre	El Poblado	Guayabal	La America	La Candelaria	Laureles-Estadio	Manrique	Popular	Robledo	San Javier	Santa Cruz	Villa Hermosa
Aranjuez	4,44%	--	--	7,40%	--	--	--	--	15,04%	11,69%	2,40%	40,99%	12,03%	--	--	1,07%	--	4,94%	--
Belen	4,00%	11,13%	2,78%	--	--	--	--	2,88%	8,07%	2,56%	--	42,89%	25,70%	--	--	--	--	--	--
Buenos Aires	7,71%	1,41%	11,68%	--	--	0,79%	--	--	15,56%	3,39%	--	37,54%	10,86%	--	2,00%	6,48%	2,03%	--	0,53%
Castilla	1,28%	--	--	5,62%	--	--	--	0,28%	19,36%	2,60%	--	59,14%	6,53%	--	1,94%	3,26%	--	--	--
Doce de Octubre	3,03%	--	--	18,72%	--	--	--	3,91%	13,32%	15,27%	--	35,65%	10,09%	--	--	--	--	--	--
El Poblado	2,72%	--	--	--	--	--	--	--	16,53%	5,32%	7,48%	41,42%	26,53%	--	--	--	--	--	--
Guayabal	--	17,61%	--	2,91%	--	--	--	--	26,86%	11,14%	--	33,07%	7,58%	0,84%	--	--	--	--	--
La America	1,33%	2,97%	1,28%	3,29%	2,03%	1,80%	--	--	16,38%	7,71%	3,36%	37,64%	13,56%	--	3,08%	5,57%	--	--	--
La Candelaria	1,43%	3,81%	4,02%	1,54%	--	--	--	1,26%	17,37%	9,82%	1,49%	38,65%	4,43%	--	1,04%	12,16%	1,96%	--	1,04%
Laureles-Estadio	3,16%	1,50%	--	1,50%	0,65%	--	--	--	7,87%	4,62%	4,62%	59,10%	9,67%	0,79%	--	6,53%	--	--	--
Manrique	0,43%	4,75%	1,72%	8,06%	--	--	--	--	24,10%	7,66%	--	41,86%	3,73%	0,99%	0,92%	4,98%	--	--	0,80%
Popular	--	--	22,70%	4,52%	--	--	3,81%	--	5,66%	14,28%	--	30,54%	11,52%	--	--	6,99%	--	--	--
Robledo	2,25%	2,03%	--	10,67%	--	1,35%	--	--	23,86%	5,17%	0,78%	35,97%	12,15%	0,95%	--	3,05%	1,08%	0,69%	--
San Javier	5,71%	3,68%	1,63%	3,72%	--	--	--	--	13,38%	3,29%	9,54%	43,90%	13,61%	--	--	--	1,53%	--	--
Santa Cruz	4,12%	9,38%	1,90%	--	--	2,05%	--	--	8,63%	0,55%	0,84%	56,96%	12,58%	0,55%	--	--	--	--	2,44%
Villa Hermosa	3,08%	15,87%	5,15%	--	--	--	--	--	21,49%	13,85%	--	20,76%	7,84%	--	--	7,60%	3,48%	--	0,88%

Fonte: Elaboração própria (2020).

6.10 Análise comparativa: acessibilidade real x acessibilidade potencial

Após a análise e discussão acerca da acessibilidade real do município de Medellín-CO, este tópico realiza o comparativo com a acessibilidade potencial, envolvendo os modos de transporte público e individual motorizado. Porém, não há a divisão por grupos populacionais, pois se considera a potencialidade de acesso a empregos, diferentemente de um diagnóstico da situação atual, que trabalha com os deslocamentos que ocorrem de fato, como realizada até então neste procedimento. A acessibilidade a empregos continua sendo a base para a geração da curva de Lorenz e o cálculo do índice de Gini (equidade), bem como para a determinação da curva de concentração.

No entanto, algumas considerações precisam ser explanadas a respeito desta aplicação. São elas:

- i. Os tempos de viagem foram retirados da Pesquisa Origem Destino Domiciliar 2017; porém, alguns deslocamentos não foram registrados, e assim os tempos foram calculados através do Google Maps, considerando o centroide de cada comuna.
- ii. Para as comunas que não têm os serviços oferecidos pelo sistema da empresa que administra o metrô local (Metro de Medellín) – que inclui metrô, ônibus integrado, BRT e VLT –, ou seja, que dispõem apenas dos serviços de transporte por ônibus, não havia os dados disponibilizados no Google Maps; assim, os valores de tempo de viagem médio por transporte público (ônibus) foram aproximados.
- iii. Os custos de viagem por transporte público, nos casos comentados no tópico (ii), também foram aproximados da seguinte maneira: através da distância e localização mostradas no Google Maps foi suposta a necessidade de pagar 1 ou 2 tarifas de ônibus, com base nas informações obtidas pela pesquisadora.
- iv. Os custos de viagem por transporte individual, nos casos comentados no tópico (ii), também foram calculados com base na distância determinada pelo Google Maps, sendo feito o mesmo cálculo realizado na etapa 7 do procedimento.

A partir das informações acima citadas, e dos dados obtidos, houve a aplicação do indicador de acessibilidade e posterior cálculo do índice de Gini para determinar a equidade vertical através da acessibilidade potencial. A figura 30 mostra a curva de Lorenz e o índice de Gini para os fatores de impedância tempo e o custo de viagem.

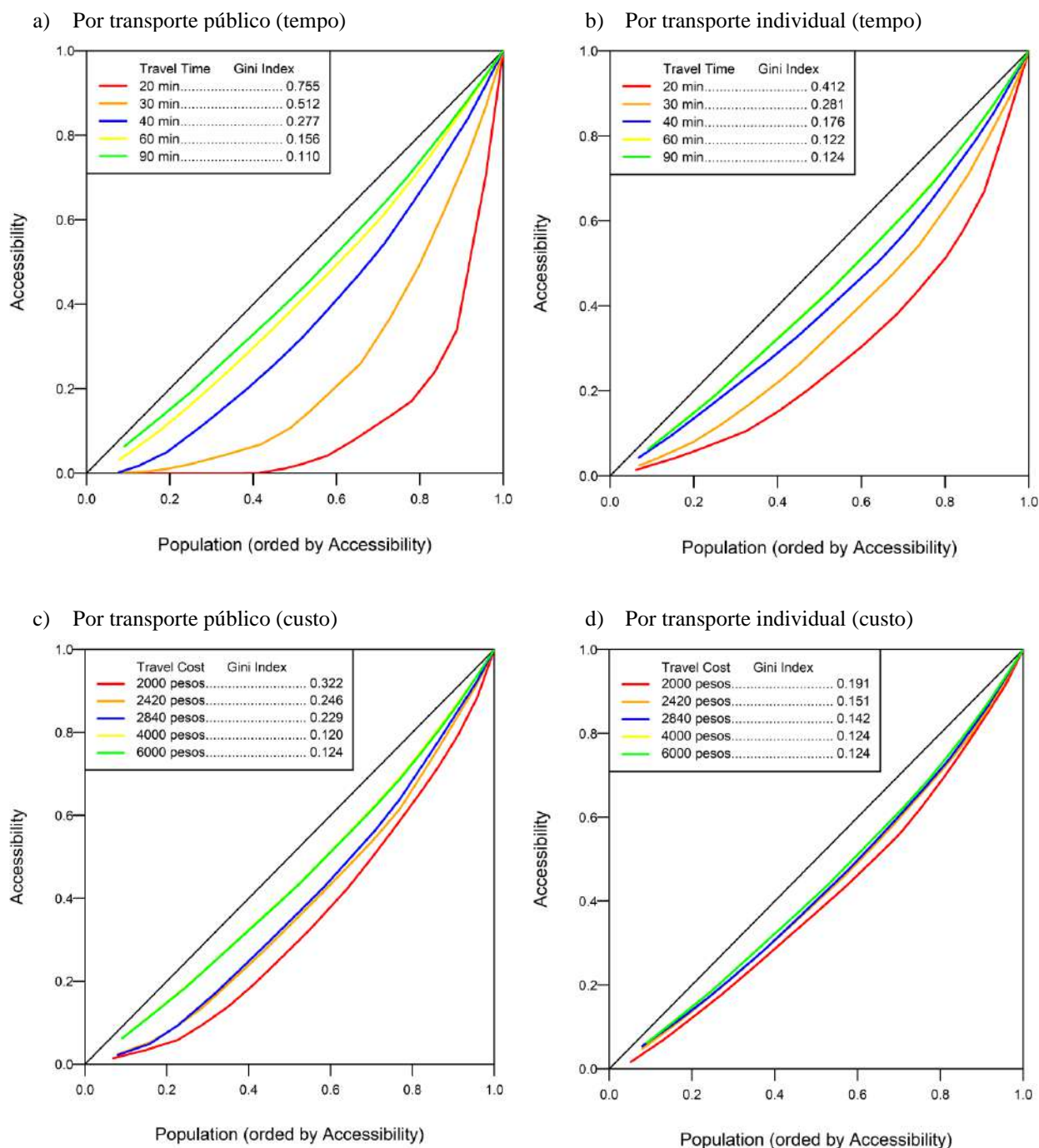


Figura 30- Índice de Gini para a acessibilidade potencial

Fonte: Elaboração própria (2020).

A tabela 28 mostra o comparativo entre os índices de Gini, por modo de transporte (público e individual), e por fator de impedância (tempo e custo de viagem).

Tabela 28 – Comparação entre os índices de Gini por grupos de renda para transporte público coletivo e transporte individual (acessibilidade potencial)

Condição (tempo ou custo de viagem)	Índice de Gini		Razão (TP/TI)
	Transporte Público	Transporte Individual	
20 minutos	0,755	0,412	1,83
30 minutos	0,512	0,281	1,82
40 minutos	0,277	0,176	1,57
60 minutos	0,156	0,122	1,28
2.000 pesos colombianos	0,322	0,191	1,69
2.420 pesos colombianos	0,246	0,151	1,64
2.840 pesos colombianos	0,229	0,142	1,61
4.000 pesos colombianos	0,120	0,124	0,97

Fonte: Elaboração própria (2020).

Observa-se que, para ambos os fatores de impedância, os trabalhadores apresentam desvantagem quando utilizam o transporte público, pois os valores dos índices de Gini são superiores, principalmente quando se considera o custo de viagem. Com exceção das viagens que custaram até 4.000 pesos colombianos, em todas as situações o transporte individual teve um menor valor do índice de Gini, como mostrado na coluna “razão (TP/TI)”.

A análise comparativa entre a acessibilidade real (AR) e potencial (AP) é importante para identificar se a cidade apresenta um desempenho neste aspecto abaixo do que ela teria capacidade. As tabelas 29 e 30 mostram a razão dos índices de Gini, para cada grupo de renda e modo de transporte. A razão calculada é com base nos dados da tabela 30, que trata da acessibilidade potencial, e mostrados nas figuras 12 e 13.

Tabela 29 – Comparação dos índices de Gini para a acessibilidade real e potencial por transporte público

Condição (tempo ou custo de viagem)	Transporte Público		Razão GR1 (AR/AP)	Razão GR2 (AR/AP)
	GR1 - AR	GR2 - AR		
20 minutos	0,834	0,769	1,10	1,02
30 minutos	0,621	0,612	1,21	1,20
40 minutos	0,487	0,425	1,76	1,53
60 minutos	0,096	0,11	0,62	0,71
2000 pesos colombianos	0,424	0,547	1,32	1,70
2420 pesos colombianos	0,104	0,115	0,42	0,47
2840 pesos colombianos	0,089	0,06	0,39	0,26
4000 pesos colombianos	0,002	0,003	0,02	0,03

Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o transporte público, e fator de impedância tempo de viagem, o índice de Gini para acessibilidade real apresenta um resultado pior do que para a acessibilidade potencial (mais próximo de 1), para os tempos de até 40 minutos, em ambos os grupos de renda. Para o fator

de impedância custo de viagem, o índice teve pior resultado para o valor de 2.000 pesos colombianos, nos demais o cenário da acessibilidade potencial foi menos equitativo do que na acessibilidade real.

Isso significa que o tempo de viagem é uma variável que dificulta o acesso aos empregos na cidade de Medellín, ou seja, faz-se necessário uma melhoria no sistema de transportes da cidade. O fato de que o cenário com 2.000 pesos colombianos seja mais desigual para a acessibilidade potencial reitera a necessidade de um acréscimo no valor do auxílio transporte, para que assim o percentual de renda gasto com transporte por família seja menor do que a aplicada atualmente.

A tabela 30 mostra as razões para o transporte individual.

Tabela 30 – Comparação dos índices de Gini a acessibilidade real e potencial por transporte individual

Condição (tempo ou custo de viagem)	Transporte Individual		Razão GR1 (AR/AP)	Razão GR2 (AR/AP)
	GR1 - AR	GR2 - AR		
20 minutos	0,276	0,545	0,67	1,32
30 minutos	0,202	0,177	0,72	0,63
40 minutos	0,089	0,077	0,51	0,44
60 minutos	0,003	0,005	0,02	0,04
2000 pesos colombianos	0,136	0,09	0,71	0,47
2420 pesos colombianos	0,106	0,052	0,70	0,34
2840 pesos colombianos	0,072	0,018	0,51	0,13
4000 pesos colombianos	0,005	0,018	0,04	0,15

Fonte: Elaboração própria (2020).

Para o transporte individual, com exceção dos deslocamentos de até 20 minutos de viagem para o grupo de renda 2, a acessibilidade real é mais equitativa para a cidade do que a acessibilidade potencial. Isso sugere que o auxílio transporte da maneira como funciona atualmente, que é recebido como um acréscimo na remuneração, contribui para melhorar a acessibilidade a empregos por transporte individual dos trabalhadores por esse modo de transporte, e consequentemente a equidade local. Porém, já foi verificado que é necessário um aumento no valor aplicado atualmente, o que melhoraria a equidade promovida pelo subsídio em questão.

Em seguida, foram geradas as curvas de concentração para a acessibilidade potencial, para ambos os modos de transporte e fatores de impedância, como pode ser visualizado na figura 31.

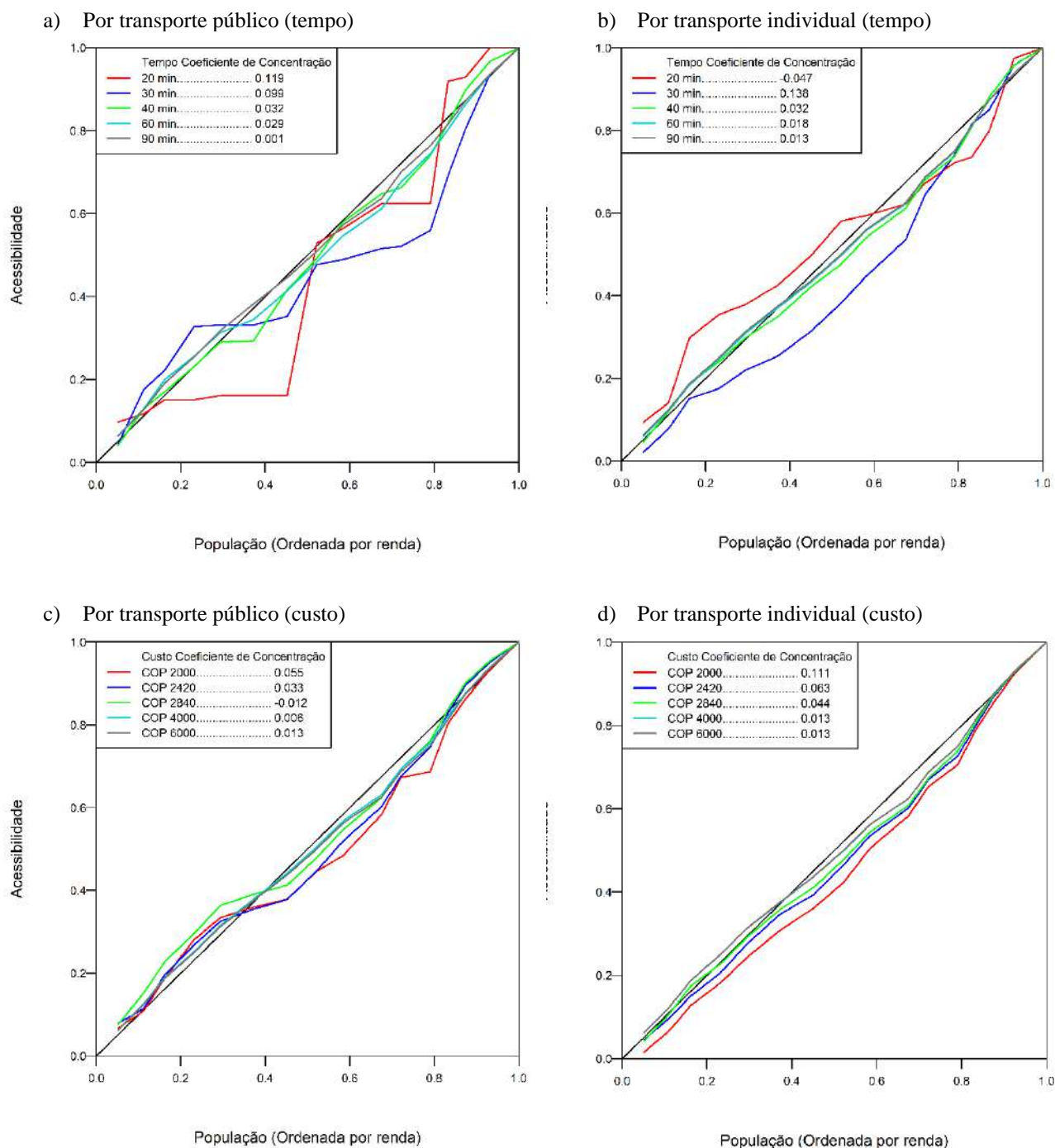


Figura 31- Curvas de concentração para a acessibilidade potencial

Fonte: Elaboração própria (2020).

Os resultados diferem dos encontrados para a curva de Lorenz e índice de Gini. Para o fator de impedância tempo de viagem, por transporte público, tem-se agora valores baixos, próximos da linha de equidade perfeita. A curva dos tempos de 20 e 30 minutos apresentam oscilação, e em momentos específicos a curva ultrapassa a linha de 45 graus, mostrando-se favorável para pessoas de menor poder aquisitivo. Os coeficientes são, respectivamente, 0.119 e 0.099.

Por transporte individual, até 60% da população (ordenada por renda), tem-se a curva de concentração para o deslocamento de até 20 minutos de viagem acima da linha de 45 graus, significando uma condição favorável na acessibilidade por transporte individual. Para este caso, o coeficiente é negativo (-0.047). A curva que representa o tempo de viagem de 30 minutos apresenta o maior coeficiente (0.138).

Para o fator de impedância custo de viagem, para o transporte público tem-se que até aproximadamente 40% da população com menor renda todas as curvas acima da linha de 45 graus, o que representa um aspecto positivo na acessibilidade potencial local. Todos os coeficientes foram considerados baixos, significando um sistema equitativo de transporte. Para o transporte individual, os resultados dos coeficientes são próximos dos alcançados pela curva de Lorenz (índice de Gini), com todas as curvas próximas à linha da equidade perfeita.

6.11 Considerações finais do capítulo

A aplicação do procedimento proposto foi capaz de verificar a influência de políticas de subsídios de tarifa de transporte público para acesso ao emprego sob o aspecto da equidade vertical, tendo como base a acessibilidade a empregos. As etapas seguiram uma sequência que permitiu entender e desenvolver de forma cautelosa a análise e entendimento dos dados e informações gerados nos resultados. Primeiramente permitindo entender as características da cidade objeto de estudo, seguida da aplicação do indicador de acessibilidade e da medida de equidade para cada grupo populacional trabalhado. A etapa de análise e discussão dos resultados tratou os grupos de renda 1 e 2 de forma separada, para em seguida fazer um comparativo entre eles, e assim identificar as localidades críticas.

Posteriormente, fez-se uma comparação entre a equidade vertical promovida pelas acessibilidades real e potencial, que permite diagnosticar como as políticas de subsídios e sistemas de transporte atuais estão em relação à sua capacidade de desempenho.

As curvas de concentração as variações que podem ocorrer na acessibilidade quando se considera a proporção cumulativa da renda per capita da população, em que em alguns momentos ela é concentrada em quem é menos favorecido e outros em quem é mais favorecido economicamente falando.

Assim, destaca-se que o uso complementar das medidas de equidade (curva de Lorenz, índice de Gini e curvas de concentração) enriqueceu a análise, tanto para a acessibilidade real quanto para a acessibilidade potencial,

Ressalva-se que em caso de análise de política de subsídios em vigor, a obtenção de dados de deslocamento anteriores traria uma análise mais fiel da sua influência na promoção de equidade no acesso a empregos, pois permitiria verificar avanços ou retrocessos. Quando se tratar de políticas a serem implementadas, deve-se testar o máximo de cenários possíveis, de modo a tomar uma decisão mais assertiva sobre qual política de subsídios deve começar a funcionar e como se dará esse processo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

A construção do objeto de pesquisa desta tese foi fruto de uma revisão sistemática, em que a pesquisadora teve uma ideia inicial e a fundamentou através de pesquisas em bases de dados com credibilidade no ambiente acadêmico (*Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*), buscando importantes publicações em periódicos de reconhecimento internacional sobre as temáticas que envolvem o estudo.

O objetivo principal desta tese foi alcançado, uma vez que foi concluída a análise da influência de subsídios tarifários em relação ao nível de equidade vertical, a partir da elaboração de um procedimento estruturado, que considerou dois diferentes grupos populacionais e confrontou o transporte público com o individual motorizado, tendo como base a aplicação de um indicador de acessibilidade a oportunidades. Para determinar este nível foram utilizadas/aplicadas as seguintes medidas de equidade: curva de Lorenz, índice de Gini e curvas de concentração.

Em relação aos objetivos secundários, eles também foram atendidos. A partir deste estudo foi possível perceber que os subsídios tarifários de transporte elevam o nível de acessibilidade a oportunidades no espaço urbano, contribuindo assim para diminuir as desigualdades sociais tão visíveis nas cidades, especialmente nos grandes centros. Analisando esses conceitos sob a ótica de viagens por motivo trabalho, tem-se uma questão delicada que é o número de empregos informais, principalmente em países da América Latina, em que a economia é instável, o que justifica eles terem sido considerados neste estudo.

Foi elaborado um procedimento estruturado envolvendo a complexidade dos conceitos trabalhados nesta tese (acessibilidade, equidade e subsídios tarifários), se caracterizando como uma contribuição deste estudo. Através do cumprimento deste objetivo específico foi possível alcançar os demais objetivos de forma clara e mais precisa. Por fim, houve a análise comparativa dos valores de equidade vertical obtidos a partir do cálculo da acessibilidade real e potencial.

A aplicação do procedimento proposto permitiu conhecer a realidade do município de Medellín em relação à acessibilidade a empregos e à equidade vertical promovida por políticas de subsídios tarifários, considerando os fatores de impedância custo e tempo de viagem. Ressalta-se também a importância da Pesquisa Origem Destino para se obter dados confiáveis sobre as viagens realizadas pela população para qualquer atividade, pois isto permite conhecer a realidade e assim elaborar e implementar políticas de transporte mais apropriadas para as

necessidades da população. A inserção dos dados de empregos informais amplia o número de oportunidades que podem e que estão sendo acessadas pelos trabalhadores, além de que os excluir seria ignorar a realidade da América Latina, em que se tem um elevado nível de informalidade, visto a situação instável da economia.

Deste modo, com base nos resultados obtidos a partir do estudo de caso em Medellín, é possível responder aos questionamentos feitos na problemática desta tese. Os resultados alcançados validam as hipóteses principal e secundárias que foram apontadas no capítulo introdutório. Eles indicam que há diferença no comportamento das viagens entre os grupos de renda analisados, e principalmente entre os modos de transporte. A hipótese geral e a primeira afirmação da hipótese secundária são respaldadas na resposta do questionamento (i).

Ao comprovar que a análise da acessibilidade a oportunidades possibilita uma análise mais desagregadas, explorou-se os resultados para identificar as localidades críticas. Sobre o comparativo das acessibilidades real e potencial, tem-se que elas diferem, tendo a potencial como mais equitativa porque considera todas as possibilidades que os trabalhadores têm de alcançar os empregos durante o trajeto de uma zona para outra.

Assim, findado este estudo, é possível responder aos dois questionamentos levantados na problemática no capítulo 1.

(i) Qual o nível de equidade entre os grupos populacionais, analisando os modos de transporte público coletivo e individual motorizado em termos de tempo e custo de viagem (fatores de impedância), com a implementação de políticas de subsídios tarifários?

O grupo de renda 1 apresenta maior dispersão geográfica dos empregos, o que implica em maiores tempos de viagem. Quando se adota o tempo de 20 minutos, esse grupo acessa um menor número de oportunidades. Com 40 minutos, o grupo de renda 2 tem um valor satisfatório (74,76%), contra 55,44% para o outro grupo. Com isso, tem-se que a acessibilidade a empregos é melhor para o grupo de renda 2 (não aptos a beneficiários do subsídio tarifário) para as impedâncias tempo e custo de viagem.

Os valores dos índices de Gini para o grupo de renda 1 são maiores do que os obtidos para o grupo de renda 2, implicando que não há equidade na cidade quando se trata do quesito transporte. Ou seja, o sistema de transporte atual não é equitativo o suficiente entre os grupos populacionais. Assim, no caso de Medellín, os usuários com maior nível de renda mensal têm melhor acesso aos empregos, o que pode ser devido ao meio de transporte utilizado ou à localização da residência.

Porém, os resultados indicam que a inequidade social no acesso ao emprego está mais evidente na comparação entre os modos de transporte do que entre os grupos de renda. Para o grupo de renda 1, os tempos de viagem comparáveis são de 40 e 20 minutos, respectivamente; para o grupo de renda 2, só há valores aproximados com o tempo de 90 minutos. O mesmo ocorre para os custos de viagem, se equiparando no valor de 4000 pesos colombianos. Para os usuários do transporte público, os valores do grupo de renda 1 são maiores para todas as faixas horárias adotadas. No caso de usuários de transporte individual, os resultados são melhores apenas para a faixa de tempo de 20 minutos e o custo de 2.000 pesos colombianos, e para as outras faixas os valores são menores, mas não mais distantes.

Os coeficientes de concentração evidenciaram que, para ambos os fatores de impedância (tempo e custo de viagem), há uma maior vantagem para a parcela da população mais favorecida economicamente, tanto para o modo de transporte público quanto para o individual motorizado.

Sintetizando, tem-se que o estudo de caso mostrou que existe desigualdade no acesso ao trabalho na comparação dos meios de transporte em Medellín, pois o individual motorizado tem vantagem em relação ao tempo de deslocamento. Além disso, quando o transporte público não é subsidiado, o individual também supera no custo da viagem. Essa diferença foi mais acentuada do que quando foi analisada apenas a faixa de renda (grupo populacional) a que o usuário pertence.

(ii) Quanto é a discrepância no nível de equidade vertical quando analisadas as acessibilidades real e potencial em um cenário com existência de políticas de subsídios tarifários?

O estudo mostrou que, na maioria das vezes, para o transporte público, os valores do índice de Gini para a acessibilidade real são maiores do que os resultantes da aplicação da acessibilidade potencial, considerando ambos os fatores de impedância trabalhados. Ou seja, o cenário é mais equitativo quando se considera a acessibilidade potencial. Os valores exatos estão dispostos nas tabelas 29 e 30.

No caso de Medellín, como o auxílio transporte se dá a partir de um incremento na remuneração do trabalhador, é possível utilizá-lo para custear o deslocamento por transporte individual motorizado, caso o trabalhador tenha acesso a ele. Com isso, os resultados da acessibilidade real demonstraram promover uma melhor equidade local para esse modo de transporte. Para os resultados das curvas de concentração, observa-se que, de modo geral, há maior vantagem para a parcela da população mais favorecida. Porém, para tempo de viagem e

transporte individual, em torno de 60% da acessibilidade se deu pela população menos favorecida.

Esses resultados também permitem identificar as localidades que necessitam de melhorias no sistema de transporte, seja em relação à oferta de transporte ou em relação à política de subsídio adotada.

De modo geral em Medellín, tem-se que as comunas que apresentam os maiores tempos de viagem são as que também não contam com o sistema de metrô, a exemplo de Popular, Manrique, Doce de Octubre e Belén. Para ambos os grupos de renda, as comunas Robledo, Aranjuez e Belém, com o tempo de 40 minutos, apresentam grande discrepância no acesso a empregos, comparando os modos de transporte. São comunas que também não têm disponível o sistema de metrô, mas as duas últimas têm o serviço de metroplus (BRT). Ressalta-se, assim, a importância de melhorar os serviços oferecidos à população, priorizando o transporte público coletivo e/ou implementando uma política de subsídio tarifário local. Um outro aspecto a considerar é o estudo dos padrões de uso do solo no município para posterior reestruturação de sua organização. Conclusões nesse sentido devem se repetir em outras cidades com características semelhantes.

7.2 Implicações

A metodologia utilizada foi capaz de analisar a influência de políticas de subsídios tarifários, a partir do nível de equidade vertical, e tendo como base a acessibilidade ao emprego, comparando grupos populacionais (por grupos de renda - elegíveis e não elegíveis para o referido subsídio tarifário - e por modos de transporte). A sequência de etapas permitiu examinar e compreender cuidadosamente as informações e dados obtidos no estudo de caso.

Primeiramente, foi possível compreender as características da área e os direcionamentos para tratamento dos dados, seguindo-se a aplicação do indicador de acessibilidade a oportunidades e medidas de equidade no cenário estudado, e por fim unindo esses aspectos para interpretar os resultados obtidos. Destaca-se a importância de analisar cada grupo populacional de forma isolada, e em seguida fazer a análise comparativa; além disso, é importante a identificação das localidades críticas, que é possível através dos valores de acessibilidade gerados e das informações gerais disponibilizadas por fontes oficiais. Através deste diagnóstico

é possível identificar as zonas que influenciam, para mais ou para menos, o índice de equidade geral, por cada grupo populacional trabalhado.

Diante do exposto, afirma-se que mesmo com resultados focados no estudo de caso, a proposta metodológica deste estudo também foi desenvolvida para ser replicável em outras localidades, especificamente em países em desenvolvimento, visto que muitas cidades, neste contexto geográfico, podem ter dados disponíveis equivalentes e também apresentar uma abordagem semelhante em relação às políticas de transporte, com especial atenção às políticas de subsídio tarifário. Isso se deve ao fato de que a desigualdade em áreas urbanas da América Latina, por exemplo, tende a ser mais evidente do que em países desenvolvidos, podendo apresentar condições semelhantes às deste estudo (em termos de disponibilidade de dados e a política de transporte), permitindo a replicabilidade da metodologia proposta.

7.3 Limitações e sugestão de trabalhos futuros

No estudo de caso foram consideradas as viagens de deslocamento para o trabalho dos respondentes que declararam sua renda mensal, dividida em grupos populacionais, o que permitiu a análise das condições de mobilidade de possíveis beneficiários e não beneficiários de subsídio tarifário. O fato de algumas viagens em transporte motorizado não terem sido consideradas pode implicar em imprecisões nas características das viagens, pois não foi verificado se essas viagens tiveram um custo e/ou tempo de viagem maior ou menor do que as viagens analisadas.

É importante também mencionar a exclusão das viagens realizadas a pé ou de bicicleta, devido ao enfoque no transporte motorizado. Para considerar essas viagens, seria interessante saber o motivo da escolha do meio de transporte, já que se poderia distinguir se era opcional (por preferência ou morar próximo ao local de trabalho) ou por condições de acessibilidade. No entanto, essas informações não estão incluídas na Pesquisa Origem-Destino Domiciliar usada neste estudo.

Assim, a limitação deste trabalho está relacionada a um possível exagero ou subestimação do verdadeiro nível de acessibilidade aos empregos na cidade e, conseqüentemente, da atual equidade vertical, para cima ou para baixo. No entanto, é relevante destacar que as escolhas metodológicas deste estudo (incluindo a seleção da amostra)

mostraram-se adequadas para entender se os atuais subsídios tarifários estão cobrindo as camadas da população que deveriam ser beneficiadas por essa política pública.

Como sugestão para estudos futuros, surgem três propostas: 1) Analisar o efeito da política de subsídio sobre a população beneficiária em relação ao percentual de renda gasto com transporte; 2) Desenvolver um estudo que seja capaz de identificar a necessidade de novas políticas de transporte ou reformulação das existentes; e 3) Utilizar outras medidas de equidade, como o índice de Theil e o indicador de proporção “Palma”, para comparar com os resultados obtidos do índice de Gini.

REFERÊNCIAS

- ABANDO, L. L. ORTIZ, A. G. **La utilidad de los estudios de impacto territorial: el caso de Plan de Carreteras de la Comunidad Autónoma de País Vasco**. Revista accesibilidad y Territorio, vol. I, pp. 78-87, 1996.
- ABRANTES, P. A. L. **The economic value of bus subsidy**. Transportation Research Procedia. European Transport Conference 2014. Vol. 8, pp. 247-258, 2015.
- AHERN, A. VEGA, A. CAULFIELD, B. **Deprivation and access to work in Dublin City: the impact of transport disadvantage**. Research in Transportation Economics. Vol. 57, pp. 44-52, 2016.
- ALCADÍA DE MEDELLÍN. **Datos generales de la ciudad**. 2018. Disponível em: <<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin>>. Acessado em: 10 de março de 2019.
- _____. **Secretaría de Movilidad**. 2019. Disponível em: <<https://www.medellin.gov.co/movilidad/secretaria-de-movilidad>>. Acessado em: 05 de maio de 2019.
- _____. Medata. **Medellín em cifras: pobreza monetária de Medellín**. 2018. <<http://medata.gov.co/medell%C3%ADn-en-cifras/pobreza-monetaria-de-medell%C3%ADn>>. Acessado em: 05 de abril de 2021.
- ALLEN, W. B., LIU, D. SINGER, S. **Accessibility measures of U.S. metropolitan areas**. Transportation Research Part B: Methodological, 27 (6), 439-449, 1993.
- ARDILA-GOMEZ, A. ORTEGON-SANCHEZ, A. **Sustainable urban transport financing from the sidewalk to the subway: capital, operations, and maintenance financing**. Series: World Bank Studies. World Bank Publications. Washington, DC. 2016.
- ARMSTRONG-WRIGHT, A., THIRIEZ, S.. **Bus Services: Reducing Costs, Raising Standards**. World Bank technical paper # WTP 68. The World Bank, Washington, DC: 1987.
- BALDIN, N. MUNHOZ, E. M. B. **Educação ambiental comunitária: uma experiência com a técnica de pesquisa *Snowball* (bola de neve)**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. V. 17, julho a dezembro de 2011.
- BASSO, L. J. JARA-DÍAZ, S. R. **Integrating congestion pricing, transit subsidies and mode choice**. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Vol. 46, pp. 890-900, 2012.
- BOCAREJO S., J. P. OVIEDO H., D. R. **Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments**. Journal of Transport Geography. Volume 24, pp. 142-154, 2012.
- BOCAREJO, J. P. *et al.* **Accessibility analysis of the integrated transit system of Bogotá**. International Journal of Sustainable Transportation. Vol. 10, pp. 308-320, 2016.

BOCAREJO, J. P. *et al.* **An innovative transit system and its impact on low income users: the case of the Metrocable in Medellín.** Journal of Transport Geography. Volume 39, pp. 49-61, 2014.

BOISJOLY, G. MORENO-MONROY, A. M. EL-GENEIDY, A. **Informality and accessibility to Jobs by public transit: evidence from the São Paulo Metropolitan Region.** Journal of Transport Geography. Volume 64, pp. 89-96, 2017.

BRACARENSE, L. S. F. P. FERREIRA, J. O. N. **Índice de acessibilidade para comparação dos modos de transporte privado e coletivo.** Revista Brasileira de Gestão Urbana URBE, 10 (3), pp. 600-613, set/dez, 2018.

BRASIL. Lei nº 7.418, de 16 de dezembro de 1985. **Institui o Vale-Transporte e dá outras providências.** 1985. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7418.htm>. Acessado em 14 de dezembro de 2018.

BRASIL. Lei nº 7.619, de 30 de setembro de 1987. **Altera dispositivos da Lei nº 7.418, de 16 de dezembro de 1985, que instituiu o Vale-Transporte.** 1987. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7619.htm>. Acessado em: 14 de dezembro de 2018.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal.

BRASIL. Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. **Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências.** 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.741.htm>. Acessado em: 14 de dezembro de 2018.

BUREAU, B. GLACHANT, M. **Distributional effects of public transport policies in the Paris Region.** Transport Policy. Volume 18, pp. 745-754, 2011.

BURGUILLO, M. *et al.* **The new public transport pricing in Madrid Metropolitan Area: a welfare analysis.** Research in Transportation Economics. Vol. 62, pp. 25-36, 2017.

CADENA, P. C. B. *et al.* **Social and distributional effects of public transport fares and subsidy policies.** *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2544, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2016, pp. 47-54.

CAMPOREALE *et al.* **Modeling horizontal and vertical equity in the public transport design problem: a case study.** Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2018.

CARDOSO, C. E. P. (Tese de doutorado) **Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais.** Pontífica Universidade Católica de São Paulo. Pós-graduação em Serviço Social. São Paulo-SP, 2008.

CARDOSO, L. (Tese de doutorado) **Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na região metropolitana de Belo Horizonte.** Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Belo Horizonte-MG: 2007.

CARNEIRO, M. S. (Dissertação de mestrado) **Desigualdades na acessibilidade ao mercado de trabalho na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2019.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil: uma análise da POF 2003 e 2009**. Brasília: Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1803).

CARVALHO, C. H. R. **Aspectos regulatórios e conceituais das políticas tarifárias dos sistemas de transporte público urbano no Brasil**. Brasília: Ipea, 2016.

CERVERO, R. **Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21st Century**. UC Berkeley Center for Future Urban Transport: A Volvo Center of Excellence, 2005.

CHENG, J.; BERTOLINI, L. **Measuring urban job accessibility with distance decay, competition and diversity**. Journal of Transport Geography 30, 100–109, 2013.

CNT. **Anuário CNT do Transporte: estatísticas consolidadas**. 2017. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Rodoviario/1-5-1-/Transporte-p%C3%BABlico-urbano>> . Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

COLÔMBIA, MEDELLÍN. Plano de mobilidade. **Plan de Movilidad segura de Medellín**. Alcaldía de Medellín, 2014.

COLÔMBIA. Ministerio del Trabajo. Decreto nº 2209, de 30 de dezembro de 2016. **Por el cual se fija el salario mínimo mensual legal**. Bogotá, D. C., 2016a.

_____. Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones. **Portal datos Abiertos**. 2018. Disponível em: < <https://www.datos.gov.co/Estadisticas-Nacionales/Proyecciones-De-Poblacion-Medellin-2016-2020/imj6-7tfq>>. Acessado em: 15 de abril de 2019.

_____. Ministerio del Trabajo. Decreto 2.210, de 30-12-2016. **Por el cual se establece el auxilio de transporte**. Bogotá, D. C., 2016b.

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

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **Preguntas frecuentes estratificación**. 2019. Disponível em: < http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Preguntas_frecuentes_estratificacion.pdf>. Acessado em: 07 de março de 2019.

DEBOOSERE, R. EL-GENEIDY, A. **Evaluating equity and accessibility to Jobs by public transport across Canada**. Journal of Transport Geography, vol 73, pp. 54–63, 2018.

DELBOSC, A., CURRIE, G. **Using Lorenz curves to assess public transport equity**. Journal of Transport Geography, vol 19, pp. 1252–1259, 2011.

DELMELLE, E. C. CASAS, I. **Evaluating the social equity of bus rapid transit - based accessibility patterns in a developing country: the case of Cali, Colômbia.** Transport Policy, vol. 20, pp. 36-46, 2012.

DENATRAN. **Relatórios estatísticos: frota de veículos.** Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

DENYER, D., TRANFIELD, D. **Producing a systematic review.** In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The Sage handbook of organizational research methods* (p. 671–689). Sage Publications Ltd, 2009.

DREVS, F. *et al.* **Crowding-in or crowding out: An empirical analysis on the effect of subsidies on individual willingness-to-pay for public transportation.** Transportation Research Part A. Volume 59, pp. 250-261, 2014.

EL-GENEIDY, A. *et. al.* **The cost of equity: Assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost.** Transportation Research Part A. Pages 302-316, 2016.

FALAVIGNA, C. (Tese de doutorado) **Proposta metodológica para avaliar desigualdades no transporte urbano a partir de pesquisas domiciliares de deslocamentos quotidianos.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2015.

FALAVIGNA, C. HERNANDEZ, D. **Assessing inequalities on public transport affordability in two latin American cities: Montevideo (Uruguay) and Córdoba (Argentina).** Transport Policy, vol. 45, pp. 145-155, 2016.

FARBER, S. *et al.* **Assessing social equity distance based transit fares using a model of travel behavior.** Transportation Research Part A. Volume 67, pp. 291-303, 2014.

FEI, S. **Parking versus public transport subsidies: case study of Nanjing, China.** Transportation Letters. Vol. 8, pp. 90-97, 2016.

FERREIRA, B. L. G. (Dissertação de Mestrado) **Análise de geração de viagens de carga em áreas urbanas.** Universidade Federal do Rio de Janeiro: COPPE. Rio de Janeiro, 2016.

FEI, S. **Parking versus public transport subsidies: case study of Nanjing, China.** Transportation Letters. Vol. 8, pp. 90-97, 2016.

FLAMM, M. KAUFMMAN, V. **Operationalising the concept of motility: a qualitative study.** Mobilities. Volume 1, pp. 167-189, 2006.

FRANSEN, K. *et al.* **The relationship between transport disadvantage and employability: predicting long-term unemployment based on job seekers' to suitable job openings in Flanders, Belgium.** Transportation Research: Part A, 2018.

GAKENHEIMER, R. **Urban mobility in the developing world.** Transportation research Part A: policy and practice. Vol. 33, issues 7-9, pages 671-689, 1999.

GEIH-DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **Gran Encuesta integrada de hogares**. 2018. Disponível em: < <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo/geih-historicos>>. Acessado em: 20 de fevereiro de 2019.

GEURS, K.T., VAN WEE, B. **Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions**. Journal of Transport Geography. 12 (2), 127–140, 2004.

GHIMERE, R. LANCELIN, C. **The relationship between financial incentives provided by employers and commuters' decision to use transit: results from the Atlanta Regional Household Travel Survey**. Transport Policy, vol. 74, pp. 103-113, 2019.

GINI, C. W. **Variability and multability, contribution to the study os Statistical Distributions and Relations**. Studi Economico-Giuricici dela R. Universita de Cagliari. 1912.

GRENGS, J. **Nonwork accessibility as a social equity indicator**. International Journal of Sustainable Transportation, vol. 9, pp. 1–14, 2015.

GUIMARÃES, T. **Desenvolvimento de um indicador de acessibilidade para avaliação de projetos de transporte da perspectiva da exclusão social: a linha 6 do metro de São Paulo**. Anais do XXV Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte. Belo Horizonte-MG, 2011.

GUZMAN, L. A. OVIEDO, D. **Accessibility, affordability and equity: assessing 'pro-poor' public transport subsidies in Bogotá**. Transport Policy 68. Pgs. 37-51, 2018.

GUZMAN, L. A. OVIEDO, D. CARDONA, R. **Accessibility changes: analysis of the integrated public transport system of Bogotá**. Sustainability. Vol. 10. 2018.

GUZMAN, L. A. OVIEDO, D. RIVERA, C. **Assessing equity in transport accessibility to work and study: the Bogotá region**. Journal of Transport Geography. Vol. 58, pp. 236-246, 2017.

HANSEN, W. G. **How accessibility shapes land use**. Journal of the American Institute of Planners. Vol. 25, pp. 73-88, 1959.

HESS, D. B. **Decrypting fare-free public transport in Tallinn, Estonia: How modest ridership gains result from a fare policy intervention**. Case Studies on Transport Policy. Vol. 5, pp. 690-698, 2017.

HEINRICHS, D. BERNET, J. S. **Public transporte and accessibility in informal settlemebts: aerial cable in Medellín, Colômbia**. Transport Research Procedia, vol. 2, pp. 55-67. 2014.

HIDALGO, D. KING, R. **Public transport integration in Bogotá and Cali, Colombia e Facing transition from semi-deregulated services to full regulation citywide**. Research in Transportation Economics. 2014.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas** 4ª edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

IBGE. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acessado em: 10 de março de 2019.

ISEKI, H. **Equity in Regional Public Transit Finance: Tradeoffs between Social and Geographic Equity.** Journal of Urban Planning and Development. Vol. 142, Issue 4. December, 2016.

JOHNSON, D., ERCOLANI, M., MACKIE, P. **Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment.** Transport Policy, vol. 60, pp. 1–9, 2017.

LAU, J. C. Y. **The influence of suburbanization of the access to employment of workers in the new towns: a case study of Tin Shui Wai, Hong Kong.** Habitat International, volume 34, pp. 38-45, 2010.

LEGRAIN, A. BULIUNG, R. EL-GENEIDY, A. M. **Travelling fair: targeting equitable transit by understanding job location, sectorial concentration, and transit use among low-wage workers.** Journal of Transport Geography. Volume 53, pp. 1-11, 2016.

LE MOS, D. S. da C. P. da S. (Tese de Doutorado) **Análise das relações existentes entre a acessibilidade e o desenvolvimento no município de Petrópolis.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

LINNEKER, B. J. SPENCE, N. A. **Accessibility measures compared in a analysis of the impacto of the M25 London orbital motorway on Britain.** Environment and Planning A. vol. 24, n. 8, pp. 1137-1154, 1992.

LI, S. LIU, Y. **Land use, mobility and accessibility in dualistic urban China: a case study of Guangzhou.** Cities, volume 71, pp. 59-69, 2017.

LITMAN, T. **Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities.** Victoria Transport Policy Institute. Victoria. 2018.

LORENZ, M. O. **Methods of measuring the concentration of wealth.** Publications of the American Statistical Association 9, 209-219, 1905.

LUCAS, K. *et al.* **Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage.** Transportation Research Part A: Policy and Practice. Vol. 85, pp. 157-173. 2016.

LUCAS, K. VAN WEE, B. MAAT, K. **A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches.** Transportation, vol. 43, pp. 473–490, 2016.

MATAS, A., RAYMOND, J. L., ROIG, J. L. **Job Accessibility and Female Employment Probability: The Cases of Barcelona e Madrid.** Urban Studies, abril/2010, 47(4), 769-787.

MATSUYUKI, M., *et al.* **Impact of aerial cable car in low-income area in Medellin, Colombia.** Transportation Research Procedia, 2020, 48, 3264-3282.

MELLO, A. J. R. (Tese de Doutorado) **A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: o caso da região metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2015.

MILAN, B. F. CREUTZIG, F. **Lifting peripheral fortunes: upgrading transit improves spatial, income and gender equity in Medellin**. Cities. Vol. 70, pp. 122-134, 2017.

MITRIC, S. **Urban transport lending by the World Bank: the last decade**. Research in Transportation Economics. Vol. 40, pp. 19-33, 2013.

MOUWEN, A. OMMEREN, J. V. **The effect of contract renewal and competitive tendering on public transport costs, subsidies and ridership**. Transportation Research Part A. Volume 87, pp. 78-89, 2016.

NAHMIAS-BIRAN, B. *et al.* **Equity Aspects in Transportation Projects: Case Study of Transit Fare Change in Haifa**. International Journal of Sustainable Transportation. Volume 8:1, pp. 69-83, 2013.

NIEHAUS, M. GALILEA, P. HURTUBIA, R. **Accessibility and equity: an approach for wider transport Project assessment in Chile**. Research in Transportation Economics, vol.59, pp. 412-422, 2016.

PÉREZ, D. E. C. GÓMEZ, J. V. P. (Trabajo de grado de especialización). **Modelo de evaluación de la operación del transporte público colectivo em Medellín com diferentes tecnologías limpias**. Universidad de Medellín. Medellín, 2015.

RAIA Jr, A. A. **Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas**. (Tese de Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

RIBEIRO NETO, L. G. BRASILEIRO, A. **Gestão de sistemas integrados de transporte de passageiros: estudo comparativo Recife – Medellín**. XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte. Recife, 2017.

RICCIARDI, A. M. XIA, J. CURRIE, G. **Exploring public transport equity between separate disadvantaged cohorts: a case study in Perth, Australia**. Journal of Transport Geography, vol. 43, pp. 111-122, 2015.

ROCK, S. AHERN, A. CAULFIELD, B. **The economic boom, bust and transport inequity in suburban Dublin, Ireland**. Research in Transportation Economics. Vol. 57, pp. 32-43, 2016.

ROSADO, M. C. ULYSSÉA NETO, I. **Determinação de índices de acessibilidade a serviços de educação utilizando sistema de informações geográficas**. XIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. Anais, vol. I, pp. 29-39. São Carlos, 1999.

SABERI, M. *et al.* **Measuring housing and transportation affordability: A case study of Melbourne, Australia**. Journal of Transport Geography. Vol. 65, pp. 134-146, 2017.

SAKAI, H. SHOJI, K. **The effect of governmental subsidies and contractual modelo on the publicly-owned bus sector in Japan.** Research in Transportation Economics. Vol. 29, pp. 60-71, 2010.

SAKAMOTO, K. et. al. **Financiamento do transporte urbano sustentável. Módulo 1f – Transporte sustentável:** um livro fonte para elaboradores de política em cidades em desenvolvimento. GIZ. BMZ. Eschborn, 2011.

SAMPAIO, M. I. C. (Tese de doutorado) **Qualidade de artigos incluídos em revisão sistemática:** comparação entre latino-americanos e de outras regiões. Universidade de São Paulo: Instituto de Psicologia. São Paulo, 2013.

SÃO PAULO (2018). **Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes.** Prefeitura de São Paulo. Disponível em: < <http://bilheteunico.sptrans.com.br/>>. Acessado em: 14 de dezembro de 2018.

SHEN, Q. **Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers.** Environment and Planning B: Planning and Design, v. 25, n. 3, p. 345-365, 1998.

_____. **A spatial analysis of job openings and access in a US Metropolitan Area.** Project Report. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, junho/1999.

SHIMBEL, A. **Structural parameters of communication networks.** Bulletin of Mathematical Biophysics, vol. 15, pp. 501-507, 1953.

SHIRMOHAMMADLI, A. LOUEN, C. VALLÉE, D. **Exploring mobility equity in a society undergoing changes in travel behavior:** a case study of Aachen, Germany. Transport Policy, vol. 46, pp. 32-39, 2016.

STANLEY, J. *et al.* **Social exclusion:** the roles of mobility and bridging social capital in regional Australia. Transportation Research: Part A. 2018.

STRAMBI, O. (Tese de doutorado) **Critérios de eficiência e equidade para a análise de estruturas tarifárias para o transporte público urbano.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, SP: 1991.

SUN, Y. et. al. **Implications of the cost of public funds in public transit subsidization and regulation.** Transportation Research Part A. Volume 91, february, pp. 236-250, 2016.

UBBELS, B. NIJKAMP, P. **Unconventional funding of urban public transport.** Transportation Research Part D. pgs. 317-329. 2002.

TRIGUEIRO, A. **Cidades e soluções:** como construir uma cidade sustentável. Rio de Janeiro: Leya, 2017.

VALLE DE ABURRÁ. Área metropolitana Valle de Aburrá. **Encuesta Origen Destino 2017:** síntese das informações. Disponível em: < <https://www.metropol.gov.co/movilidad>>. Acessado em: 15 de fevereiro de 2019.

- VAN WEE, B., HAGOORT, M., ANNEMA, J. A. **Accessibility measures with competition.** Journal of Transport Geography, 9, pp.199-208, 2001.
- VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente.** Barueri, SP: Manole, 2013.
- VERBICH, D. EL-GENEIDY, A. **Public transit fare structure and social vulnerability in Motreal, Canada.** Transportation Research Part A. Volume 96, february, pp. 43-53, 2017.
- WACHS, M. KUMUGAI, T. G. **Physical accessibility as a social indicator.** Socioeconomic Planning Science, vol. 7, pp. 437-456, 1973.
- WANG, F. **Job proximity and accessibility for workers of various wage groups.** Urban Geography, 24(3), 253-271, 2003.
- WANG, Z. LI, X. CHEN, F. **Impact evaluation of a mass transit fare change on demand and revenue utilizing smart card data.** Transportation Research Part A. Volume 77, pp. 213-224, 2015.
- WAGSTAFF, A. PACI, P. van DOORSLAER, E. **On the measurement of inequalities in health.** Social Science & Medicine. Vol. 33(5), p. 545-557. 1991.
- WELCH, T. F. **Equity in transport: the distribution of transit access and connectivity among affordable housing units.** Transport Policy, vol. 30, pp. 283-293, 2013.
- WELCH, T. F. MISHRA, S. **A measure of equity for public transit connectivity.** Journal of Transport Geography. Volume 33, pp. 29-41, 2013.
- YE LI, H. D. YUEWU YU, W. L. **Urban transport social needs in China: Quantification with central government transit grant.** Transport Policy. Volume 51, pp. 126-139, 2016.
- ZACARIA, T. **Urban transportation accessibility measures: modifications and uses.** Traffic Quaterly, vol. 28, n. 3, pp. 467-479, 1974.
- ZHOU, J. ZHANG, M. ZHU, P. **The equity and spatial implications of transit fare.** Transportation Research: Part A, vol. 121, pp. 309-324, 2019.
- ZOU, W. MIZOKAMI, S. **Incentive subsidy scheme design with elastic transport demand.** Journal of Advanced Transportation. Vol. 48, pp. 927-941, 2013.

APÊNDICE

ANEXO A

Tabela 31 - Resultado do critério 1 definido na Etapa 2.2 da revisão sistemática

REFERÊNCIA	LOCAL DE APLICAÇÃO	METODOLOGIA APLICADA
SAKAI SHOJI (2010)	Japão	Modelo empírico, utilizando a função de custo trans-log. Foram utilizadas variáveis de custo e preço e de características de serviço. Foram estimados diversos parâmetros dentro de 3 modelos, e em seguida calculada a elasticidade dos subsídios.
BUREAU & GLACHANT (2011)	Paris - França	Abordagens: benefícios induzidos – a) por uma redução tarifária e b) por um aumento na velocidade do transporte público. Análise para ambas: efeitos nos grupos de renda e efeitos em locais residenciais. Primeiro, calcularam os benefícios induzidos pelo cenário no nível individual. Em segundo lugar, examinou-se a distribuição de benefícios entre os indivíduos. Comparação de cenários de preço e velocidade.
DELBOSC & CURRIE (2011)	Melbourne - Austrália	Metodologia: Curva de Lorenz, índice de transporte público e dados de censo. Resultados: equidade horizontal na população de Melbourne, mapeando lacunas de lacunas horizontais e equidade vertical para grupos populacionais específicos.
BOCAREJO & OVIEDO (2012)	Bogotá - Colômbia	Metodologia: tipos de acessibilidade estudados - real, com parâmetros padrões e disponível sob as preferências desejadas; e avaliação das políticas de transporte. Resultados: informação disponível, escolha da zona de estudo e estimação da acessibilidade. Avaliação das políticas de transporte: sistema de tarifa de subsídio cruzado e avaliação de uma nova linha de BRT.
MITRIC (2013)	Suécia	Estudou o custo marginal do tráfego rodoviário e ferroviário e internalização, bem como os efeitos positivos para o transporte público com a sua redução. Foi feita a aplicação para as áreas urbana e rural.
NAHMIAS-BIRAN <i>et al.</i> (2013)	Haifa - Israel	Metodologia: coleta de dados (dados da receita da tarifa e pesquisa com passageiros a bordo). Resultados: mudanças no comportamento de viagem, distribuição da alteração tarifária e análise da equidade horizontal. Estatística descritiva (equidade vertical). A curva de Lorenz e o índice de Gini foram usados para analisar se a mudança de tarifa foi igualmente distribuída.
WELCH & MISHRA (2013)	Washington - EUA	Metodologia: conectividade, captação e acessibilidade de transporte e índice de desigualdade. Demonstração com um problema-exemplo, e em seguida o estudo de caso. A metodologia foi desenvolvida a partir de uma abordagem teórica de gráficos para todos os níveis de cobertura de serviços de transporte público.
ZOU & MIZOKAMI (2013)	Arao - Japão	Modelo de esquema de subsídio de incentivo. Metodologia: modelo matemático com o objetivo de maximizar o bem-estar social com base na demanda elástica. Análise de 4 casos (cenários). Etapas dos resultados: situação dos serviços de ônibus, calibração de parâmetros e análise dos resultados.
BOCAREJO <i>et al.</i> (2014)	Bogotá - Colômbia	Metodologia: coleta de dados, definição de cenários, estimativa de parâmetros de acessibilidade para o cenário base, recálculo de acessibilidade para cenários hipotéticos e análise de hot spot. Conceito e indicador de acessibilidade a oportunidades (Hansen, 1959). Grupo focal e grupo de controle. Regressão linear múltipla.
DREVS <i>et al.</i> (2014)	Freiburg - Alemanha	Metodologia: localização do estudo, levantamento e medições – a cidade de Freiburg e seu serviço de transporte público, pesquisa (entrevista com 220 passageiros) e medidas. Resultados: como as informações sobre subsídios públicos afetam a

REFERÊNCIA	LOCAL DE APLICAÇÃO	METODOLOGIA APLICADA
		aglomeração de indivíduos para serviços de TP, efeitos de medidas comportamentais e diferenças nas medidas comportamentais entre subgrupos relacionados à aglomeração. Análise com ANOVA.
FARBER <i>et al.</i> (2014)	Utah - EUA	Derivação de um modelo ordinal/contínuo, usado para estimar simultaneamente a decisão conjunta de quantas viagens de transporte público devem ser feitas. Método de pesquisa: dados e modelo ordinal/contínuo. O custo foi considerado como uma utilidade negativa generalizada sensível às características sociodemográficas dos indivíduos.
VERBICH, D. EL-GENEIDY (2015)	Montreal - Canadá	Modelagem de regressão binomial negativa, considerando os tipos de tarifas existentes no sistema avaliado. Etapas do método: contexto da cidade, preparação dos dados, variáveis espaciais e demográficas e modelagem estatística. Resultados: modelos de compra de tarifas de transporte.
WANG, LI & CHEN (2015)	Pequim - China	Metodologia: desenvolvimento de um modelo matemático para analisar o impacto dos aumentos de tarifas nas receitas de uma grande rede de TP. Fontes de dados: elasticidade de preço da demanda de metrô de Pequim, matrizes de origem-destino atuais, matriz e menor comprimento de caminho e alternativas de alteração de tarifa. Resultados e discussões: elasticidades de preço da demanda para vários níveis tarifários e distâncias de viagem, distribuição de caminho mais curto e distância da viagem e o efeito das três novas alternativas tarifárias na demanda e receita.
DENG, YE LI & YUEWU YU (2016)	China	Foi desenvolvida uma abordagem para quantificar as necessidades sociais do transporte. Etapas: quantificação (visão geral, índice de volumes da viagem de necessidades sociais e índice da distância da viagem de necessidades sociais). Em seguida, fez-se uma proposta para a locação de subvenções do governo central. Uso de um modelo de regressão.
EL-GENEIDY <i>et al.</i> (2016)	Montreal – Canadá	Dados e metodologia: medidas de acessibilidade – acessibilidade baseada no tempo; no custo da tarifa; no tempo de viagem e no custo da tarifa, expresso em termos monetários; e no tempo de viagem e no custo da tarifa, expresso em tempo; tempo de viagem e tarifa de transporte; e indicador de vulnerabilidade social. Resultados e análises: tendências regionais de acessibilidade (correlações entre medidas e perda de acessibilidade) e tendências por decile social.
ISEKI (2016)	Toledo – Ohio - EUA	Análises realizadas: situação do financiamento, distribuição de custos, distribuição dos benefícios e taxa de retorno por jurisdição. Dados analisados e processados no software GISs.
MOUWEN & OMMEREN (2016)	Holanda	Estimação da metodologia: modelo de custos operacionais, subsídios e passageiros por quilômetro (variáveis dependentes). Contexto e dados: contexto institucional, coleta de dados e definições, e descritivo. Resultados: custos operacionais, subsídios, renovação contratual e licitações; passageiros por quilômetro, renovação contratual e licitações; e tamanho das áreas de concessão.
SUN <i>et al.</i> (2016)	(Estudo teórico)	Modelo: desenvolvidas a função da demanda, as funções do custo do fornecedor, da receita, do subsídio e do lucro. Propõe-se um programa de dois níveis, em que o governo cria restrições de política de serviço e determina o nível de subsídio, sujeito à restrição de viabilidade financeira. No nível mais baixo, o operador procura maximizar o lucro total otimizando os parâmetros operacionais, sujeito às restrições da política de serviços e à disponibilidade de subsídios.
AHERN, VEJA & CAULFIELD (2016)	Dublin - Irlanda	Metodologia: modelo de acessibilidade (utilização da equação de acessibilidade proposta por Shen (1998)), contexto do estudo e modelo logit multinomial (MNL).

REFERÊNCIA	LOCAL DE APLICAÇÃO	METODOLOGIA APLICADA
BURGUILLO <i>et al.</i> (2017)	Madrid	Utilizou-se o Almost Ideal Demand Model (AIDS) (1980). Na estimação do modelo foram calculadas as elasticidades do fenômeno. Calculou-se os efeitos no bem-estar gerados pelo aumento no preço do transporte.
GUZMAN, OVIEDO & RIVERA, C. (2017)	Bogotá - Colômbia	Modelo de acessibilidade potencial. Componentes da acessibilidade na região metropolitana: uso do solo (distribuição de atividades e moradia), características individuais (características socioeconômicas da população) e transporte (custos social, econômico e espacialmente diferentes). Resultados: equidade horizontal na população da região metropolitana, equidade vertical nos grupos de renda e índice de equidade.
JOHNSON, ERCOLANI & MACKIE (2017)	Inglaterra	Estrutura conceitual: acessibilidade ao transporte e suprimento de mão-de-obra. Metodologia: modelo de seção transversal e endogeneidade e análise de variáveis instrumentais. Dados: índices de acessibilidade, variável dependente, estratificação rural/urbano e outras variáveis. Função log-linear.
SABERI <i>et al.</i> (2017)	Melbourne - Austrália	Metodologia: custos de habitação e custos de transporte (custo de viagem de trabalho durante a semana, custo de viagem fora do trabalho durante a semana, custo de viagem de fim de semana e custo total de viagem). Resultados e discussão: resumo estatístico, padrões espaciais de acessibilidade de localização e análise de agrupamento espacial.
DEBOOSERE & EL-GENEIDY (2018)	Canadá	Os dados foram modificados para o formato GTFS (General Transit Feed Specification). Os cronogramas do transporte público foram importados posteriormente para um sistema de informações geográficas. Foram calculadas a acessibilidade por setor censitário e a empregos de baixa renda por setor censitário.
GUZMAN & OVIEDO (2018)	Bogotá - Colômbia	Análises realizadas: acessibilidade potencial, acessibilidade financeira (<i>affordability</i>) e equidade. Cenários: mudanças na acessibilidade – 1) sem subsídios e 2) com subsídios, ambos por grupos de renda. Uso de indicadores de acessibilidade, Curva de Lorenz e indicador “Palma”.

Fonte: Elaboração própria (2019)

ANEXO B

Tabela 32 - Comunas e bairros de Medellín

COMUNA	BAIRROS
Comuna 1 - Popular	Santo Domingo Sabio N° 1, Santo Domingo Sabio N° 2, Popular, Granizal, Moscú N° 2, Villa Guadalupe, San Pablo, Aldea Pablo VI, La Esperanza N° 2, El Compromiso, La Avanzada, Carpinelo.
Comuna 2 - Santa cruz	La Isla, El Playón de Los Comuneros, Pablo VI, La Frontera, La Francia, Andalucía, Villa del Socorro, Villa Niza, Moscú N° 1, Santa Cruz, La Rosa.
Comuna 3 - Manrique	La Salle, Las Granjas, Campo Valdes N° 2, Santa Inés, El Raizal, El Pomar, Manrique, Central N° 2, Manrique Oriental, Versalles N° 1, Versalles N° 2, La Cruz, Oriente, Maria Cano – Carambolas, San José La Cima N° 1, San José La Cima N° 2.
Comuna 4 - Aranjuez	Berlín, San Isidro, Palermo, Bermejal - Los Álamos, Moravia, Sevilla, San Pedro, Manrique Central N° 1, Campo Valdes N° 1, Las Esmeraldas, La Piñuela, Aranjuez, Brasília e Miranda.
Comuna 5 - Castilla	Toscaza, Las Brisas, Florencia, Tejelo, Boyacá, Héctor Abad Gómez, Belalcazar, Girardot, Tricentenario, Castilla, Francisco Antonio Zea, Alfonso López, Caribe.
Comuna 6 - Doce de Octubre	Santander, Doce de Octubre N° 1, Doce de Octubre N° 2, Pedregal, La Esperanza, San Martín de Porres, Kennedy, Picacho, Picachito, Mirador del Doce, Progreso N° 2, El Triunfo.
Comuna 7 - Robledo	Cerro El Volador, San Germán, Barrio Facultad de Minas, La Pilarica, Bosques de San Pablo, Altamira, Córdoba, López de Mesa, El Diamante, Aures N° 1, Aures N° 2, Bello Horizonte, Villa Flora, Palenque, Robledo, Cucaracho, Fuente Clara, Santa Margarita, Olaya Herrera, Pajarito, Monteclaro, Nueva Villa de La Iguaá.
Comuna 8 - Villa Hermosa	Villa Hermosa, La Mansión, San Miguel, La Ladera, Batallón Girardot, Llanaditas, Los Mangos, Enciso, Sucre, El Pinal, Trece de Noviembre, La Libertad, Villa Tina, San Antonio, Las Estancias, Villa Turbay, La Sierra (Santa Lucía - Las Estancias), Villa Lilliam.
Comuna 9 - Buenos Aires	Juan Pablo II, Barrios de Jesús, Bombona N° 2, Los Cerros El Vergel, Alejandro echevarria, Barrio Caicedo, Buenos Aires, Miraflores, Cataluña, La Milagrosa, Gerona, El Salvador, Loreto, Asomadera N° 1, Asomadera N° 2, Asomadera N° 3, Ocho de Marzo.
Comuna 10 - La Candelaria	Prado, Jesús Nazareno, El Chagualo, Estación Villa, San Benito, Guayaquil, Corazón de Jesús, Calle Nueva, Perpetuo Socorro, Barrio Colón, Las Palmas, Bombona N° 1, Boston, Los Ángeles, Villa Nueva, La Candelaria, San Diego.
Comuna 11 - Laureles - Estadio	Carlos E. Restrepo, Suramericana, Naranjal, San Joaquín, Los Conquistadores, Bolivariana, Laureles, Las Acacias, La Castellana, Lorena, El Velódromo, Estadio, Los Colores, Cuarta Brigada, Florida Nueva.
Comuna 12 - La América	Ferrini, Calasanz, Los Pinos, La América, La Floresta, Santa Lucia, El Danubio, Campo Alegre, Santa Mónica, Barrio Cristóbal, Simón Bolívar, Santa Teresita, Calasanz Parte Alta.
Comuna 13 - San Javier	El Pesebre, Blanquizal, Santa Rosa de Lima, Los Alcázares, Metropolitano, La Pradera, Juan XIII - La Quiebra, San Javier N° 2, San Javier N° 1, Veinte de Julio, Belencito, Betania, El Corazón, Las Independencias, Nuevos Conquistadores, El

COMUNA	BAIRROS
	Salado, Eduardo Santos, Antonio Nariño, El Socorro, La Gabriela.
Comuna 14 - El Poblado	Barrio Colombia, Simesa, Villa Carlota, Castropol, Lalinde, Las Lomas N° 1, Las Lomas N° 2, Altos del Poblado, El Tesoro, Los Naranjos, Los Balsos N° 1, San Lucas, El Diamante N° 2, El Castillo, Los Balsos N° 2, Alejandría, La Florida, El Poblado, Manila, Astorga, Patio Bonito, La Aguacatala, Santa María de Los Ángeles.
Comuna 15 - Guayabal	Tenche, Trinidad, Santa Fe, Shellmar, Parque Juan Pablo II, Campo Amor, Noel, Cristo Rey, Guayabal, La Colina.
Comuna 16 - Belén	Fátima, Rosales, Belén, Granada, San Bernardo, Las Playas, Diego Echevarria, La Mota, La Hondonada, El Rincón, La Loma de Los Bernal, La Gloria, Altavista, La Palma, Los Alpes, Las Violetas, Las Mercedes, Nueva Villa de Aburrá, Miravalle, El Nogal - Los Almendros, Cerro Nutibara.

Fonte: Alcaldía de Medellín (2019)